

Verkeersonveiligheid bij werk in uitvoering

Ir. A.L. van Gent

R-2007-5

Verkeersonveiligheid bij werk in uitvoering

Een literatuurstudie

Documentbeschrijving

Rapportnummer: R-2007-5
Titel: Verkeersonveiligheid bij werk in uitvoering
Ondertitel: Een literatuurstudie
Auteur(s): Ir. A.L. van Gent
Projectleider: Ir. S.T.M.C. Janssen
Projectnummer SWOV: 69.193
Opdrachtgever: CROW kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur

Trefwoord(en): Construction site, maintenance, accident, cause, speed, accident rate, safety, data bank, Netherlands.

Projectinhoud: Dit rapport doet verslag van een literatuuronderzoek naar het aantal, de aard en de oorzaken van verkeersongevallen bij werk in uitvoering. Daarnaast geeft het een overzicht van richtlijnen en gegevensbronnen die gebruikt kunnen worden bij het vervolg: een onderzoek naar recente verkeersongevallen bij werk in uitvoering in Nederland.

Aantal pagina's: 64 + 4
Prijs: € 12,50
Uitgave: SWOV, Leidschendam, 2007

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

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
Postbus 1090
2260 BB Leidschendam
Telefoon 070 317 33 33
Telefax 070 320 12 61
E-mail info@swov.nl
Internet www.swov.nl

Samenvatting

Dit rapport behandelt de resultaten van de eerste fase van het onderzoek *Verkeersonveiligheid bij Werk in Uitvoering* dat de SWOV in opdracht van het CROW uitvoert. Het betreft een literatuurstudie en een inventarisatie van bruikbare bronnen met gegevens over ongevallen en werkzaamheden. De doelen zijn 1) het inzicht in het aantal, de aard en de oorzaken van verkeersongevallen bij werk in uitvoering te vergroten, en 2) de tweede fase van dit onderzoek af te bakenen: een ongevallenanalyse van recente verkeersongevallen bij werk in uitvoering in Nederland.

De bestudeerde literatuur levert geen eenduidig beeld van de invloed van wegwerkzaamheden op het ongevalsrisico en de ernst van de ongevallen. De meeste studies vinden echter een toename van het ongevalsrisico of het aantal ongevallen bij werk in uitvoering. De ernst van de ongevallen lijkt af te nemen.

Wat het type ongeval betreft blijken kop-staartbotsingen het vaakst voor te komen bij wegwerkzaamheden; ook komt dit type vaker voor dan in situaties zonder werkzaamheden. Binnen de bebouwde kom blijken flankongevallen het vaakst voor te komen. Daarnaast blijken er tijdens werkzaamheden relatief veel ongevallen met vrachtwagens plaats te vinden.

Een te hoge snelheid is de meest genoemde verklaring voor ongevallen tijdens werkzaamheden. Er is echter weinig systematisch onderzoek uitgevoerd naar de manier waarop ongevallen bij werk in uitvoering ontstaan. Daarnaast is bij een groot deel van de ongevallen de directe relatie met werk in uitvoering onduidelijk.

Werkzaamheden met een langere tijdsduur en over een langer weggedeelte lijken een lagere ongevalskans te hebben. 's Nachts wordt een verhoogde ongevalskans gevonden. De werkruimte is het meest risicovolle gebied van de werkzaamheden. Daarnaast is er binnen de bebouwde kom ook een verhoogd risico op locaties waar verkeer vanaf een zijweg een doorgaande weg met wegwerkzaamheden oprijdt. Botsabsorbers en Andreasstrips blijken het risico op ongevallen te verminderen en bovendien de ernst van ongevallen te verlagen.

Voor de tweede onderzoeksfase, het onderzoek naar verkeersongevallen bij werk in uitvoering in Nederland, is geïnterviewd welke (gegevens)bronnen bruikbaar kunnen zijn. Deze bronnen bestaan uit richtlijnen, ongevallengegevens en gegevens over wegwerkzaamheden. De relevante richtlijnen voor werk in uitvoering zijn de CROW-richtlijnen 96, 96a en 96b en de RWS-richtlijn voor verkeersmaatregelen bij wegwerkzaamheden op rijkswegen.

De belangrijkste bron voor ongevallengegevens is BRON, het nationale verkeersongevallenbestand van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV). Ongevallen bij werkzaamheden kunnen geselecteerd worden met behulp van het kenmerk 'werk in uitvoering' als 'bijzonderheid van tijdelijke aard'. Een deel van deze ongevallen blijkt echter niet door wegwerkzaamheden te zijn beïnvloed. Processen-verbaal vormen een andere bron en bevatten gedetailleerdere informatie van ongevallen. Daarnaast is van sommige ongevallen ook een verkeersongevallenanalyse beschikbaar, waarin op

basis van sporenonderzoek gereconstrueerd is wat zich heeft afgespeeld vanaf even vóór het ongeval tot net na het ongeval.

Wat gegevens over wegwerkzaamheden betreft, blijkt geen volledig overzicht beschikbaar te zijn. De database Meldwerk van AVV bevat een overzicht van wegwerkzaamheden op het rijkswegennet, maar de kwaliteit van de data laat te wensen over. Andere wegbeheerders hebben vaak niet zo'n systeem en hulpdiensten hebben alleen een overzicht van grote werkzaamheden. Daarnaast geldt voor zowel wegbeheerders als hulpdiensten dat de informatie niet centraal wordt verzameld; dit geldt ook voor informatie die aannemers bijhouden over wegwerkzaamheden.

In de tweede fase zullen we een ongevallenanalyse uitvoeren op basis van gegevens uit BRON, processen-verbaal en verkeersongevallenanalyses. Het onderzoek heeft betrekking op alle ernstige ongevallen die in 2005 geregistreerd zijn en waarbij 'werk in uitvoering' als 'bijzonderheid van tijdelijke aard' gemeld is. Op basis van de literatuurstudie is besloten dat er specifiek gekeken wordt naar:

- duidelijke relatie van het ongeval met wegwerkzaamheden;
- onderscheid binnen/buiten de bebouwde kom;
- onderscheid dag/nacht;
- type afzetting;
- betrokkenheid van vrachtwagens.

Summary

Road safety at roadworks; A literature study

This report deals with the results of the first phase of the *Road Safety at Roadworks* study that CROW has commissioned SWOV to carry out. It consists of a literature study and a review of useful sources for crash data and data of road works. The main goals are (1) increasing insight into the number, nature, and causes of road crashes at roadworks and (2) constructing a more detailed plan for the second phase of the project: a crash analysis of recent crashes at roadworks in the Netherlands.

The literature studied does not provide a clear conclusion on the influence of roadworks on the risk of a crash or the crash severity. However, most studies found an increase in the risk of a crash or the number of crashes at roadworks. The crash severity seems to be lower in case of roadwork. With regard to the crash types, rear-end collisions are the most common at roadworks; they are also more common than at locations where there are no roadworks. On urban roads, side collisions are the most common. Furthermore, relatively many crashes with lorries occur at roadworks. Speeding is the most frequently mentioned cause of crashes in roadwork situations. However, systematic research on the occurrence of roadworks crashes is rare. What is more, in most cases the direct relation between crashes and roadworks is unclear.

Prolonged roadworks and roadworks along a long stretch of road seem to have a lower crash risk. At nighttime the crash risk is relatively high. The work zone area of roadworks has the highest crash risk. Also locations in urban areas where traffic turns from a side road onto a through-road with roadworks have higher risks. Collision energy absorbers and Andreas strips reduce the risk of a crash and also the crash severity.

For the second phase, a study of recent crashes at roadworks in the Netherlands, we made an inventory of which data sources could be useful. The sources consist of guidelines, crash data, and details of roadwork projects. The relevant guidelines are those of CROW (publications 96, 96a, and 96b) and of the Ministry of Transport for traffic measures at roadworks on state roads.

The most important source of crash data is BRON, the official police crash registration that is processed by the Transport Research Centre (TRC) of the Ministry of Transport. Crashes at roadworks can be selected by the 'roadworks' coding which is one of the 'temporary circumstances' codes. However, some of these crashes were not influenced by roadworks. Summonses are another source and they contain more detailed information about road crashes. Besides these two sources also in-depth crash analyses are available for some crashes, in which the crash is reconstructed. With regard to details of the roadworks themselves, no complete overview is available. The TRC's 'Meldwerk' database contains an overview of roadworks on the state's road network, but the quality of this database is insufficient. Regional and local authorities often do not have such a system, and emergency services only have an overview of large-scale roadworks. In addition, neither the regional and local road authorities, nor the emergency

services send their information to a central registration; this also applies to the information that building contractors have.

The second phase consists of a crash analysis using the BRON data, summonses, and in-depth analyses. The study will be of all severe crashes that were registered in 2005 which have the 'roadworks' coding as one of the 'temporary circumstances' codes. Based on the literature study, we decided to specifically look for:

- a clear relation of the crash with the roadworks;
- a distinction between urban and rural roads;
- a distinction between night and day;
- the type of fencing;
- the involvement of lorries.

Inhoud

Voorwoord	9
1. Inleiding	11
1.1. Doelstelling literatuurstudie	12
1.2. Afbakening literatuurstudie	12
1.3. Leeswijzer	13
2. Methode	14
2.1. Aanpak	14
2.2. Kanttekeningen bij onderzoek naar ongevallen bij werk in uitvoering	14
3. Resultaten literatuurstudie	16
3.1. De invloed van werk in uitvoering op aantal en aard van ongevallen	16
3.1.1. Ongevalskans	16
3.1.2. Ongevalsernst	19
3.1.3. Bevindingen en conclusies	20
3.2. Karakteristieken van werkvakken met ongevallen	21
3.2.1. Type wegwerk	22
3.2.2. Wegcategorie	27
3.2.3. Bevindingen en conclusies	28
3.3. Karakteristieken van ongevallen bij werk in uitvoering	29
3.3.1. Type ongeval	30
3.3.2. Oorzaken	31
3.3.3. Bestuurders	32
3.3.4. Botspartners	32
3.3.5. Weersomstandigheden	33
3.3.6. Bevindingen en conclusies	33
3.4. Locatie van ongevallen binnen werkvakken	35
3.5. Veiligheidsmaatregelen	38
3.6. Ongevallen met wegwerkers	41
3.7. Gedrag van weggebruikers bij werk in uitvoering	43
3.8. Bevindingen en conclusies	46
4. Resultaten bronnenonderzoek	49
4.1. Richtlijnen	49
4.1.1. CROW-richtlijnen 96, 96a en 96b	49
4.1.2. RWS-richtlijn voor verkeersmaatregelen bij wegwerkzaamheden op rijkswegen	50
4.2. Ongevallengegevens	51
4.2.1. Registratiesets	51
4.2.2. Ongevallenregistratie BRON	53
4.2.3. Processen-verbaal	53
4.2.4. Verkeersongevallenanalyse	55
4.2.5. Databases aannemers	56
4.3. Gegevens over wegwerkzaamheden	56
4.3.1. Meldwerk	56
4.3.2. Databases aannemers	57
4.3.3. Databases wegbeheerders	58
4.3.4. Databases hulpdiensten	58

5. Evaluatie	59
5.1. Opzet retrospectief onderzoek	59
5.2. Afbakening retrospectief onderzoek	59
5.3. Discussie	60
Literatuur	61
Bijlage 1 Bronnen voor verder onderzoek	65
Bijlage 2 Resultaten literatuurstudie Garber & Zhao	66
Bijlage 3 Indeling van een werkvak	68

Voorwoord

Dit rapport doet verslag van de eerste fase van het onderzoek *Verkeersonveiligheid bij Werk in Uitvoering*, dat de SWOV in opdracht van het CROW uitvoert. Het project wordt begeleid door de werkgroep 'Ongevallen bij WiU'. Naast de betrokken SWOV-medewerkers hebben de volgende personen een plaats in deze werkgroep:

- S. van Amelsvoort, Vanderwal & Joosten BV
- mr. ing. P.J.L. van Berge-Henegouwen, RWS Directie Noord-Brabant
- D. van Commenée, Rova Opleiding en Advies
- A.C.P. Frijters, Stichting Arbouw
- ing. L.A. Hepp, CROW
- ing. M.M. Kusters, RWS AVV
- drs. M.H. Martens, TNO Defensie en Veiligheid
- ir. E.C. Westdijk, CROW

De SWOV wil bij deze de leden van de werkgroep en het CROW hartelijk bedanken voor hun inbreng en ondersteuning.

1. Inleiding

De laatste jaren is de aandacht van nieuwbouw naar onderhoud van het Nederlandse wegennetwerk verschoven. De komende jaren wordt een inhaalslag gemaakt om de opgelopen achterstand in onderhoud weg te werken. Behalve voor vertragingen en hinder voor de weggebruikers, is er door deze toename in wegwerkzaamheden ook meer aandacht gekomen voor verkeersonveiligheid bij wegwerkzaamheden. Dit is onder andere te zien aan de hoeveelheid literatuur die er de laatste jaren over dit onderwerp verschijnt. Vooral in de Verenigde Staten wordt er op dit gebied veel gepubliceerd en gepresenteerd; daar kampt men namelijk eveneens met achterstallig wegonderhoud.

Het doel van het onderzoek *Verkeersonveiligheid bij Werk in Uitvoering* is om inzicht te verkrijgen in aantal, aard en oorzaken van verkeersongevallen rondom werk in uitvoering (WiU). De centrale vraag van het onderzoek is of er ongevallen te onderscheiden zijn die typerend zijn voor WiU. Daarnaast wordt bekeken of de inrichting van de verkeerssituatie een rol heeft gespeeld. Indien dit het geval is, kan bekeken worden of de CROW-richtlijnen voor werk in uitvoering, 96a en 96b (CROW, 2005), moeten worden aangepast. De uitvoering van het onderzoek omvat drie fasen:

Fase 1. een literatuur- en bronnenonderzoek;
Fase 2. een retrospectief onderzoek naar ongevallen bij WiU in Nederland;
Fase 3. een onderzoek naar intrinsieke onveiligheid van werk in uitvoering.

Fase 1 leidt tot een lijst met bronnen en selectiekenmerken voor ongevallen die bestudeerd gaan worden in het verdere verloop van deze studie.

De centrale vraag in het retrospectief onderzoek is: Welke locaties en omstandigheden bij WiU hebben in het recente verleden geleid tot ongevallen? Hierbij worden de processen-verbaal van ongevallen bij WiU en andere bronnen gebruikt om met gedetailleerde kenmerken van locaties en omstandigheden mogelijke oorzaken van de ongevallen te vinden. Binnen bepaalde typen van wegwerkzaamheden wordt gezocht naar gemeenschappelijke oorzaken. Zo kan bijvoorbeeld uit het onderzoek naar voren komen dat bij WiU op autosnelwegen vooral een afsluiting van bepaalde rijstroken extra risico met zich meebrengt. Of er kan blijken dat bepaalde manoeuvres risicovol zijn op één wegtype, maar niet op een ander. Er worden alleen ongevallen bij WiU onderzocht die voldoen aan de selectiekenmerken opgesteld in Fase 1.

De centrale vraag bij het onderzoek naar intrinsieke onveiligheid bij WiU is: Welke locaties en omstandigheden bij WiU kunnen leiden tot ongevallen? Het intrinsieke onderzoek werkt niet met ongevallen, maar met beoordelingen van locaties en omstandigheden bij WiU. Het gaat hierbij dus niet om het gedrag van de weggebruiker op zichzelf, maar over de omstandigheden die bepaald gedrag kunnen beïnvloeden.

Dit rapport bevat de resultaten uit Fase 1: het literatuur- en bronnenonderzoek. De eindrapportage is volgens planning in het voorjaar van 2008

gereed. Alle drie onderzoeksfases worden uitgevoerd door de SWOV, onder begeleiding van de CROW-werkgroep 'Ongevallen bij WiU'.

1.1. Doelstelling literatuurstudie

Het doel van deze literatuurstudie is tweeledig. Ten eerste heeft deze studie als doel om het inzicht in het aantal, de aard en de oorzaken van verkeersongevallen bij werk in uitvoering te vergroten. Daarvoor is gebruikgemaakt van literatuur die is verschenen na 1998, na de afronding van een uitgebreide literatuurstudie in het kader van ARROWS (1999). ARROWS is een groot Europees onderzoek naar onveiligheid bij werk in uitvoering en staat voor 'Advanced Research on Road Work Zone Safety Standards in Europe'.

Het tweede doel is een afbakening voor het retrospectieve onderzoek naar ongevallen bij WiU in Nederland. De opzet is om dat onderzoek af te bakenen aan de hand van:

- type wegwerkzaamheden;
- wegcategorie;
- locatie van de werkzaamheden (binnen / buiten de bebouwde kom);
- tijdstip (maand, weekday en tijdstip op de dag / dag-nacht);
- weersomstandigheden;
- toegepaste (verkeers)veiligheidsmaatregelen.

Daarnaast zijn in deze studie de belangrijke bronnen en gegevensbestanden geïnventariseerd waarop het retrospectief onderzoek naar ongevallen bij werk in uitvoering gebaseerd kan worden. Deze bestaan uit de volgende categorieën:

- richtlijnen (van Rijkswaterstaat en CROW);
- ongevallengegevens (verkeersongevallenregistratie, registratiesystemen van aannemers en verkeerstechnische bedrijven);
- expositiegegevens (Meldwerk van Rijkswaterstaat, en gegevens van andere wegbeheerders zoals provincies en gemeenten over aantallen wegwerkzaamheden, naar tijd en locatie).

1.2. Afbakening literatuurstudie

De literatuurstudie richt zich voornamelijk op studies en onderzoeken naar verkeersongevallen bij wegwerkzaamheden. Daarnaast is er ander soort onderzoek naar verkeersonveiligheid bij werk in uitvoering bestudeerd, zoals literatuur over het gedrag van weggebruikers bij werk in uitvoering en over maatregelen die de verkeersveiligheid bij wegwerkzaamheden vergroten. De registratiegraad van verkeersdoden is 93%, van ongevallen met ziekenhuisgewonden 63% en van ongevallen met slachtoffers die alleen spoedeisende hulp nodig hebben 17%. Lichtere ongevallen hebben waarschijnlijk een nog lagere registratiegraad (AVV, 2003). Vanwege deze lage registratiegraad worden ongevallen met uitsluitend materiële schade (UMS-ongevallen) niet meegenomen in deze studie. Andere aspecten dan verkeersonveiligheid, zoals de doorstroming van het verkeer, worden eveneens buiten beschouwing gelaten.

In principe gaat de voorkeur uit naar Nederlandse literatuur. Het blijkt echter dat een groot deel van de literatuur buitenlands is. Vooral in de Verenigde Staten is de laatste jaren veel gepubliceerd over dit onderwerp. Voor zover

relevant voor de Nederlandse situatie is deze literatuur toch gebruikt. Zo worden bijvoorbeeld studies waarin maatregelen worden behandeld die in Nederland niet gangbaar zijn niet meegenomen, zoals 'flaggers' in de Verenigde Staten (dit zijn mensen met opvallende kleding en een vlag die weggebruikers attent maken op de wegwerkzaamheden). Daarnaast moet rekening gehouden worden met het feit dat de resultaten uit buitenlandse studies niet altijd direct te vertalen zijn naar de Nederlandse situatie, doordat er verschillen zijn in de samenstelling van het verkeer, wetgeving, manier van handhaven, ontwerprichtlijnen voor infrastructuur, richtlijnen voor veiligheidsmaatregelen bij wegwerkzaamheden en dergelijke. Nederland heeft bijvoorbeeld relatief veel fietsers en ook de richtlijnen voor wegontwerp en veiligheidsmaatregelen kunnen verschillen van de landen waar de onderzochte studies zijn uitgevoerd. Feit is wel dat weggebruikers bij wegwerkzaamheden, waar dan ook ter wereld, geconfronteerd worden met een (plotseling) veranderde wegsituatie. Daarom kunnen de resultaten van buitenlandse studies relevant zijn, maar uiteraard moeten de verschillen wel in het achterhoofd gehouden worden.

In het project *Verkeersonveiligheid bij Werk in Uitvoering* – en dus ook in deze literatuurstudie – is de volgende definitie van 'wegwerkzaamheden' of 'werk in uitvoering' gebruikt: "Het verrichten van werkzaamheden op, boven of naast de openbare weg waarvoor de wegbeheerder in zijn rol van bevoegd gezag verantwoordelijk is. Dit zijn zowel planbare als niet-planbare werkzaamheden, zonder directe bedreiging voor de veiligheid van weggebruikers of omwonenden. Ook werkzaamheden op of naast de rijbaan die uitgevoerd worden door derden, maar waarbij de wegbeheerder verantwoordelijk is voor de verkeersmaatregelen, worden hieronder verstaan." Deze definitie is gebaseerd op CROW-richtlijn 96a en 96b (CROW, 2005).

1.3. Leeswijzer

Na een korte beschrijving van de methode (*Hoofdstuk 2*) presenteert *Hoofdstuk 3* de resultaten uit de literatuurstudie. *Hoofdstuk 4* bevat de resultaten van het bronnenonderzoek en in *Hoofdstuk 5* is tot slot geëvalueerd wat de consequenties zijn van de literatuurstudie en het bronnenonderzoek voor het retrospectief onderzoek.

2. Methode

2.1. Aanpak

Voor dit onderzoek is om te beginnen de ARROWS-studie uit 1999 bestudeerd. Vervolgens is een uitgebreide lijst gemaakt van de relevante ongevallestudies in relatie tot wegwerkzaamheden, vanaf 1998. Hierbij is gebruikgemaakt van Nederlands- en Engelstalige literatuur. Voor het zoeken naar de relevante artikelen is gebruikgemaakt van de verkeerskundige onderzoeksdatabase ITRD (International Transport Research Documentation). Er is gezocht op de trefwoorden 'wegwerk', 'afzetting', 'werk in uitvoering', 'work zone' en 'construction site'. Vervolgens zijn de artikelen geselecteerd op basis van de samenvattingen. Ook de relevante referenties uit deze artikelen zijn geselecteerd. De belangrijkste resultaten uit de zo verkregen literatuur zijn samengevat in dit rapport.

In het bronnenonderzoek is er een lijst opgesteld van relevante gegevensbronnen voor onderzoek naar verkeersongevallen bij werk in uitvoering. Per bron is kort aangegeven welke gegevens er in te vinden zijn en wat de bruikbaarheid kan zijn in dit onderzoek.

2.2. Kanttekeningen bij onderzoek naar ongevallen bij werk in uitvoering

Volgens ARROWS (1999) spelen er vijf belangrijke problemen bij veel van de studies naar ongevallen bij werk in uitvoering. Hieronder worden deze problemen genoemd en kort toegelicht¹:

1. *De onderzoeks aantallen zijn meestal klein.*
Door de kleine schaal en korte periode van werk in uitvoering is het aantal te onderzoeken ongevallen bij werk in uitvoering vaak klein. Bij kleine aantallen is de foutenmarge op de uitkomsten relatief groot. Hierdoor is het slechts beperkt mogelijk om algemeen geldende conclusies te trekken. Toch wordt dit soms wel gedaan, zonder daarbij de foutenmarge te noemen.
2. *De statistische analyses laten soms te wensen over.*
Er wordt niet altijd rekening gehouden met de stochastische verdeling van ongevallen en sommige studies presenteren resultaten die niet significant zijn.
3. *Er is een gebrek aan uniformiteit in de data.*
De definitie van 'werk in uitvoering' verschilt, net als de definitie van een 'ongeval bij werk in uitvoering'.
4. *De onderzoeksopzet is niet altijd toereikend om uitspraken te kunnen doen over de invloed van werk in uitvoering op ongevallen.*
Dit is een van de belangrijkste problemen. Er is niet altijd een voor- en nastudie onder gelijke (verkeers)omstandigheden gedaan. Daarnaast is er vaak geen controlegroep gebruikt, zodat de effecten niet direct toe te schrijven zijn aan alleen de wegwerkzaamheden. Overigens hebben dit soort studies ook niet altijd als doel om de effecten van wegwerkzaam-

¹ De cursieve omschrijving van de vijf problemen is vrijwel letterlijk vertaald uit ARROWS (1999). De tekst eronder is de interpretatie van deze problemen door de SWOV.

heden op verkeersongevallen te bepalen, hetgeen verklaart waarom de opzet in dat opzicht niet altijd voldoet.

5. *Tot slot zit er in de methoden voor dataverzameling over het algemeen een systematische fout. Dit beïnvloedt de validiteit van de resultaten. Volgens diverse bronnen is het aannemelijk dat de registratiegraad van ongevallen bij werk in uitvoering hoger is dan elders.*

Een wegvak met wegwerkzaamheden kan invloed hebben op het gedrag van weggebruikers en op het aantal en de aard van verkeersongevallen. De gevonden verschillen kunnen echter ook (deels) toe te schrijven zijn aan een hogere registratiegraad voor dit soort ongevallen.

Deze problemen zijn overigens niet uniek in het onderzoeken van verkeersongevallen. Ze betekenen ook zeker niet dat de kwaliteit van de onderzochte studies ondermaats is. In het volgende hoofdstuk worden de resultaten van de literatuurstudie besproken, rekening houdend met de vijf bovenstaande problemen; een goede onderzoeksopzet telt daarbij zwaar mee.

3. Resultaten literatuurstudie

Dit hoofdstuk beschrijft op basis van de literatuur eerst de grootte van het probleem: de invloed van wegwerkzaamheden op het aantal en de ernst van verkeersongevallen (*Paragraaf 3.1*). Vervolgens wordt er geïnventariseerd wat de karakteristieke eigenschappen zijn van wegvakken waar wegwerkzaamheden op plaatsvinden (werkvakken) en waar ongevallen voorkomen, bijvoorbeeld het type wegwerk en het type weg (*Paragraaf 3.2*). Ook wordt er aandacht besteed aan de karakteristieken van de ongevallen die bij werk in uitvoering gebeuren (*Paragraaf 3.3*). Daarnaast wordt er gekeken naar de locatie van de ongevallen binnen het werkvak (*Paragraaf 3.4*). Vervolgens zijn veiligheidsmaatregelen (*Paragraaf 3.5*), ongevallen met wegwerkers (*Paragraaf 3.6*) en het gedrag van weggebruikers bij werk in uitvoering (*Paragraaf 3.7*) geïnventariseerd.

Elk van de bovengenoemde paragrafen geeft een samenvatting van de belangrijkste literatuur en eindigt stevast met de bevindingen en conclusies die voor deze studie relevant worden geacht. *Paragraaf 3.8* vat vervolgens de belangrijkste bevindingen en conclusies van deze literatuurstudie nog eens samen.

3.1. De invloed van werk in uitvoering op aantal en aard van ongevallen

3.1.1. Ongevalskans

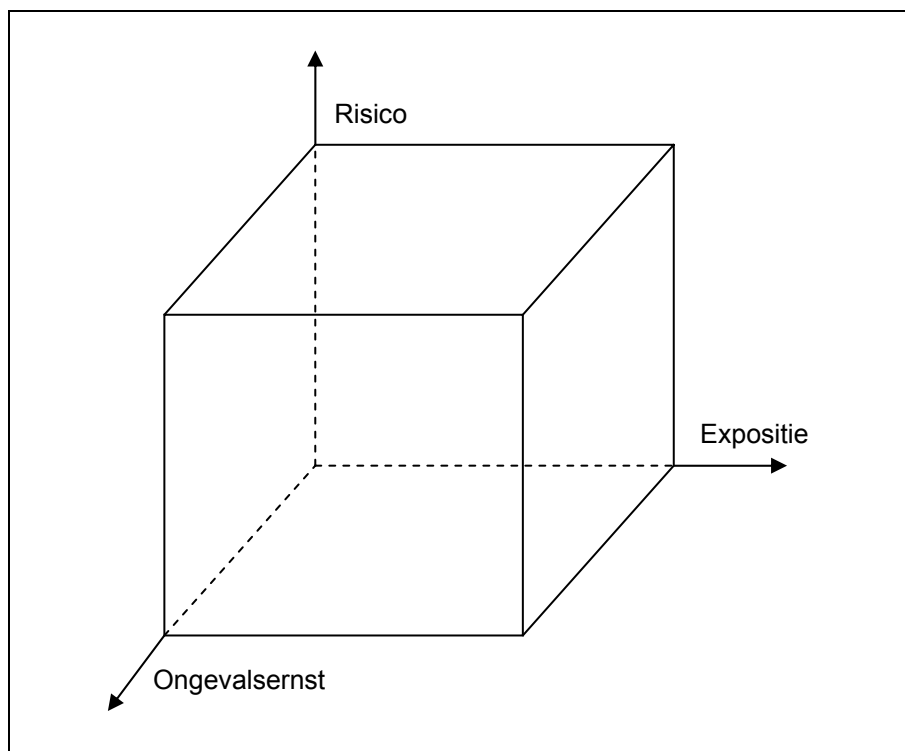
In de verkeersveiligheidswereld wordt in het algemeen verondersteld dat het aantal ongevallen ten minste afhankelijk is van de grootheden risico en expositie:

Aantal ongevallen = risico * expositie

Het risico, ook wel ongevalskans genoemd, is het aantal ongevallen per expositiemaat. Expositie is een maat voor de hoeveelheid blootstelling aan gevaar. Risico is een maat voor de grootte van het gevaar. *Afbeelding 1* geeft de grootte van verkeersonveiligheid schematisch weer. Als gekeken wordt naar slachtoffers in plaats van ongevallen, dan is ook de grootte op de as 'ongevalsernst' van belang: het aantal slachtoffers per ongeval.

Het risico kan door tal van redenen stijgen, bijvoorbeeld door meer jonge bestuurders in het verkeer, meer alcoholgebruik, onveiligere infrastructuur en dergelijke. Voor expositie kan bijvoorbeeld het aantal afgelegde voertuigkilometers genomen worden, het risico wordt dan uitgedrukt in het aantal ongevallen per afgelegde voertuigkilometer. Het aantal ongevallen kan in dit geval stijgen doordat er meer gereden wordt en/of doordat het risico stijgt.

Voor werk in uitvoering kan het risico stijgen doordat er bijvoorbeeld minder veiligheidsmaatregelen worden getroffen of door gevaarlijker gedrag van weggebruikers of wegwerkers. De expositie kan stijgen doordat er bijvoorbeeld meer verkeer op de wegen met werkzaamheden rijdt of doordat er meer wegen zijn waar aan de weg gewerkt wordt.



Afbeelding 1. Schematische weergave van de grootte van het verkeersveiligheidsprobleem (Uit Rumar, 1999).

Het ARROWS-project (1999) stelt op basis van literatuuronderzoek dat wegwerkzaamheden relatief onveilig zijn. Veel studies hebben aangetoond dat er een substantieel, statistisch significant en negatief effect is van wegwerkzaamheden op de verkeersveiligheid. Slechts enkele studies waren niet in staat om het verschil in ongevalskans aan te tonen.

Wat de literatuur van na 1998 betreft, heeft het Transport Research Laboratory (TRL) in Groot-Brittannië een omvangrijke studie gedaan naar ongevallen bij grootschalige wegwerkzaamheden op snelwegen. Freeman et al. (2004) hebben hiertoe 29 grote wegwerkzaamheden gemonitord. Er zijn 1610 letselongevallen bestudeerd in de periode 2001-2003, waarvan 1187 in de voorsituatie op deze wegvakken en 423 tijdens de wegwerkzaamheden. De uitkomst is dat de ongevalskans (aantal letselongevallen per verkeersprestatie) niet significant verschilt door de aanwezigheid van wegwerkzaamheden. De ongevalskans tijdens de wegwerkzaamheden is ongeveer gelijk aan die in de controlegroep zonder werkzaamheden (0,101 versus 0,098 letselongevallen per miljoen voertuigkilometers). Gemiddeld over alle snelwegen in Groot-Brittannië is de ongevalskans, met en zonder wegwerkzaamheden, 0,10. In 1992 is eenzelfde soort studie uitgevoerd door TRL (Hayes et al., 1994). Ten opzichte van 1992 is de gemiddelde ongevalskans op Britse snelwegen vrijwel niet gedaald, van 0,11 naar 0,10. Ten opzichte van de ongevalskans bij wegwerkzaamheden in 1992 is de ongevalskans bij wegwerkzaamheden in de periode 2001-2003 wel gedaald, van 0,174 naar 0,101. Freeman et al. (2004) concluderen dat deze reductie toe te schrijven is aan de vele extra veiligheidsmaatregelen bij werk in uitvoering die de Highway Agency in de afgelopen tien jaar heeft ingevoerd. Deze maatregelen hebben het bewustzijn van weggebruikers en hun weggedrag

positief beïnvloed, ook bij wegwerkzaamheden waar deze extra maatregelen niet toegepast zijn.

VIA (2001) heeft een studie gedaan naar ongevallen bij wegwerkzaamheden op de hoofdrijbaan van rijkswegen in de provincie Limburg in de periode 1998-1999. Hieruit concludeert VIA dat de verkeersveiligheid bij wegwerkzaamheden in Limburg over het algemeen groter is dan zonder deze werkzaamheden. Dit baseert VIA (2001) op een lager aantal slachtoffers per afgelegde voertuigkilometer tijdens wegwerkzaamheden, vergeleken met het totaal aantal slachtoffers per afgelegde voertuigkilometer op alle rijkswegen in Limburg. Dit wordt verklaard door het hogere attentieniveau en de lagere snelheid. Ook een relatief goede doorstroming op de Limburgse snelwegen wordt als mogelijke verklaring genoemd. De controlegroep bestaat uit alle rijkswegen in Limburg, inclusief de wegvakken met wegwerkzaamheden. De conclusies zijn gebaseerd op kleine aantallen: 24 letselslachtoffers bij 14 ongevallen (waaronder 1 dodelijk slachtoffer en 8 ziekenhuisgewonden). In het onderzoek wordt ook een vergelijking gemaakt met Noord-Brabant en Zuid-Holland. Noord-Brabant toont een vergelijkbaar beeld, maar in Zuid-Holland verslechtert de verkeersveiligheid aanmerkelijk bij werkzaamheden. Dit verklaart VIA door de grotere drukte op de Zuid-Hollandse wegen. VIA neemt aan dat doorstromingsproblemen tijdens wegwerkzaamheden de verkeersveiligheid verslechteren.

De Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) houdt in het bestand Meldwerk overzichten bij van wegwerkzaamheden op het rijkswegennet. Op basis van dit bestand is voor rijkswegen in Zuid-Holland een vergelijking gemaakt tussen het aandeel WiU-ongevallen en het aandeel WiU-expositie². Uit deze analyse wordt geconcludeerd dat relatief meer ongevallen gebeuren tijdens werk in uitvoering (AVV, 2004). Een aantal locaties vormt hierop een uitzondering: hier lijken de wegwerkzaamheden op een relatief veilige manier te zijn uitgevoerd. Er is verder geen onderzoek gedaan naar de verschillen tussen deze veilige en onveilige locaties. Voor heel Nederland kunnen er geen vergelijkbare uitspraken over het ongevalsrisico gedaan worden, omdat geen bruikbare expositiecijfers van wegwerkzaamheden in Nederland bekend zijn (SWOV, 2005).

Uit de overige studies die bestudeerd zijn blijkt juist dat de verkeers- onveiligheid is toegenomen ten tijde van de werkzaamheden. Veel Amerikaanse studies beginnen met een inleidende literatuurstudie. Al deze literatuurstudies komen tot dezelfde conclusie: de ongevalskans neemt toe bij wegwerkzaamheden (Garber & Zhao, 2002a; 2002b, Khattak et al., 2002, Schrock et al., 2004). Deze literatuurstudies zijn overigens grotendeels gebaseerd op onderzoeksresultaten van voor 1998. Garber & Zhao (2002a; 2002b) hebben de resultaten van hun literatuurstudie samengevat in twee tabellen; één tabel met de resultaten en één tabel met de scope van de gebruikte onderzoeken. Deze tabellen zijn weergegeven in *Bijlage 2*.

Elvik & Vaa (2004) hebben een meta-analyse uitgevoerd naar de effecten van diverse soorten verkeersveiligheidsmaatregelen. De beste schatting van de effecten van werk in uitvoering is een stijging van het letselongevallenrisico van rond de 10%. Dit is gebaseerd op literatuur tussen 1978-1991.

² De WiU-expositie berekende AVV als de weglengte van de wegwerkzaamheden maal het aantal uren per jaar.

Khattak et al. (2002) hebben een studie gedaan waarbij op 36 werkvakken op snelwegen in Californië (VS) de ongevalskans voor en tijdens de wegwerkzaamheden met elkaar zijn vergeleken. Voor de periode 1992-1993 zijn 2874 letselongevallen bestudeerd, waarvan 2165 in de voormeting en 709 tijdens de wegwerkzaamheden. Zij concluderen dat de ongevalskans groter wordt als er wegwerkzaamheden plaatsvinden (toename met 17,4%, van 0,23 letselongevallen per miljoen voertuigkilometer naar 0,27). Ze vinden dit echter 'beperkt bewijs' voor een stijging van het aantal ongevallen en de ongevalskans tijdens werkzaamheden, omdat de resultaten statistisch niet significant zijn met een betrouwbaarheid van 10%. Wel merken ze op dat deze resultaten 'conservatief' zijn: er is namelijk geen rekening gehouden met een eventuele daling van de intensiteit bij wegwerkzaamheden. De auteurs vinden het aannemelijk dat de intensiteit bij wegwerkzaamheden daalt, ten opzichte van de periode voor de wegwerkzaamheden. Dit betekent dat de resultaten uit de modellen een lager effect op de ongevalskans geven dan in werkelijkheid. De auteurs hebben er daarnaast ook nog voor gekozen om geen controlegroepen in te stellen. Het was namelijk problematisch om equivalente controlewegvakken te identificeren, omdat de projecten allemaal andere looptijden hadden: de begin- en eindtijden verschilden per project.

Ullman et al. (2006) concluderen dat het aantal ongevallen meer significant stijgt tijdens periodes dat er daadwerkelijk gewerkt wordt ('actieve periodes'), dan tijdens inactieve periodes op werkvakken. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen UMS-ongevallen en slachtofferongevallen. Voor het geheel (inactief en actief samen) vinden zij een stijging van 31,5% in het totaal aantal ongevallen tijdens werkzaamheden, ten opzichte van het verwachte aantal ongevallen. Dit verwachte aantal ongevallen baseren Ullman et al. op de ontwikkeling in het aantal ongevallen in dezelfde periode op het controlewegvak. Niet alle werkzaamheden duren even lang. Als gekeken wordt naar de ongevalskans, gedefinieerd als het aantal ongevallen per honderd uur, dan komt er een kleinere, maar nog steeds significante stijging van 17,1% uit.

Bovengenoemde resultaten van Ullman et al. zijn afkomstig uit Texas (VS). Ze vergelijken op zeven werkvakken op Texaanse snelwegen de waargenomen aantallen ongevallen met de verwachte aantallen ongevallen. Voor ieder werkvak hebben de onderzoekers een controlegroep; een wegvak op dezelfde weg of op een dichtbij gelegen weg. In totaal zijn er 3080 ongevallen meegenomen voor de 'tijdens werkzaamheden'-periode, dit zijn ongevallen die in beide richtingen plaatsgevonden hebben ter hoogte van werkzaamheden. De werkzaamheden worden omschreven als 'hybride', omdat een deel 's nachts en een deel overdag uitgevoerd wordt. Het betreft 'redelijk grote wegverbredingsprojecten en grote reconstructieprojecten'. De auteurs hebben de stijging van het aantal ongevallen ook voor de vier verschillende combinaties van actief/inactief en dag/nacht bepaald (zie *Paragraaf 3.2.1*).

3.1.2. *Ongevalsernst*

In ARROWS (1999) is geen duidelijk effect van werk in uitvoering op de ernst van de ongevallen gevonden. Als er al een verschil is in ernst tussen ongevallen bij werk in uitvoering en ongevallen zonder werk in uitvoering, is deze óf te klein, óf niet goed genoeg onderzocht om dit verschil betrouwbaar aan te tonen, zo concludeert men.

Garber & Zhao (2002a; 2002b) concluderen in hun literatuurstudie dat de resultaten uit de literatuur inconsistent zijn. Enkele studies vinden een hogere ongevalsernst, andere vinden geen verschil, en een klein aantal vindt een iets lagere ongevalsernst. Dit overzicht is weergegeven in *Bijlage 2*.

Khattak et al. (2002) stellen in hun literatuuroverzicht heel voorzichtig dat de ernst van letselongevallen af lijkt te nemen bij wegwerkzaamheden. Ze vinden een kleinere groei in ongevalskans voor ernstige ongevallen in vergelijking met de totale groei in ongevalskans bij werk in uitvoering. Relatief worden de ongevallen dus minder ernstig bij werk in uitvoering.

Tsyganov et al. (2005) hebben 151 ongevallen geanalyseerd die zijn gebeurd tijdens werkzaamheden op drie doorgaande wegen binnen de bebouwde kom van Houston (VS). Op deze drie wegen hebben relatief veel werkzaamheden plaatsgevonden. Van deze 151 ongevallen tijdens werkzaamheden zijn er 72 met slachtoffers. Er zijn geen dodelijke ongevallen geregistreerd. Tsyganov et al. (2005) vinden een lager aantal slachtoffers per ongeval bij deze wegvakken met wegwerkzaamheden binnen de bebouwde kom van Houston (0,69), dan gemiddeld bij een ongeval in en rondom Houston (1,22). Dit duidt op een lagere ongevalsernst. Zij verklaren dit significante verschil deels door de lagere snelheid bij wegwerkzaamheden en daarnaast door de lagere snelheid op doorgaande wegen binnen de bebouwde kom ten opzichte van het gemiddelde op de wegen in en rondom Houston.

Freeman et al. (2004) concluderen ook dat de ongevalsernst en het aantal dodelijke slachtoffers lager zijn in ongevallen met wegwerkzaamheden. Van de 423 bestudeerde letselongevallen tijdens wegwerkzaamheden op de Britse snelwegen waren er 5 met dodelijke afloop, 40 met ernstig letsel en 378 met licht letsel. Het aantal ernstige ongevallen is 17% lager dan op dezelfde wegvakken in de voorsituatie. Het aantal doden per slachtofferongeval is 0,01 (tegenover 0,03 in de voorsituatie) en het aantal ernstig gewonde slachtoffers 0,12 (0,15 in de voorsituatie). De auteurs schrijven deze daling van de letselernst toe aan de lagere snelheid bij werk in uitvoering.

Op basis van politierapporten analyseren Garber & Zhao (2002a; 2002b) 1484 ongevallen die tussen 1996 en 1999 in Virginia (VS) hebben plaatsgevonden tijdens werkzaamheden. Van deze 1484 ongevallen hebben er 566 slachtoffers tot gevolg en 17 een dodelijke afloop. Het betreft geen voor- en nastudie, ook is er geen controlegroep. Wel wordt er op enkele gebieden een vergelijking gemaakt met de ongevalskarakteristieken van de ongevallen zonder werkzaamheden in hetzelfde gebied. Garber & Zhao (2002a; 2002b) vinden dat dodelijke ongevallen oververtegenwoordigd zijn bij werk in uitvoering, wat duidt op een toename van de letselernst.

3.1.3. *Bevindingen en conclusies*

Uit deze resultaten wordt geconcludeerd dat er geen eenduidig beeld is van de invloed van werkzaamheden op het aantal en de ernst van de ongevallen. Dit maakt het moeilijk om op een betrouwbare manier de invloed van werkzaamheden op het ongevalsrisico en de ernst van verkeers-

ongevallen te kwantificeren. De meeste studies die meegenomen zijn vinden een toename in het ongevalsrisico of het aantal ongevallen bij werk in uitvoering; de ernst van de ongevallen lijkt af te nemen. De resultaten uit de literatuur zijn echter niet consistent met elkaar.

Ongevalskans

Het literatuuronderzoek ARROWS (1999) stelt dat wegwerkzaamheden relatief onveilig zijn. Ditzelfde beeld ontstaat na het bestuderen van de recentere literatuur. Veel, vooral Amerikaanse, onderzoeken bevestigen het vermoeden dat wegwerkzaamheden de kans op ongevallen vergroten. De studies van Ullman et al. (2006) en Khattak et al. (2002) concluderen beide dat door wegwerkzaamheden het aantal ongevallen stijgt; in beide studies wordt gebruikgemaakt van een controlegroep. TRL heeft echter in een grootschalig en goed opgezet onderzoek niet aan kunnen tonen dat het aantal ongevallen significant verschilt bij wegwerkzaamheden in Groot-Brittannië (Freeman et al., 2004). De opzet van dit onderzoek is goed, omdat er wordt gewerkt met een voor- en nameting, een controlegroep en een groot aantal ongevallen op verschillende locaties en met verschillende soorten werkzaamheden.

De beide recente ongevallenstudies bij werk in uitvoering in Nederland vinden verschillende resultaten. AVV (2004) vindt in Zuid-Holland een stijging van het aantal ongevallen als er wegwerkzaamheden zijn. VIA (2001) concludeert dat op de rijkswegen in Limburg het aantal ongevallen juist daalt door wegwerkzaamheden. De lagere snelheid als gevolg van de verkeersmaatregelen en het verhoogde attentieniveau van de weggebruikers worden als mogelijke verklaringen genoemd. De conclusie uit de VIA-studie is echter gebaseerd op slechts 14 verkeersongevallen; het is waarschijnlijk dat de gevonden verschillen statistisch niet significant zijn.

Ongevalsernst

Ook wat betreft de ernst van de ongevallen bij werk in uitvoering worden er tegenstrijdige conclusies gevonden. Amerikaanse publicaties bevestigen het beeld dat ARROWS heeft geschetst: er zijn geen eenduidige conclusies te trekken uit de literatuur. De meerderheid van de studies vindt echter een lagere letselernst bij wegwerkzaamheden.

Door de verscheidenheid in eigenschappen van wegwerkzaamheden is het moeilijk om een algemene uitspraak te doen over het effect op het aantal en de aard van ongevallen tijdens deze werkzaamheden. Verschillen in het type werk, het type afzetting, de duur, de locatie, de specifieke omstandigheden en dergelijke, leiden tot verschillende effecten op verkeersongevallen. Om meer inzicht te krijgen in de verkeersonveiligheid bij werk in uitvoering is het noodzakelijk om verder op deze ongevallen in te zoomen en te kijken naar subgroepen binnen de ongevallen en binnen werkzaamheden. In de komende paragrafen wordt hier verslag van gedaan.

3.2. Karakteristieken van werkvakken met ongevallen

Deze paragraaf gaat dieper in op de karakteristieken van werkvakken waar ongevallen op plaatsvinden. Als eerste wordt er gekeken naar de verschillende soorten werkzaamheden die er zijn, vervolgens wordt er gekeken naar verschillende soorten wegtypen waarop de werkvakken zich bevinden.

3.2.1. Type wegwerk

Onder 'type wegwerk' worden de eigenschappen van de werkzaamheden verstaan: de constructie- of onderhoudsactiviteit, het type afzetting, de duur, het tijdstip en het al dan niet actief zijn.

3.2.1.1. Type activiteit

Werkzaamheden zijn grofweg in drie typen te verdelen: statische, semidynamische en dynamische werkzaamheden (CROW, 2005). Statische werkzaamheden verplaatsen zich niet (bijvoorbeeld asfalteren), semidynamische werkzaamheden zijn kortdurend en verplaatsen zich vervolgens (bijvoorbeeld onderhoud aan lichtmasten), dynamische werkzaamheden verplaatsen zich continu (bijvoorbeeld maaien van de berm).

ARROWS (1999) meldt dat het moeilijk is om harde conclusies te trekken over de relatie tussen verkeersongevallen en het type en locatie van werkzaamheden. Vooral het gebrek aan statistische toetsen van de resultaten vinden de auteurs teleurstellend.

Er zijn talloze andere onderverdelingen in het type activiteit te maken. Daniel et al. (2000) maken het onderscheid tussen constructie- en onderhoudswerkzaamheden. Zij hebben 181 dodelijke ongevallen bij wegwerkzaamheden in de staat Georgia (VS) geanalyseerd. Deze ongevallen deden zich vooral voor bij constructiewerkzaamheden, in mindere mate bij onderhoud. De constructieactiviteiten waarbij de meeste slachtoffers vallen zijn asfalteren (resurfacing) en het verbreden van wegen.

Venugopal & Tarko (2000) onderscheiden twee typen werk: met en zonder het afzetten van een rijstrook. Het blijkt dat dit type werk geen invloed heeft op de ongevallen voor het begin van het werkvak (het nulpunt, zie de afbeelding in *Bijlage 3*). De auteurs vinden dit verrassend, aangezien ze verwachtten dat het afzetten van een rijstrook een sterk effect zou hebben op het aantal ongevallen vóór het werkvak. Het type werk heeft wel effect op het aantal ongevallen binnen de werkvakken. Dit vinden Venugopal & Tarko (2000) plausibel, omdat het wel of niet afzetten van een rijstrook de aanwezigheid van constructiemateriaal, -materieel en wegwerkers binnen het werkvak bepaalt. In de volgende paragraaf wordt verder ingegaan op deze studie.

3.2.1.2. Type afzetting

Het type afzetting hangt nauw samen met andere eigenschappen van werkzaamheden. Afhankelijk van onder andere het type activiteit (statisch of (semi)dynamisch) en de tijdsduur wordt bepaald voor welk type afzetting er gekozen wordt. Het type afzetting en de maatregelen hebben een directe invloed op de ongevalsrisico's en de ernst van de ongevallen.

Er zijn twee soorten afzettingen te onderscheiden; stationaire en dynamische afzettingen (CROW, 2005). Stationaire afzettingen zijn voor wegwerkzaamheden die zich niet of nauwelijks verplaatsen. Daarnaast wordt voor dit type gekozen als er wegwerkers in het werkvak aanwezig zijn. Voor zowel autosnelwegen als niet-autosnelwegen en wegen binnen de

bebouwde kom bestaat een stationaire afzetting in principe uit (voor een illustratie zie *Bijlage 3*):

- voorwaarschuwbord(en);
- een actiewagen (aanduiding nulpunt). Op niet-autosnelwegen en wegen binnen de bebouwde kom is ook een waarschuwingshok mogelijk. Op dit soort wegen moet bij verkeer in twee richtingen op het einde van het werkvak ook een actiewagen of waarschuwingshok staan;
- een langsafzetting (voertuigkerende barrier, geleidebakens of verkeerskegels);
- een aanduiding van het einde van de werkzaamheden en maatregelen.

Een rijdende afzetting is voor wegwerkzaamheden die zich (langzaam) verplaatsen in de richting van de verkeersstroom of voor zeer kortdurende statische (semidynamische) werkzaamheden. Voor zowel autosnelwegen als niet-autosnelwegen en wegen binnen de bebouwde kom bestaat een rijdende afzetting in principe uit:

- een of meer waarschuwingswagens;
- een actiewagen, eventueel verzaard en met botsabsorber (aanduiding nulpunt);
- een eindwagen aan het eind van het werkvak.

Bij rijdende afzettingen zijn niet altijd alle bovenstaande onderdelen aanwezig.

VIA (2001) vindt in Limburg een hoger risicocijfer voor afzettingen met een korte lengte (0-4 kilometer), uitgedrukt in het aantal slachtoffers per voertuig-kilometer-uur op de hoofdrijbaan. VIA (2001) beoordeelt de betrouwbaarheid van deze bevinding echter als laag, omdat deze werkzaamheden met een korte lengte zich relatief weinig hebben voorgedaan. Als mogelijke verklaringen voor de relatieve onveiligheid van korte werkzaamheden geeft VIA (2001) het feit dat er minder veiligheidsmaatregelen genomen worden dan bij werkzaamheden over een langere lengte (langer dan 4 kilometer) en het feit dat weggebruikers hun verkeersgedrag (daardoor) minder aanpassen. VIA (2001) vindt daarnaast een stijging van het risicocijfer bij de afsluiting van één rijstrook. VIA relateert de betere doorstroom bij het beschikbaar blijven van twee rijstroken aan een hogere verkeersveiligheid. Ook werkzaamheden waarbij de vluchtstrook niet wordt gebruikt komen als veiliger uit de bus.

Een ander soort studie is uitgevoerd door Venugopal & Tarko (2000). Zij hebben regressiemodellen gemaakt om het aantal ongevallen te voorspellen bij wegwerkzaamheden op tweebaansnelwegen. Deze modellen zijn met behulp van een database ontwikkeld. De database bevat de karakteristieken van 116 werkvakken op snelwegen in Indiana (VS), van de 2.035 ongevallen die er hebben plaatsgevonden (waarvan 696 met letsel en 33 dodelijke ongevallen) en van de verkeerscondities op deze werkvakken. Verkeersvolume blijkt de primaire factor te zijn die het aantal ongevallen bij werk in uitvoering beïnvloedt. Daarnaast blijkt de lengte van de werkvakken een sterke invloed te hebben, waarbij de werkvaklengte een vrijwel lineaire relatie heeft met het aantal ongevallen: hoe langer een werkvak, des te meer ongevallen er plaatsvinden. De lengte van het werkvak is ook bepalend voor ongevallen vóór het nulpunt, maar daar is de relatie tegengesteld: hoe langer het werkvak, des te minder ongevallen er voor het nulpunt plaats-

vinden. De auteurs vermoeden dat de lengte van een werkvak bij deze laatstgenoemde relatie het effect representeert van factoren die niet in het model mee zijn genomen. De auteurs noemen bijvoorbeeld de hoeveelheid verkeersmaatregelen die er getroffen wordt. Ze vinden het aannemelijk dat er meer veiligheidsmaatregelen getroffen worden bij langere afzettingen. Er zijn geen resultaten gevonden van studies die dynamische afzettingen meenemen.

Wegwerkzaamheden waarbij verkeer niet van zijn oorspronkelijke strook hoeft te veranderen zijn relatief veilig. ARROWS (1999) acht deze bevinding substantieel en statistisch significant. Onder dit soort werkzaamheden vallen bijvoorbeeld werkzaamheden in de berm.

3.2.1.3. Tijdsduur

CROW (2005) onderscheidt vier categorieën tijdsduur voor werkzaamheden: zeer kort (korter dan 30 minuten), kort (tussen de 30 min. en 2 uur), lang (tussen de 2 uur en 1 dag) en zeer lang (langer dan een dag). Op autosnelwegen wordt binnen 'zeer lang' ook nog onderscheid gemaakt in werkzaamheden korter dan twee weken en werkzaamheden langer dan twee weken. Dit in verband met voertuigerende barriers als langsafzetting; uit overwegingen van kosteneffectiviteit worden deze alleen geplaatst bij werkzaamheden langer dan twee weken. Op niet-autosnelwegen en op wegen binnen de bebouwde kom is er voor de werkzaamheden die langer dan een dag duren ook een categorie voor werkzaamheden die overdag plaatsvinden en waar 's nachts de afzetting verplaatst of verwijderd wordt. Ook op deze wegen kan een minimumduur van twee weken worden aangehouden voor de plaatsing van een voertuigerende barrier.

Hagenzieker (1998) vindt in de literatuur dat met name kortdurende werkzaamheden onveilig zijn. Het niet voldoende treffen van beschermings- of beveiligingsmaatregelen lijkt vooral bij deze kortdurende werkzaamheden voor te komen. De analyse van 53 ongevallen uit de periode 1993-1996 van Hagenzieker (1998) lijkt dit te bevestigen.

Khattak et al. (2002) vinden op 36 werkvakken op snelwegen in Californië (VS) een hogere ongevalsrisico voor werkzaamheden met een langere tijdsduur, gekeken naar het aantal ongevallen per (miljoen) voertuigkilometer, zowel voor letselongevallen als UMS-ongevallen. Hieruit blijkt volgens Khattak et al. (2002) dat het reduceren van de duur van werkzaamheden een goede maatregel is om het aantal ongevallen bij werk in uitvoering te verminderen. Naast de duur van de wegwerkzaamheden is het verkeersvolume overigens de andere bepalende factor voor het aantal ongevallen bij werk in uitvoering.

Ook Venugopal & Tarko (2000) concluderen dat de duur van werkzaamheden een bepalende factor is voor het aantal ongevallen bij werk in uitvoering: hoe langer de duur, hoe meer ongevallen. Venugopal & Tarko (2000) doen geen uitspraken over het risico. Het verband tussen de duur en het aantal ongevallen is echter niet lineair; na een langere periode zwakt het effect af. Dit kan erop duiden dat weggebruikers gewend raken aan de veranderde situatie. Dit leidt tot voorspelbaarder en dus veiliger weggedrag en minder ongevallen. Een andere verklaring kan de hoeveelheid veiligheidsmaatregelen zijn. Het is aannemelijk dat er meer veiligheids-

maatregelen getroffen worden bij werkzaamheden over een langere afstand of met een langere tijdsduur.

3.2.1.4. Tijdstip (dag of nacht)

In de literatuurstudie van Swuste & Heijer (1999) komt naar voren dat wegwerkers het vooral als gevaarlijk beschouwen om 's nachts te werken. Men wijt deze subjectieve onveiligheid, die groter is dan overdag, aan het gedrag van weggebruikers. Wegwerkers ervaren dat er harder gereden wordt en dat alcoholgebruik een grotere rol speelt. Dit wordt echter niet onderbouwd door de ongevallencijfers: overdag zijn er namelijk veel meer ongevallen bij wegwerkzaamheden. Dit wordt ten eerste verklaard door het grotere verkeersaanbod overdag, ten tweede doordat er overdag meer werkzaamheden zijn en tot slot omdat de nachtelijke werkzaamheden over het algemeen op (goed verlichte) snelwegen plaatsvinden, terwijl overdag veel werkzaamheden op relatief minder veilige wegen plaatsvinden.

Ullman et al. (2006) concluderen in hun literatuuroverzicht, op basis van literatuur van voor 1998, dat verschillende studies tegenovergestelde resultaten laten zien wat betreft het aantal nachtelijke ongevallen bij werk in uitvoering. In hun verdere studie naar 'interstates' in de staat Texas (VS) bekijken Ullman et al. (2006) voor nachtelijke asfaltering en voor werkzaamheden die overdag en 's nachts uitgevoerd worden of er verschil is tussen dag/nacht en inactief/actief. Ze definiëren de nacht als 19:00-6:00 uur en de overgebleven periode als overdag. Hieruit komt naar voren dat inactieve werkvakken overdag geen extra ongevallen opleveren ten opzichte van de situatie zonder werkzaamheden, 's nachts wel. Actieve werkvakken hebben overdag en 's nachts wel meer ongevallen ten opzichte van de situatie zonder werkzaamheden. De toename van de onveiligheid 's nachts kan mede veroorzaakt zijn door het feit dat er in dit onderzoek alleen voor de nachtelijke werkzaamheden rijbanen gesloten werden; overdag gebeurde dit niet. De onderzoekers verwachten dat de capaciteitsvermindering en de extra rijstrookwisselingen 's nachts effect heeft op het aantal ongevallen.

Dewar & Hanscom (2001) constateren dat er een grote nadruk ligt op nachtelijke wegwerkzaamheden, omdat er dan minder verkeer is en omdat werk sneller klaar is als er 's nachts doorgewerkt wordt. De auteurs merken op dat 's nachts het ongevalsrisico hoger is en de ongevallen ernstiger zijn, onder andere door de slechtere zichtbaarheid van gevaren op de weg en meer bestuurders die te hard rijden of minder taakbekwaam zijn door vermoeidheid of alcohol.

VIA (2001) vindt in Limburg 's nachts een hoger risicocijfer dan overdag. Dit betreft dus niet het totaal aantal ongevallen, maar het aantal slachtoffers per verkeersprestatie. Een mogelijke verklaring is het ontbreken van Dynamische Route Informatie Panelen (DRIP's) boven de weg. VIA beveelt aan om de werkzaamheden eerder of beter zichtbaar te maken. Het risicocijfer ligt 's nachts met werkzaamheden overigens nog steeds lager dan het gemiddelde risicocijfer zonder werkzaamheden op rijkswegen in Limburg.

Daniel et al. (2000) concluderen op basis van de analyse van 181 ongevallen dat er in het donker bij werk in uitvoering meer dodelijke ongevallen plaatsvinden dan zonder werkzaamheden. Verder is bij werk in uitvoering het aandeel van dodelijke ongevallen tijdens duisternis groter, dan

het aandeel niet-dodelijke ongevallen tijdens duisternis. Het aandeel niet-dodelijke ongevallen is overigens bepaald tijdens een project op één weg met voornamelijk één specifieke type wegwerk. Dat werkvak bevond zich op een 'interstate'-weg. Over een totale lengte van 66 kilometer zijn gedurende twee jaar twee extra rijstroken in het midden van de weg aangelegd.

Uit de resultaten van Garber & Zhao (2002a; 2002b) blijkt dat de ernst van ongevallen overdag of 's nachts niet significant verschilt. Het hogere aandeel van ongevallen met vaste objecten tijdens de nachten, kan duiden op problemen met de lichtcondities in werkvakken. Wellicht zijn de werkvakken of de verkeersmaatregelen in Virginia (VS) niet goed verlicht.

Bai & Li (2006) hebben 157 dodelijke ongevallen bestudeerd die tussen 1992-2004 hebben plaatsgevonden op werkvakken op de 'highways' van Kansas. Dit betreft geen voor- en nastudie, ook is er geen controlegroep. Wel vergelijken ze enkele kenmerken van ongevallen bij werk in uitvoering met kenmerken van alle ongevallen op 'highways' in Kansas in dezelfde periode. Bai & Li (2006) identificeren de kenmerken van ongevallen tijdens wegwerkzaamheden op basis van ongevallenstatistieken en de ongevalsrapporten. Ze vinden dat bij werk in uitvoering dodelijke ongevallen waar vrachtwagens bij betrokken zijn vaker overdag plaatsvinden dan 's nachts. Ook komt er uit hun analyse dat bij werk in uitvoering de kans op eenzijdige ongevallen 's nachts groter is dan overdag. De auteurs hebben ook naar de lichtcondities tijdens ongevallen gekeken. Het grootste deel van de dodelijke ongevallen die 's nachts tijdens wegwerkzaamheden plaatsvinden, vindt plaats op onverlichte werkvakken. Daarnaast verhoogt slechte verlichting de ongevalsbetrokkenheid van zware vrachtwagens bij werk in uitvoering. Het verlichten van werkvakken tijdens duisternis kan daarom een effectieve veiligheidsmaatregel zijn, bepleiten de auteurs.

3.2.1.5. Actief of inactief

Actief of inactief wil zeggen of er daadwerkelijk werkzaamheden plaatsvinden in het werkvak. In een actief werkvak vinden er werkzaamheden plaats, bij een inactief werkvak is er wel een afzetting of andere verkeersmaatregel, maar vinden er (tijdelijk) geen werkzaamheden plaats.

Ullman et al. (2006) vinden ondanks de aanwezigheid van tijdelijke geometrische restricties (aanpassingen aan de rijbaanindeling en dergelijke) en verkeersmaatregelen dat inactieve werkvakken overdag geen extra ongevallen opleveren ten opzichte van de situatie zonder werkzaamheden, 's nachts wel. Actieve werkvakken hebben in beide situaties wel meer ongevallen ten opzichte van de situatie zonder werkzaamheden. Het aantal ongevallen tijdens inactieve periodes in de nacht is 25,9% hoger dan verwacht op basis van de controlegroep. Tijdens nachtelijke actieve periodes is dit zelfs 30,4% hoger dan verwacht. Tijdens de actieve periodes overdag is het aantal ongevallen 32,5% hoger dan verwacht. In *Paragraaf 3.1.1* is uitgelegd hoe dit is bepaald.

Daniel et al. (2000) hebben 181 dodelijke ongevallen bij wegwerkzaamheden in de staat Georgia (VS) geanalyseerd. Meer dan de helft van deze ongevallen gebeurde terwijl er geen werkzaamheden plaatsvonden in het werkvak. Dertig procent van de ongevallen gebeurde tijdens wegwerkzaamheden; bij de overige ongevallen was het werkvak nog niet ingericht of was

de status onbekend. In actieve werkvakken is het aandeel van kop-staart-ongevallen groter dan in inactieve werkvakken (Daniel et al., 2000), het verschil is echter niet statistisch significant. Daarnaast suggereren de data dat relatief meer voertuigen over de kop gaan in actieve werkvakken dan in inactieve werkvakken. Verder vinden zij weinig verschillen tussen de ongevalskenmerken van ongevallen in actieve en inactieve werkvakken.

3.2.2. Wegcategorie

De indeling naar wegcategorie zegt wat over de hoeveelheid verkeer, de voertuigtypen die op een weg voorkomen en over de snelheid waarmee het verkeer zich over de weg verplaatst. Wegen kunnen op verschillende manieren gecategoriseerd worden. Een veelgebruikte categorisering is naar verkeersfunctie (erftoegang, gebiedsontsluiting of stroming). Een andere veelgebruikte categorisering is naar locatie: binnen of buiten de bebouwde kom (stedelijk versus landelijk).

Expliciete vergelijkingen tussen verschillende wegtypen komen minder vaak voor dan de auteurs van ARROWS (1999) zouden willen zien; ditzelfde geldt voor goede statistische toetsen. Zij adviseren daarom om in ieder geval het onderscheid tussen binnen en buiten de bebouwde kom te maken. Daarnaast adviseren zij om ook te kijken naar het verschil tussen enkelbaans- en tweebaanswegen.

De SWOV (2005) concludeert uit de ongevallenstatistieken dat in de periode 1997-2003 iets meer dan de helft (53%) van de ernstige ongevallen bij wegwerkzaamheden buiten de bebouwde kom plaatsvond. Van de gemiddeld 25 dodelijke slachtoffers vielen er 18 (71%) buiten de kom. Van deze doden vielen er 10 op een rijksweg; dit komt overeen met 39% van de dodelijke slachtoffers die gemiddeld vallen bij werk in uitvoering. Normaal valt slechts 16% van de doden op een rijksweg. Hieruit concludeert de SWOV (2005) dat er bij wegwerkzaamheden relatief meer doden vallen op rijkswegen. De meeste ongevallen (36%) bij wegwerkzaamheden op rijkswegen worden geregistreerd op een locatie waar een (tijdelijke) snelheidslimiet van 70 km/uur was ingesteld.

Daniel et al. (2000) vinden in hun studie naar ongevallen op werkvakken in Georgia (VS) drie typen wegen met een hoger aandeel dodelijke ongevallen. Deze drie typen zijn: 'rural principal roadways', 'urban principal roadways' en 'urban interstate roadways'. Daniel et al. (2000) geven de hoge intensiteit op dit type wegen als mogelijke verklaring voor hun grotere aandeel. Hierdoor is ten eerste de kans op een ongeval op dit soort wegen groter. Daarnaast moeten dit soort wegen ook vaker onderhouden worden, waardoor er vaker aan de weg gewerkt wordt. Beide vergroten de expositie van verkeer aan wegwerkzaamheden op drukker wegtypen (zie *Afbeelding 1*). De verdeling van ongevallen naar (oorspronkelijke) maximumsnelheid van een weg is niet significant anders met of zonder wegwerkzaamheden. De verdeling van ongevallen naar binnen of buiten de bebouwde kom is ook niet verschillend tussen wel of geen wegwerkzaamheden.

Bai & Li (2006) hebben 157 dodelijke ongevallen bestudeerd die tussen 1992 en 2004 zijn gevallen op werkvakken op de 'highways' van Kansas (VS). Zij vinden voor ongevallen bij werk in uitvoering een aandeel van 84% buiten de bebouwde kom, ten opzichte van 76% van de ongevallen zonder

wegwerkzaamheden. 73% van de dodelijke ongevallen tijdens wegwerkzaamheden vond plaats op tweebaans 'highways'. Dit is twee keer zoveel als het gemiddelde zonder wegwerkzaamheden (35%).

Swuste & Heijer (1999) concluderen op basis van literatuur dat werk-ongevallen zich voordoen op alle soorten wegtypen. Wel gebeuren ongevallen bij wegwerkzaamheden relatief vaak binnen de bebouwde kom.

Tsyganov et al. (2005) vinden bij ongevallen bij werkzaamheden op de doorgaande wegen binnen de bebouwde kom in Houston (VS) een lager aantal slachtoffers per ongeval dan gemiddeld bij ongevallen in en rondom Houston. Zij verklaren deze lagere ongevalsernst door de lagere snelheid bij wegwerkzaamheden en daarnaast door de lagere snelheid op doorgaande wegen binnen de bebouwde kom van Houston, ten opzichte van de gemiddelde snelheid op de wegen in en rondom Houston.

3.2.3. *Bevindingen en conclusies*

Over de karakteristieken van werkvakken met ongevallen kunnen verschillende conclusies getrokken worden. Ook op dit gebied zijn de resultaten uit de literatuur niet consistent met elkaar.

Type werk

De lengte van de afzetting lijkt een goede maat te zijn voor het type werk, de duur van het werk en het aantal veiligheidsmaatregelen. VIA (2001) vindt een hoger risicocijfer voor afzettingen met een korte lengte (korter dan 4 km). Venugopal & Tarko (2000) vinden juist meer ongevallen bij een langere afzetting. Deze bevindingen lijken strijdig met elkaar, maar dit is vertekend. VIA (2001) kijkt namelijk naar het risicocijfer en Venugopal & Tarko (2000) naar het aantal ongevallen. Een langere afzetting verhoogt de expositie aan wegwerkzaamheden en daarmee ook het aantal ongevallen bij wegwerkzaamheden (zie *Afbeelding 1*). Maar hoewel het aantal ongevallen kan stijgen bij een langere afzetting, kan het zijn dat het risico daalt, omdat er per afgelegde kilometer minder ongevallen voorkomen. Dit zal zo zijn als de lengte relatief meer stijgt dan het aantal ongevallen (zie de formule in *Paragraaf 3.1.1*).

Op basis van Hagenzieker (1998) en Venugopal & Tarko (2000) wordt geconcludeerd dat werkzaamheden over een langere tijd een lager ongevalsrisico lijken te hebben. Hier worden verschillende verklaringen voor gegeven. Ten eerste gaat dit soort werkzaamheden vaak gepaard met betere veiligheidsmaatregelen en ten tweede wennen bestuurders na een langere periode aan de veranderde verkeerssituatie en gedragen ze zich daarom voorspelbaarder en dus veiliger. Overigens stijgt het absolute aantal ongevallen vaak wel bij een langer werkvak. Een eenvoudige verklaring hiervoor is het feit dat als er langer langs werkzaamheden gereden moet worden, de kans op een ongeval in een werkvak automatisch ook groter wordt. Korte werkvakken zijn vaak minder goed aangegeven, waardoor bestuurders minder goed zijn voorbereid, of minder tijd hebben om zich voor te bereiden op de veranderde verkeerssituatie.

Nachtelijke werkzaamheden gaan absoluut gezien gepaard met minder ongevallen. Het hoger aantal ongevallen overdag kan onder andere verklaard worden door hogere intensiteiten en de grotere hoeveelheid

wegwerkzaamheden overdag. Wel wordt in de literatuur over het algemeen een verhoogde ongevalskans 's nachts gevonden, evenals een hogere subjectieve onveiligheid onder wegwerkers. Dit hoger risico wordt mogelijk veroorzaakt door de slechtere zichtbaarheid van de werkzaamheden, doordat tijdelijke omstandigheden 's nachts mogelijk meer invloed hebben dan overdag, en door de kleinere invloed die veiligheidsmaatregelen 's nachts hebben. Wellicht spelen omstandigheden als vermoeidheid en alcohol 's nachts ook een grotere rol. Deze omstandigheden kunnen een sterkere invloed hebben in complexe verkeerssituaties, die wegwerkzaamheden met zich meebrengen. Aan de andere kant wordt er in de literatuurstudie van Ullman et al. (2006) geen eenduidig beeld gevonden. Zij vinden namelijk ook studies (van voor 1998) die 's nachts een lager risico melden. Dit kan verklaard worden doordat nachtelijke werkzaamheden over het algemeen plaatsvinden op goed verlichte snelwegen, terwijl overdag veel werkzaamheden op relatief minder veilige wegen plaatsvinden.

Uit Ullman et al. (2006) blijkt dat er ook een aantal ongevallen gebeurt in inactieve werkvakken, vooral 's nachts. Mogelijk schieten de veiligheidsmaatregelen tekort of schatten weggebruikers het gevaar van de tijdelijk veranderde verkeerssituatie niet goed in als er geen activiteit is in een werkvak. Dit kan ervoor zorgen dat weggebruikers hun gedrag niet voldoende aanpassen.

Type weg

Er is geen literatuur gevonden met vergelijkingen van het aantal ongevallen bij wegwerkzaamheden tussen de verschillende Duurzaam Veilig-wegcategorieën (erftoegangsweg, gebiedsontsluitingsweg en stroomweg) of eenzelfde soort categorisering. Uit de Nederlandse ongevallendata blijkt wel dat er tussen 1997 en 2003 bij wegwerkzaamheden relatief meer doden vielen op rijkswegen, vergeleken met het 'normale' aandeel van dodelijke ongevallen op rijkswegen. Over het algemeen concentreert de literatuur zich op ongevallen bij wegwerkzaamheden op stroomwegen en op grotere gebiedsontsluitingswegen. Er is de laatste jaren meer gepubliceerd over de verdeling van ongevallen bij werk in uitvoering over locatie (binnen of buiten de bebouwde kom). Dit zijn veelal Amerikaanse ongevallenstudies. In deze studies is echter vaak de verdeling van verkeer en ongevallen over locatie in de situatie zonder werkzaamheden niet bekend. Er kunnen op basis van deze studies dan ook geen uitspraken gedaan worden over het verschil in ongevalsrisico tussen verschillende wegcategorieën of naar locatie (binnen of buiten de bebouwde kom).

Het beeld dat uit deze literatuurstudie ontstaat is dat de ongevallen zich vooral concentreren op wegen met hoge intensiteiten, omdat hier vaker werkzaamheden nodig zijn en er veel verkeer rijdt tijdens de werkzaamheden. Een hogere expositie aan werkzaamheden vergroot het mogelijke aantal ongevallen bij werk in uitvoering, maar het risico (aantal ongevallen per voertuigkilometer) hoeft niet groter te worden.

3.3. Karakteristieken van ongevallen bij werk in uitvoering

Deze paragraaf gaat dieper in op de karakteristieken van ongevallen die plaatsvinden bij wegwerkzaamheden. Er wordt onder meer gekeken naar het type ongeval, de voertuigen die erbij betrokken zijn, en andere eigenschappen van deze ongevallen. Waar mogelijk wordt een vergelijking gemaakt met ongevallen tijdens 'gewone omstandigheden'.

3.3.1. Type ongeval

De SWOV (2005) concludeert uit de ongevallenstatistieken dat ongevallen ter plaatse van wegwerkzaamheden in de periode 1997-2003 vaak flankbotsingen of kop-staartbotsingen zijn (51%). In vergelijking met gewone ongevallen komen kop-staartbotsingen vaker voor bij werk in uitvoering (9% respectievelijk 18%). Flankongevallen komen minder vaak voor bij wegwerkzaamheden (44% respectievelijk 33%), maar de afloop is dan wel ernstiger.

Daniel et al. (2000) noteerden relatief veel kop-staartongevallen onder de dodelijke ongevallen in werkvakken. Als er ook nog gekeken wordt naar niet-dodelijke ongevallen, dan is het aandeel kop-staartbotsingen nog hoger. De dodelijke ongevallen bij wegwerkzaamheden zijn minder vaak eenzijdige ongevallen dan die zonder wegwerkzaamheden. Er zijn dus vaker twee of meer voertuigen betrokken bij ongevallen tijdens wegwerkzaamheden. Dit blijkt ook uit het feit dat het aandeel van botsingen met een vast object significant lager is in werkvakken dan bij ongevallen zonder wegwerkzaamheden. In actieve werkvakken komen relatief meer kop-staartongevallen voor dan in inactieve werkvakken. De resultaten uit Daniel et al. (2000) suggereren verder dat er in actieve werkvakken relatief meer voertuigen over de kop gaan dan in inactieve werkvakken.

Garber & Zhao (2002a; 2002b) merken op dat het meest voorkomende botsingstype de kop-staartbotsing is in alle delen van het werkvak, behalve in de 'eindzone' (tussen de werkruimte en de 'einde werkvak'-markering), waar de meeste ongevallen flankongevallen zijn. Schampongevallen van voertuigen in dezelfde richting zijn ter hoogte van de werkruimte significant hoger dan in de ruimte tussen de voorwaarschuwing en het werkvak. Ter hoogte van de werkruimte hebben ongevallen met vaste objecten en ongevallen waarbij voertuigen van de weg raken een groter aandeel dan in de rest van het werkvak. Het grote aandeel kop-staartbotsingen suggereert dat een groot deel van de ongevallen bij werk in uitvoering gerelateerd is aan snelheid. Het grotere aandeel ongevallen met twee of meer voertuigen lijkt erop te duiden dat er meer interactie is tussen voertuigen in werkvakken, dit kan veroorzaakt worden door de grotere variatie in snelheden. Dit betekent overigens niet dat de snelheid verlaagd moet worden, aangezien een lagere maximumsnelheid niet per se hoeft te leiden tot een kleinere spreiding in snelheden.

Mohan & Zech (2006) hebben in hun onderzoek 6044 ongevallen statistisch geanalyseerd. Dit betroffen ongevallen op wegen waar werkzaamheden verricht werden in de staat New York (VS). Dit is geen voor- en nastudie, ook is er geen controlegroep. Zij concluderen dat de zes meest voorkomende botsingstypen van ongevallen bij werk in uitvoering meer dan 70% van de ongevallen voor hun rekening namen, te weten: kop-staartbotsing, botsing met verkeersgeleider of ander verkeersmeubilair, botsing met materieel, flankongeval met meer dan één voertuig, frontaal/scham met tegenovergestelde rijrichting, en enkelvoudige ongevallen waarbij weggebruikers van de weg af raken.

In de studie van Bai & Li (2006) blijkt dat het grootste gedeelte van de dodelijke ongevallen op werkvakken op de 'highways' van Kansas meer dan één voertuig betreft (68%). Dit zijn voornamelijk frontale botsingen,

flankongevallen en kop-staartbotsingen. De ongevallen met vrachtwagens waren vrijwel allemaal twee- of meerzijdige ongevallen.

Tsyganov et al. (2005) hebben hun onderzoek uitgevoerd op doorgaande wegen binnen de bebouwde kom (van Houston); een groot deel van de ongevallen valt hier op de kruisingen (53%). Uit het onderzoek komt naar voren dat flankongevallen met 54% het meest voorkomen; kop-staartbotsingen komen met 33% als tweede.

Hagenzieker (1998) heeft op grond van toedrachtsbeschrijvingen van dertig dodelijke ongevallen bij werk in uitvoering in 1996 clusters van soortgelijke ongevallen samengesteld. Bij zes ongevallen betreft het (vracht)auto's die tegen wegafzetting of ander materieel aanrijden. Bij vijf ongevallen betreft het kop-staartongevallen in de buurt van wegwerkzaamheden, of aan de staart van een file ten gevolge van wegwerkzaamheden.

3.3.2. Oorzaken

Het literatuuronderzoek ARROWS (1999) stelt dat de oorzaken die genoemd worden voor ongevallen bij werk in uitvoering (te hoge snelheid, te korte volgtijd en onoplettendheid) weinig bijdragen aan het begrip van het probleem. Veel studies maken namelijk geen vergelijking met de verklaringen bij gewone ongevallen.

Bai & Li (2006) onderzochten 157 dodelijke ongevallen op 'highways' in Kansas (VS). Zij stellen dat een te hoge snelheid en een beperkte manoeuvreerruimte twee belangrijke oorzaken zijn van ongevallen in werkvakken. Slechte verlichtingsomstandigheden verhogen daarnaast de kans op ongevallen met vrachtwagens. De meeste ongevallen bij wegwerkzaamheden blijken als oorzaak menselijk falen te hebben, zoals onoplettendheid, niet opvolgen van verkeerstekens (opzettelijk of door verkeerde interpretatie), te hard rijden en alcoholgebruik.

Mohan & Zech (2006) noemen als belangrijkste oorzaken voor kop-staartbotsingen: snelheidsverschillen, korte zichtafstand, inadequate voorwaarschuwing, onoplettendheid en congestie. Snelheidsverlagende veiligheidsmaatregelen kunnen de variantie in snelheid vergroten, naast de snelheid zouden dit soort maatregelen ook de variantie in snelheid moeten verlagen.

Tsyganov et al. (2005) vinden het 'geen voorrang verlenen' en het 'negeren van borden en tekens op kruispunten' (36%) als de belangrijkste oorzaak van ongevallen bij wegwerkzaamheden in stedelijke gebieden is. Dit kan bewust gedaan worden of door een verkeerde interpretatie van de verkeerssituatie. De op-een-na belangrijkste oorzaak is 'te hard rijden' (31%); dit is niet altijd een bewuste overtreding. Als derde oorzaak wordt 'onveilig weggedrag' genoemd (28%). Hieronder verstaan zij het verkeerd wisselen van baan, van de rijstrook raken en te weinig afstand houden. Over het algemeen zijn dit fouten die bij het oprijden of verlaten van de hoofdweg worden begaan, op wegvakken tussen kruispunten.

Volgens Hagenzieker (1998) blijkt uit internationale literatuuroverzichten dat er weinig systematisch onderzoek is uitgevoerd naar de manier waarop ongevallen bij werk in uitvoering ontstaan, in termen van opeenvolgende

gedragingen die aan een dergelijk ongeval voorafgingen. Ook vindt ze het opvallend dat er, op basis van de analyse van toedrachtbeschrijvingen van dertig dodelijke ongevallen bij werk in uitvoering in 1996, een groot deel is waarbij een directe relatie met werk in uitvoering onduidelijk is. Bij een deel van de ongevallen is aangegeven dat er geen rijstrookindeling was aangegeven, dit kan duiden op wegwerkzaamheden.

3.3.3. *Bestuurders*

De SWOV (2005) concludeert uit de ongevallenstatistieken van 1997-2003 dat de man-vrouwverdeling onder bestuurders die slachtoffer waren bij een ernstig ongeval tijdens werk in uitvoering, ongeveer overeenkomt met die bij normale ongevallen: 70% man en 30% vrouw.

De leeftijdsgroep 35-44 jaar is oververtegenwoordigd bij dodelijke ongevallen bij wegwerkzaamheden in Kansas (24% ten opzichte van 18% gemiddeld bij alle dodelijke ongevallen in Kansas over de periode 1992-2004), blijkt uit de resultaten van Bai & Li (2006). Ook bestuurders ouder dan 65 zijn relatief vaker betrokken bij ongevallen bij wegwerkzaamheden (24% ten opzichte van 18% gemiddeld bij alle dodelijke ongevallen). Het zou kunnen zijn dat de afwijkende verkeersomstandigheden meer impact hebben op oudere bestuurders. Bestuurders tussen de 15 en 19 jaar, zijn ondervertegenwoordigd.

Tsyganov et al. (2005) stellen dat bestuurders die betrokken zijn bij een ongeval bij werk in uitvoering uit de leeftijdsgroepen jonger dan 21 en ouder dan 60, vaker de veroorzaker van het ongeval zijn dan niet, met 60% voor de jongeren en 70% voor de ouderen. Er is in dit onderzoek geen controlegroep van ongevalsbetrokkenheid en schuld voor dezelfde leeftijdscategorieën bij ongevallen zonder werk in uitvoering.

Dewar & Hanscom (2001) hebben geen ongevallenstudie uitgevoerd. Zij melden dat de problemen die ouderen in het verkeer hebben te maken hebben met zicht en hun vermogen om informatie te verwerken, vooral 's nachts. De problemen zijn in te delen in vijf categorieën: onverwachte voertuigen, snelheid van het eigen voertuig en van andere voertuigen, lezen van borden langs de weg, lezen van de meters op het dashboard en problemen met het zicht door de voorruit. De eerste drie kunnen een rol spelen bij wegwerkzaamheden.

3.3.4. *Botspartners*

In het onderzoek van Tsyganov et al. (2005) vormen ongevallen met twee voertuigen de grootste groep van de ongevallen.

Garber & Zhao (2002a; 2002b) vinden in Virginia (VS) een hoger aandeel van twee- of meerzijdige ongevallen tijdens werkzaamheden dan gemiddeld. Daarnaast vinden ze 's nachts een significante stijging in ongevallen met vaste objecten. Dit kan erop duiden dat er problemen zijn met de lichtcondities in werkvakken, of met de zichtbaarheid van 'verkeersgeleiders'. Daarnaast betekent de significante stijging in ongevallen met voetgangers dat er meer moeite gedaan moet worden om het verkeer van de wegwerkers te scheiden.

De SWOV (2005) concludeert dat vrachtwagens oververtegenwoordigd zijn bij ongevallen bij werk in uitvoering. Normaal is bij 6% van de ongevallen een vrachtauto betrokken; bij werk in uitvoering is dat bij 12% van de ongevallen.

Schrock et al. (2004) hebben een diepteanalyse uitgevoerd op 77 dodelijke ongevallen bij wegwerkzaamheden in 2003 en 2004 in Texas (VS). Deze analyse baseren zij op politierapporten en een nieuwe methode om data te verzamelen over ongevallen bij wegwerkzaamheden en de karakteristieken van de werkzaamheden. Het betreft geen voor- en nastudie; ook is er geen controlegroep. Schrock et al. (2004) concluderen dat er bij de ongevallen met meer dan twee voertuigen vaak een vrachtwagen betrokken is. Volgens de auteurs klinkt dit aannemelijk. Door het grote gewicht is de remweg namelijk langer en door de hoeveelheid energie die een zwaar voertuig over kan brengen bij een botsing is de kans groter dat er meer voertuigen bij betrokken raken.

Volgens Daniel et al. (2000) zijn vrachtwagens in Georgia (VS) significant vaker betrokken bij dodelijke verkeersongevallen bij werk in uitvoering, dan in de situatie zonder wegwerkzaamheden. 20% van de voertuigen betrokken bij een ongeval bij werk in uitvoering is vrachtwagen, ten opzichte van 13% zonder werk in uitvoering.

Volgens Bai & Li (2006) hebben vrachtwagens een grotere kans om betrokken te raken bij ongevallen bij wegwerkzaamheden. Ze zijn met veertig procent flink oververtegenwoordigd in de dodelijke ongevallen bij werk in uitvoering. In totaal zijn vrachtwagens in de periode 1992 tot 2004 namelijk bij slechts zestien procent van de dodelijke ongevallen in Kansas betrokken. Bij de meeste ongevallen met vrachtwagens bij werk in uitvoering waren twee of meer voertuigen betrokken. Als mogelijke verklaring melden ze dat vrachtwagens groter en minder flexibel zijn, waardoor het moeilijker is om ze goed door een werkvak te rijden. Daarnaast vinden zij een hoger aandeel van vrachtwagens bij slechte lichtcondities.

3.3.5. *Weersomstandigheden*

Tsyganov et al. (2005) vinden bij wegwerkzaamheden tijdens slecht weer een lager aantal ongevallen per dag dan tijdens goede weersomstandigheden. Dit hebben zij bepaald op doorgaande wegen binnen de bebouwde kom in Texas (VS). De auteurs denken dat dit misschien verklaard kan worden door de lagere snelheid en het hogere attentieniveau van het verkeer.

3.3.6. *Bevindingen en conclusies*

Type ongeval

Kop-staartbotsingen vormen het grootste deel van de ongevallen bij werk in uitvoering. Deze ongevallen komen bij werk in uitvoering veel vaker voor dan in de situatie zonder wegwerkzaamheden. Een verklaring voor de kop-staartongevallen is de hogere variantie in snelheid bij wegwerkzaamheden. Deze komt doordat voertuigen bij wegwerkzaamheden vaker een aangepaste (lagere) snelheid hebben, terwijl een deel van de weggebruikers juist een te hoge snelheid hebben. Opvallend is dat het ongevallenpatroon binnen de bebouwde kom afwijkt van het patroon buiten de bebouwde kom.

Omdat de wegen in stedelijke gebieden niet hoofdzakelijk een stroomfunctie, maar ook een ontsluitingsfunctie hebben, zijn er meer kruisingen. Hierdoor zijn er andere soorten conflicten. Er is één studie gevonden over ongevallen binnen de bebouwde kom (Tsyganov et al., 2005). Hierin komt naar voren dat het grootste deel van de ongevallen flankongevallen zijn. Kopstaartongevallen vormen de tweede grootste groep.

Oorzaken

Een te hoge snelheid is de meest genoemde verklaring voor een ongeval. Daarnaast worden ook andere fouten van bestuurders, zoals het niet-voorrang verlenen en onveilig weggedrag genoemd als veel voorkomende oorzaken. Deze oorzaken zijn echter niet concreet genoeg omschreven om effectieve maatregelen te nemen. Daarnaast spelen er bij een verkeersongeval vaak veel factoren een rol, zodat het geven van één hoofdoorzaak de werkelijke oorzaken van een ongeval kan verbloemen. Zo kan het zijn dat het fout voorrang verlenen eigenlijk een gevolg is van onduidelijke of onjuist geplaatste bebording. Dit blijkt echter niet uit de bestudeerde literatuur. Volgens Hagenzieker (1998) is er weinig systematisch onderzoek uitgevoerd naar de manier waarop ongevallen bij werk in uitvoering ontstaan, in termen van opeenvolgende gedragingen die aan een dergelijk ongeval voorafgingen. Daarnaast is bij een groot deel van de ongevallen bij werk in uitvoering de directe relatie met werk in uitvoering onduidelijk.

Bestuurders

Uit SWOV (2005) blijkt dat er geen verschil is tussen de verdeling man-vrouw bij bestuurders die slachtoffer zijn bij ernstige ongevallen met of zonder werk in uitvoering. Uit Bai & Li (2006) en Tsyganov et al. (2005) blijkt dat oudere bestuurders (ouder dan 65) oververtegenwoordigd zijn bij ongevallen bij wegwerkzaamheden. Het zou kunnen zijn dat de afwijkende verkeersomstandigheden meer impact hebben op oudere bestuurders. Wat betreft jongere bestuurders vinden zij echter tegenstrijdige resultaten.

Botspartners

Over het algemeen is de uitkomst van de studies dat er tijdens wegwerkzaamheden meer ongevallen plaatsvinden met vrachtwagens. Dit is ten eerste te verklaren door de grotere breedte van de vrachtwagens. Vaak gaan wegwerkzaamheden gepaard met een versmalling van de rijbaan of met verlegging van de rijas. Hier hebben chauffeurs van grotere voertuigen meer hinder van. Daarnaast hebben grotere en dus ook zwaardere voertuigen een langere remweg, waardoor chauffeurs van vrachtverkeer in de bijzondere omstandigheden van wegwerkzaamheden minder tijd hebben om te anticiperen op onverwachte situaties.

Weersomstandigheden

Er zijn in de literatuur geen resultaten bekend over exacte verschillen in risico tussen verschillende soorten weersomstandigheden met of zonder wegwerkzaamheden.

Bij het bestuderen van de karakteristieken van ongevallen bij werk in uitvoering spelen twee grote problemen.

Ten eerste wordt in veel Amerikaanse studies het ongevallenpatroon van ongevallen bij werk in uitvoering van een specifieke staat geanalyseerd, zonder een vergelijking te maken met het ongevallenpatroon tijdens

'normale omstandigheden'. Dit probleem zorgt ervoor dat de gevonden resultaten ook een weerspiegeling kunnen zijn van de plaatselijke specifieke verkeersstromen. Hierdoor hoeven de resultaten niets te zeggen over de Nederlandse situatie. Als bijvoorbeeld in een onderzoek naar voren komt dat bij 40% van de ongevallen vrachtwagens betrokken zijn, hoeft dit niet te betekenen dat wegwerkzaamheden het ongevalsrisico voor vrachtwagens verhogen. Het kan namelijk ook zijn dat er veel vrachtverkeer is op de onderzochte locatie, of zelfs dat vrachtwagens op hetzelfde wegvak zonder wegwerkzaamheden nog vaker betrokken zijn bij ongevallen. Dit zou betekenen dat wegwerkzaamheden zelfs veiliger zijn voor vrachtwagens.

Ten tweede worden er meestal ook geen uitspraken gedaan over de hoeveelheid verkeer die aan wegwerkzaamheden blootgesteld wordt tijdens bepaalde omstandigheden (bijvoorbeeld een bepaalde weersgesteldheid). Hierdoor hoeven de resultaten niet per se iets te zeggen over het risico tijdens deze omstandigheden, maar kunnen de resultaten ook weerspiegelen hoe vaak een bepaalde omstandigheid zich tijdens wegwerkzaamheden voordoet.

Bijvoorbeeld, hoe vaker bepaalde specifieke weersomstandigheden voorkomen tijdens wegwerkzaamheden, hoe vaker er ongevallen zullen plaatsvinden bij werk in uitvoering tijdens deze omstandigheden. Het feit dat de meeste ongevallen bij werk in uitvoering plaatsvinden onder goede weersomstandigheden hoeft dus niets te zeggen over het ongevalsrisico van goed weer tijdens wegwerkzaamheden. Het grootste deel van het jaar zijn er goede weersomstandigheden, zeker in het deel van het jaar dat de meeste grote werkzaamheden gepland zijn. Hierdoor is het aannemelijk dat er meer ongevallen plaatsvinden tijdens deze omstandigheden.

Om de resultaten van een studie generaliseerbaar te houden is het dus beter om het ongevallenpatroon te vergelijken met het patroon zonder werk in uitvoering, of om te kijken naar het risico (het aantal ongevallen per voertuigkilometer). ARROWS (1999) concludeert ook iets dergelijks, namelijk dat het ongevallenpatroon bij werk in uitvoering beter begrepen kan worden als er meer kennis is over de expositie van verkeer aan wegwerkzaamheden.

3.4. Locatie van ongevallen binnen werkvakken³

CROW (2005) onderscheidt drie gebieden in een werkvak op een autosnelweg (zie *Afbeelding 2a* en *Bijlage 3*):

- de werkruimte;
- de veiligheidsruimte;
- de vrije ruimte.

Daarnaast onderscheidt het CROW in een werkvak op een niet-autosnelweg of een weg binnen de bebouwde kom met tweerichtingsverkeer ook een veiligheidsruimte aan het eind van het werkvak (zie *Afbeelding 2b* en *Bijlage 3*).

³ In CROW (2005) en FHWA (2000) wordt ook de 'verkeersruimte' onderscheiden, dit is de ruimte naast het werkvak waar het verkeer over geleid wordt. Waarschijnlijk wordt er in de ongevallenstudies soms ook 'in de verkeersruimte ter hoogte van een bepaalde ruimte' bedoeld, als er 'in een bepaalde ruimte' geschreven staat.

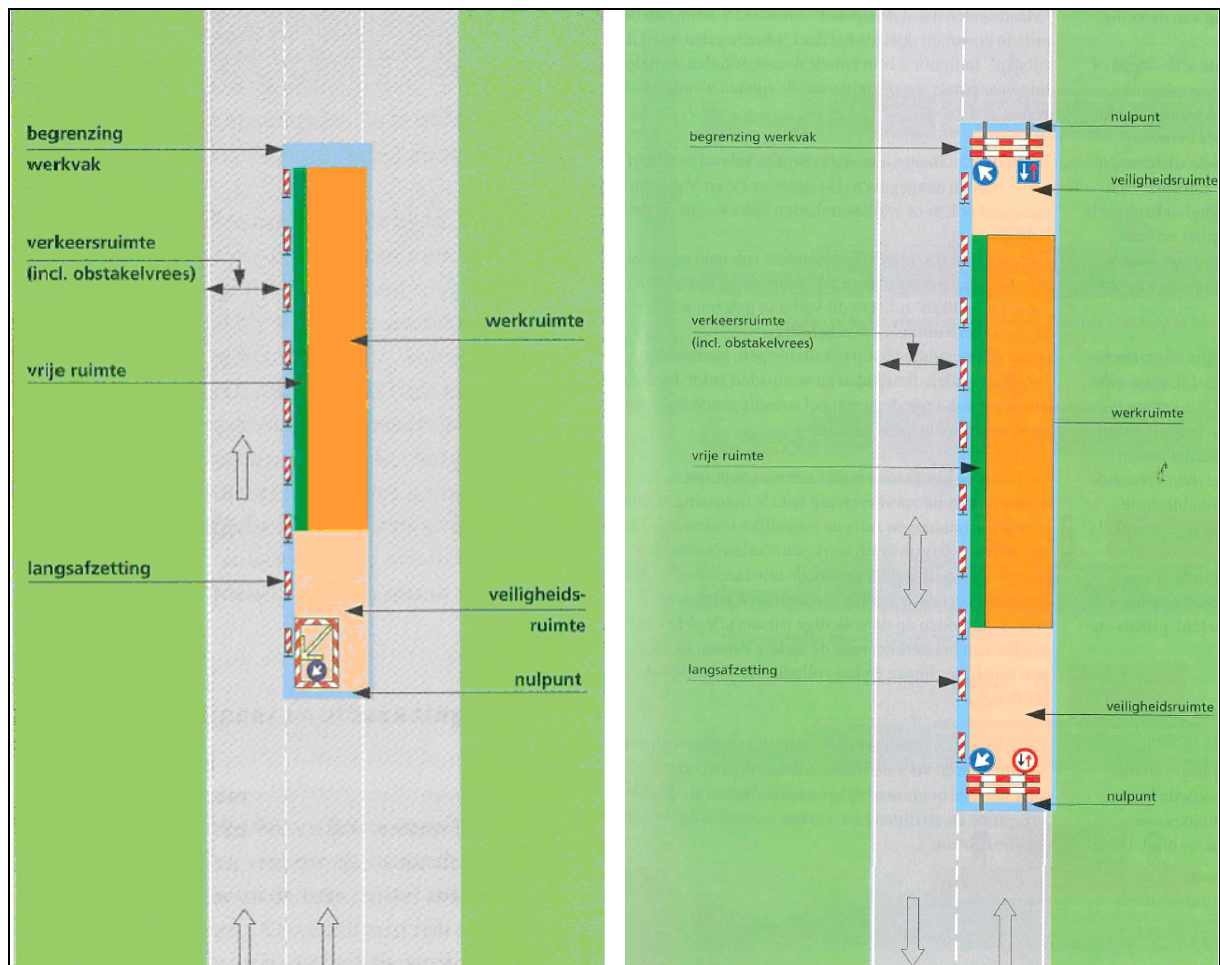
In de werkruimte wordt er daadwerkelijk gewerkt, lopen de wegwerkers en worden materiaal en materieel opgeslagen. De veiligheidsruimte is de ruimte tussen het nulpunt van de afzetting en de werkruimte. De vrije ruimte is de ruimte tussen de werkruimte en de langsafzetting. Het werkvak begint bij het nulpunt, eindigt bij de begrenzing en is afgebakend door de wegafzetting.

De Federal Highway Administration (FHWA) onderscheidt vijf gebieden binnen een werkvak:

- voorwaarschuwingruimte;
- transitieruimte;
- bufferruimte;
- werkruimte;
- beëindigingsruimte.

De voorwaarschuwingruimte is de ruimte vanaf de eerste waarschuwing voor het verkeer en het begin van de transitieruimte. In de transitieruimte wordt het verkeer van zijn normale lijn af gebracht. De bufferruimte is de veiligheidsruimte (longitudinaal) en de vrije ruimte (lateraal). De werkruimte komt overeen met CROW (2005). De beëindigingsruimte is de ruimte vanaf de begrenzing tot het punt waar het verkeer weer op zijn oorspronkelijke lijn kan rijden.

ARROWS (1999) concludeert dat de werkruimte relatief gevaarlijk is ten opzichte van de andere ruimtes. Het wordt aannemelijk geacht dat het risico van de beëindigingsruimte niet groter is dan dat van gewone wegvakken. Tot slot acht ARROWS (1999) het aannemelijk dat de voorwaarschuwingruimte en de transitieruimte gevaarlijker zijn dan wegvakken zonder wegwerkzaamheden. Het risico van deze ruimtes ten opzichte van elkaar en van de werkruimte is niet bekend.



Afbeelding 2. Indeling van een werkvak (a) op een autosnelweg (links) en (b) op een niet-autosnelweg of een weg binnen de bebouwde kom met tweerichtingsverkeer (rechts). Zie Bijlage 3 voor een kleurenversie; uit CROW (2005).

Garber & Zhao (2002a; 2002b) vinden de meeste dodelijke verkeersongevallen in de werkruijnte, ongeacht het wegtype ('highway type'), zowel overdag als 's nachts. De beëindigingsruimte is het veiligst; de ongevallen die hier plaatsvonden waren flankongevallen. In de voorwaarschuwingsruimte is het grootste deel van de ongevallen een kop-staartbotsing (83%). Ook in de transitieruimte hebben kop-staartbotsingen het grootste aandeel (54%); schampongevallen (zelfde rijrichting) vormen daar de tweede groep.

De resultaten van Tsyganov et al. (2005) laten zien dat vooral bij het oprijden en verlaten van doorgaande wegen binnen de bebouwde kom ongevallen ontstaan bij wegwerkzaamheden. Zij pleiten er daarom voor om bij het kiezen van de veiligheidsmaatregelen meer rekening te houden met de plaatsen waar verkeer de wegvakken op komt en verlaat.

Venugopal & Tarko (2000) concluderen dat de lengte van een werkvak een bepalende factor is voor het aantal ongevallen in de voorwaarschuwings- en transitieruimte. Hoe korter het werkvak, des te meer ongevallen er voor het nulpunt plaatsvinden. Zij verklaren dit door de hoeveelheid veiligheidsmaatregelen die getroffen wordt. Het is aannemelijk dat langere afzettingen horen bij werkzaamheden die ook langer in tijd duren. Daardoor zijn er

waarschijnlijk meer en betere veiligheidsmaatregelen getroffen en komen er in de ruimte voor het werkvak minder ongevallen voor.

De SWOV (2005) concludeert uit de ongevallenstatistieken dat in de periode 1997-2003 binnen de bebouwde kom de helft van de ernstige ongevallen bij werk in uitvoering plaatsvindt op een kruispunt en de helft op een wegvak. Buiten de bebouwde kom is de verhouding kruispunt-wegvak ongeveer 20%-80%. Buiten de bebouwde kom gebeuren ongevallen bij wegwerkzaamheden relatief vaak in de buurt van op- en afritten (ARROWS, 1999).

Bevindingen en conclusies

Expositie speelt geen rol in het vergelijken van het risico in de verschillende delen van een werkvak. Op alle delen van een werkvak komt namelijk dezelfde hoeveelheid verkeer. Hierdoor kunnen ook studies die alleen aantallen ongevallen bestuderen gebruikt worden om de meest risicovolle ruimte van een werkvak te identificeren, in plaats van alleen studies die het ongevalsrisico bepalen. Op basis van de bestudeerde literatuur wordt geconcludeerd dat de werkruimte het meest risicovolle gebied is bij wegwerkzaamheden op snelwegen. Binnen de bebouwde kom zijn de locaties waar verkeer vanaf een zijweg een doorgaande weg met een werkvak op komt rijden risicovol ten opzichte van de rest van het werkvak. Over het algemeen geldt dat als een werkvak langer is, het risico in de voorwaarschuwings- en transitieruimte lager is. Bij grotere werkvakken worden er over het algemeen meer veiligheidsmaatregelen getroffen, waardoor weggebruikers beter voorbereid zijn op de veranderde verkeerssituatie. De volgende paragraaf gaat dieper in op veiligheidsmaatregelen.

3.5. Veiligheidsmaatregelen

Wegwerkzaamheden maken de rijtaak moeilijker, omdat er een situatie ontstaat die afwijkt van de verwachting van een weggebruiker. Vaak gaat het om een complexe verkeerssituatie. Bij de uitvoering van wegwerkzaamheden zijn daarom maatregelen en voorzieningen nodig om de nadelige effecten op de veiligheid en de doorstroming te beperken (SWOV, 2005). Veiligheidsmaatregelen hebben verschillende doelen:

- het werkvak afbakenen voor het verkeer;
- het verkeer door het werkvak geleiden;
- de wegwerkzaamheden en de wegwerkers zichtbaar maken voor de weggebruikers;
- de rijtaak verlichten.

Afzettingen, zowel pylonen als barriers, hebben als doel het werkvak af te bakenen. Daarnaast geleiden ze het verkeer door het werkvak, net als (tijdelijke) belijning en pijlwagens. Botsabsorbers dienen primair ter bescherming van de wegwerkers.

Maatregelen als bebording, (dynamische) DRIP's, opvallende kleding voor wegwerkers en oranje lichten op materieel waarschuwen de weggebruikers voor de wegwerkzaamheden. In de VS zijn er ook 'flaggers', dit zijn mensen met opvallende kleding en een vlag die weggebruikers attent maken op de wegwerkzaamheden.

Verlaging van de maximumsnelheid heeft als doel het verlichten van de rijtaak. Bovendien verlaagt het de kans op een ongeval en de ernst van een ongeval. Naast het verlagen van de snelheid is er een aantal maatregelen dat tot doel heeft om deze lagere snelheid af te dwingen, zoals handhaving en dynamische snelheidsinformatie. Een maatregel van een andere orde is een omleiding. Deze is primair om de vertraging voor het verkeer te verminderen.

Het type maatregel dat getroffen wordt is afhankelijk van het wegtype, de maximumsnelheid, de werkelijk gereden snelheid op een wegvak (V85), het type wegwerkzaamheden en de duur ervan (Publicatie 96b; CROW, 2005).

Op het gebied van veiligheidsmaatregelen bij werk in uitvoering zijn er weinig ongevallestudies gevonden. De studies die hieronder besproken worden, worden in dit opzicht toch relevant geacht voor deze literatuurstudie.

Elvik & Vaa (2004) hebben een meta-analyse uitgevoerd naar de effecten van diverse soorten verkeersveiligheidsmaatregelen. Zij vinden, op basis van literatuur tot 1991, een reductie van 15% van het verwachte aantal letselongevallen voor tijdelijke wegmarkering. Bij 'contraflow' wordt het verkeer van een tweestrooks rijbaan geheel ('4-0') of deels ('3-1') naar de andere rijbaan met versmalde rijstroken geleid (Martens & Brookhuis, 1998). Volledige contraflow (4-0) levert ten opzichte van gedeeltelijke contraflow (3-1) een reductie van ongeveer 20% van het aantal letselongevallen (Elvik & Vaa, 2004). Dit kan mogelijk verklaard worden doordat volledige contraflow de snelheid sterker verlaagt, de alertheid vergroot en een kleinere kans geeft op het verwarren van rijstroken, ten opzichte van gedeeltelijke contraflow. Martens & Brookhuis (1998) geven meer informatie over de effecten van volledige en gedeeltelijke contraflowsystemen op rijgedrag.

Paaswell et al. (2006) hebben geen ongevallestudie uitgevoerd, maar een evaluatie van maatregelen voor mobiele en kortdurende werkzaamheden. Deze evaluatie is gebaseerd op vijf criteria: waarschuwen van weggebruikers, verminderen van expositie, minimaliseren van de ernst van ongevallen als deze toch plaatsvinden, afstand creëren tussen wegwerker en weggebruiker en het verhogen van de zichtbaarheid van de werkzaamheden en wegwerkers.

De botsabsorber en de 'Balsi Beam' scoren het hoogste. Een Balsi Beam is een soort verlengde botsabsorber, die een impact vanaf de zijkant kan tegenhouden. Doordat dit een verlengde 'oplegger' vormt en een eigen truck heeft, is deze mobiel en dus te gebruiken bij kortdurende en mobiele werkzaamheden.

Sayer & Mefford (2004) hebben ook geen ongevallestudie uitgevoerd, maar hebben veiligheidskleding onderzocht. Zij concluderen dat veiligheidskleding met een bepaald type reflecterende banen op zes keer zo grote afstand waarneembaar is dan kleding zonder reflecterende strepen. Vooral 's nachts kan de zichtafstand nog meer worden vergroot als deze reflecterende strepen (ook) op de armen worden geplaatst.

Bryden et al. (1998) hebben 496 verkeersongevallen in werkvakken geanalyseerd, die in de periode 1994-1996 plaats hebben gevonden in de staat New York. Op basis van ongevalsrapporten en getuigenverklaringen

trekken zij conclusies over de kenmerken van deze ongevallen. Bij 20% van de ongevallen met ernstige afloop was constructiemateriaal, -materieel of een wegwerker betrokken. Eenzijdige ongevallen met bebording en andere verkeersgeleidende maatregelen hadden over het algemeen geen ernstige afloop. In de gevallen waar de afloop wel ernstig was, was er een extreem hoge botsnelheid.

Botsabsorbers verminderen de letselernst; het merendeel van de eenzijdige ongevallen met een botsabsorber was slechter afgelopen zonder de botsabsorber, vonden Bryden et al. (1998).

Fysieke afscherming van de wegwerkers door een barri er werkt goed tegen het binnendringen van het werkvak door voertuigen. Het verhoogt echter het risico van 'afgeleide' ongevallen, doordat barri ers voertuigen kunnen terugkaatsen op de eigen of tegenovergestelde weghelft. Deze afgeleide ongevallen moeten zo veel mogelijk voorkomen worden; ze leidden namelijk in enkele gevallen tot ernstig letsel (Bryden et al., 1998). De auteurs benadrukken dat fysieke barri ers dan ook alleen geplaatst moeten worden als er groter gevaar mee wordt voorkomen. Naast de veiligheid in de werkruimte, is de veiligheid van materieel en wegwerkers buiten de werkruimte ook belangrijk. Wegwerkers moeten zich bewust zijn van de gevaren en alleen buiten het werkruimte komen als ze voldoende beschermd zijn.

In 2002 is er in Noord-Brabant een proef geweest met dynamische snelheidsinformatie bij wegwerkzaamheden (Geluk et al., 2003). De resultaten waren veelbelovend. Niet alleen is er effect op de gemiddelde snelheid en de snelheidsverdeling, ook is de acceptatie van de weggebruikers hoog en verbeteren de homogeneren snelheden het subjectieve veiligheidsgevoel van de wegwerkers. Dit is overigens geen ongevallenstudie.

In 2006 is Rijkswaterstaat begonnen met een nieuwe proef om de snelheid bij wegwerkzaamheden omlaag te krijgen (Verkeerskunde, 2006). Bij werkzaamheden op de A58 in Zeeland krijgen de weggebruikers directe feedback over hun snelheid, waarbij ook hun kenteken aan hen wordt getoond. De snelheid wordt over een traject van 500 meter v or het werkvak berekend. Door deze confrontatie is de verwachting dat weggebruikers hun snelheid verlagen. Het elektronische informatiebord staat voor het nulpunt, zodat weggebruikers hun snelheid nog voor de werkzaamheden kunnen aanpassen.

Dewar & Hanscom (2001) merken op dat het verlagen van de maximumsnelheid over het algemeen leidt tot een grotere variantie in snelheid. Sommige bestuurders minderen snelheid, terwijl anderen dit pas doen als dit door de weginrichting of andere weggebruikers afgedwongen wordt. Een grotere variantie in snelheid verhoogt de ongevalsrisico's. Er is dus een dilemma: hoge snelheden toestaan bij werk in uitvoering (wegwerkers zullen dit niet prettig vinden) of verlagen van de maximumsnelheid (met een grotere variantie in de gereden snelheden). Er moet overigens rekening mee gehouden worden dat bestuurders bij werkzaamheden een verlaging van de maximumsnelheid verwachten en hun snelheid automatisch zouden kunnen verlagen, ook als dat officieel niet hoeft.

Het veranderen van rijstrook gebeurt vaak (te) laat (SWOV, 2005). De wisseling van rechts naar links is een groter probleem dan van links naar rechts. Zowel verkeerssignalering boven de weg als goed geplaatste en

zichtbare pijlen lijken eerder wisselen te bevorderen. Andreasstrips op circa 150 meter voor het einde van de strook hebben een positief effect op de verkeersveiligheid. Andreasstrips zijn drie strips met reflectoren die een weggebruiker bij het zien of overrijden moeten attenderen op het naderen van een actiewagen. Van Veenendaal et al. (1999) tonen aan dat Andreasstrips de ernst van ongevallen met actiewagens vermindert. Dit effect is nog groter in combinatie met verkeerssignalering. Daarnaast verlagen Andreasstrips het aantal ongevallen met actiewagens. Om ook de veiligheid van de wegwerker te garanderen moeten Andreasstrips worden geplaatst en verwijderd met behulp van een zware actiewagen voorzien van botsabsorber.

Bevindingen en conclusies

Op het gebied van veiligheidsmaatregelen bij werk in uitvoering zijn er weinig ongevallenstudies gevonden. Het onderzoek dat er is gaat meer over de effecten van maatregelen op het gedrag van weggebruikers. Uit de gevonden literatuur kan geconcludeerd worden dat het verlagen van de maximumsnelheid waarschijnlijk leidt tot een grotere variantie in de gereden snelheid. Verder verminderen botsabsorbers het risico op ongevallen, en daarnaast verlagen ze de ernst van ongevallen. Andreasstrips verminderen het aantal ongevallen met actiewagens en daarnaast ook de ernst, omdat weggebruikers eerder geattendeerd worden op het naderen van een actiewagen. Fysieke afscherming van de wegwerkers door een barri er werkt goed tegen het binnendringen van het werkvak door voertuigen. Omdat afgeleide ongevallen kunnen leiden tot ernstig letsel moeten fysieke barri eres alleen geplaatst worden als er groter gevaar mee wordt voorkomen. Er zijn verschillende methoden om een lagere en uniformere snelheid van de weggebruikers af te dwingen. Dynamische snelheidsinformatie over een traject voor de wegwerkzaamheden samen met het tonen van het kenteken lijkt een veelbelovende maatregel.

3.6. Ongevallen met wegwerkers

Volgens Hagenzieker (1998) zijn ongevallen waarbij (weg)werkers slachtoffer worden relatief ernstiger dan andere ongevallen bij wegwerkzaamheden. Het betreft hier niet alleen wegwerkers, maar ook andere personen die aan het werk zijn op de weg, waaronder vuilnisophalers, 'groenmedewerkers' en (land)meetkundigen. Hagenzieker (1998) vindt het hoge aantal (weg)werkers dat als voetganger slachtoffer wordt opvallend. Dit is gebaseerd op de analyse van toedrachtsbeschrijvingen van 53 letselongevallen waarbij (weg)werkers slachtoffer werden in de periode 1993-1996. Bij ongeveer de helft van de ongevallen kunnen de slachtoffers als wegwerker gecategoriseerd worden. De ongevallen met wegwerkers gebeuren relatief vaak op een afgesloten rijstrook of weggedeelte, op een vluchtstrook, bij de vangrail, berm of invoegstrook. Ook gebeuren er relatief veel ongevallen terwijl een wegwerker de (autosnel)weg oversteekt of opstapt. Met name wanneer de ongevallen op de vluchtstrook, invoegstrook of in de berm plaatsvinden lijkt het zo te zijn dat de wegwerkers nauwelijks beschermd zijn. De ongevallen met wegwerkers vinden grotendeels buiten de bebouwde kom plaats (twee derde).

Swuste & Heijer (1999) onderzoeken de gevaren en risico's van wegwerkers via ongevalsscenario's. Literatuur en ongevalsgegevens geven slechts

aanwijzingen voor mogelijke scenario's. Hoewel het aantal slachtoffers onder wegwerkers beperkt is, blijkt dat wegwerkers in vergelijking met industriële werknemers relatief onveilig werk verrichten.

In het literatuuronderzoek wordt een aantal conclusies getrokken:

- Kortdurende werkzaamheden en ander soort werkzaamheden die zonder bebakening of bescherming worden uitgevoerd, zijn relatief gevaarlijk.
- Het ontbreken van zijdelingse manoeuvreerruimte voor zowel de wegwerkers als de weggebruiker speelt vaak een belangrijke rol in het ontstaan van ongevallen.
- De primaire oorzaak van ongevallen ligt vaker aan het gedrag van weggebruikers dan aan dat van wegwerkers.
- Het achteruitrijden met bouwvoertuigen en het te voet oversteken van weggedeelten naast de werkruimte leidt nogal eens tot ongevallen.
- Ongevallen bij nacht zijn zeldzamer dan overdag, in tegenstelling tot de subjectieve veiligheid onder wegwerkers.

Met behulp van de 'HAZOP-methode' zijn vervolgens ongevalsscenario's gegenereerd. De techniek HAZOP (Hazard and Operability study) wordt omschreven als een 'groepsgewijze, gestructureerde brainstormsessie'. Tijdens de brainstormsessie met experts wordt een matrix opgesteld met de ongevalsscenario's. Later worden de scenario's gerangschikt, op basis van frequentie van voorkomen. Met behulp van een proefsessie is de bestaande methode uit de procestechnologie geschikt gemaakt voor wegwerkers. Per wegtype was er een HAZOP-sessie. Er zijn twee hoofdsenario's: 1) weggebruiker komt in werkruimte, en 2) wegwerker komt in verkeersruimte. Deze twee hoofdsenario's zijn weer onderverdeeld in groepen. Een belangrijke eigenschap van de HAZOP-methode is dat zij de populaire vooroordelen afzwakt en een evenwichtiger beeld van de gevaren tijdens wegwerkzaamheden creëert. Het blijkt niet mogelijk om a priori selecties uit de scenario's toe te delen aan specifieke typen werkzaamheden. Daarom wordt aanbevolen dat telkens als een nieuw werk wordt opgezet ten minste de meest beperkte HAZOP-methode uitgevoerd wordt. Bij grootschalige werken, of als er sprake is van nieuwe technieken of omstandigheden, wordt de meest uitgebreide HAZOP aanbevolen. Tot slot hebben Swuste & Heijer aanbevelingen geformuleerd voor iedere specifiek gedefinieerde ongevallengroep. Het plaatsen en weghalen van bebakening blijkt veelvuldig tot gevaarlijke situaties te leiden.

Bryden & Andrew (1999) analyseren 240 ongevallen met ziekenhuisgewonden of doden onder wegwerkers als gevolg op wegen met wegwerkzaamheden in de staat New York (VS) tussen 1993-1997. Een vijfde van de ziekenhuisgewonden (47) en twee vijfde van de doden (6) wordt veroorzaakt door verkeersongevallen. Twee derde van de verkeersongevallen betreft een lopende wegwerker, het overige deel wegwerkers in een bouwvoertuig of ander materieel. Twee derde van de verkeersongevallen met lopende wegwerkers wordt veroorzaakt door voertuigen die het werkvak binnendrongen, het overige deel betreft wegwerkers die buiten het werkvak komen. Buiten het werkvak betreft het ongevallen tijdens het oversteken van de naastgelegen rijstrook, in de berm of op een andere onbeschermd plaats.

Haworth et al. (2003) concluderen dat per werkzaamheid de situatie verschilt wat betreft blootstelling aan gevaar, het subjectieve veiligheidsgevoel van wegwerkers, de typen veiligheidsmaatregelen die getroffen zijn en de door

de wegwerkers waargenomen effectiviteit. Alleen of in kleine groepjes (tot zes personen) werken wordt gevaarlijk geacht, omdat dan vaak niet goed zichtbaar is dat er gewerkt wordt. Daardoor passen weggebruikers hun snelheid niet aan. Ook worden er dan weinig veiligheidsmaatregelen getroffen. Haworth et al. (2003) onderscheiden vier categorieën maatregelen die het risico voor wegwerkers die in kleine groepjes werken kunnen verminderen. Deze categorieën komen in grote lijnen overeen met de vijf criteria die Paaswell et al. (2006) stellen aan veiligheidsmaatregelen. De vier categorieën zijn: 1) de expositie van wegwerkers aan het verkeer verminderen, 2) veilige afstand creëren tussen wegwerker en weggebruiker, 3) de snelheid van het verkeer veilig houden en 4) de zichtbaarheid van de werkzaamheden en wegwerkers verhogen. In iedere categorie formuleren Haworth et al. (2003) een aantal aanbevelingen. De maatregelen worden uitgebreider besproken in Haworth et al. (2002). Over het algemeen genomen moet, als er weinig gedaan wordt aan maatregelen uit een bepaalde categorie, meer aandacht besteed worden aan maatregelen uit een andere categorie.

Garber & Zhao (2002a; 2002b) concluderen dat het verkeer en de wegwerkzaamheden effectiever gescheiden moeten worden, getuige het significant hogere aandeel van dodelijke ongevallen met voetgangers bij wegwerkzaamheden. Van de 17 dodelijke ongevallen zijn er 6 met wegwerkers (rond de 35%). Deze ongevallen zijn allemaal gecategoriseerd als 'ongeval met voetganger'.

In het onderzoek van Schrock et al. (2004) komt naar voren dat 4% van de dodelijke ongevallen tijdens werk in uitvoering een wegwerker betreft die verkeersmaatregelen aan het installeren of verwijderen is. Deze 4% van het totaal aantal dodelijke ongevallen bij wegwerk vormt meer dan 40% van de dodelijke ongevallen met wegwerkers.

Bevindingen en conclusies

Ongevallen met wegwerkers gebeuren niet alleen doordat een weggebruiker met voertuig de werkruimte binnendringt, maar ook doordat wegwerkers zich buiten de afzetting begeven. Ook het werken in kleine groepjes verhoogt het risico voor de wegwerker, omdat de werkzaamheden dan minder goed zichtbaar zijn. Hierdoor passen weggebruikers hun snelheid minder goed of niet aan. Het plaatsen en weghalen van bebakening blijkt een riskante activiteit te zijn voor wegwerkers. Hoewel het aantal slachtoffers onder wegwerkers beperkt is, blijkt dat wegwerkers in vergelijking met industriële werknemers relatief onveilig werk verrichten.

3.7. Gedrag van weggebruikers bij werk in uitvoering

Nilsson & Nyberg (1998) hebben in het kader van ARROWS een uitgebreide literatuurstudie uitgevoerd naar het gedrag van weggebruikers bij wegwerkzaamheden. De meest consistente en verwachte uitkomst is dat er te hard gereden wordt bij wegwerkzaamheden. Vergeleken met de geldende snelheidslimiet nadert en passeert het grootste gedeelte van de weggebruikers wegwerkzaamheden met een te hoge snelheid. Over het algemeen passen bestuurders hun snelheid pas vlak voor dergelijke veranderingen in de omstandigheden aan en remmen ze vervolgens (te) hard af. Voertuigen die met een hogere snelheid naderen remmen meer af,

maar rijden nog steeds harder dan voertuigen die met een lagere snelheid naderen. De auteurs vinden het zorgwekkend dat bestuurders wel denken dat ze genoeg afremmen tijdens het passeren van wegwerkzaamheden. De bestuurders gedragen zich dus niet zoals ze zich klaarblijkelijk denken te gedragen.

Het uniformeren van werkvakken, wat betreft bebording, belijning, tijdelijke rijbanen en dergelijke, wordt door veel auteurs voorgesteld, omdat ze aannemen dat dit sterk bij kan dragen aan de verkeersveiligheid bij wegwerkzaamheden. Een kanttekening hierbij is dat een standaardlay-out van wegwerkzaamheden kan leiden tot vertrouwdheid en een (vals) gevoel van veiligheid bij de weggebruiker. Hierdoor kan zijn alertheid afnemen, waardoor hij minder goed voorbereid is op onverwachte gevaarlijke situaties.

Bij het evalueren van de resultaten van de literatuurstudie noemen Nilsson & Nyberg (1998) enkele aandachtspunten:

- Het merendeel van de studies onderzoekt het gedrag van bestuurders op snelwegen en autowegen. Omdat echter ook een groot deel van de werkzaamheden op lagereordewegen wordt uitgevoerd is het van belang om ook op lagereordewegen onderzoek uit te voeren.
- Alhoewel er in veel studies niet vermeld wordt om wat voor soort werkzaamheden het gaat, gaat het in de meeste studies om langdurende werkzaamheden. Kortdurende of dynamische werkzaamheden worden zelden bestudeerd.
- Vrijwel alle studies gaan over het gedrag van automobilisten of vrachtwagenchauffeurs. Er wordt echter vrijwel geen aandacht geschonken aan fietsers, voetgangers, en wegwerkers. De reden hiervoor is deels dat er vooral wordt gekeken naar snelwegen. Voor een vollediger overzicht zou ook het gedrag van fietsers, voetgangers en wegwerkers bestudeerd moeten worden.

PREVENT is een Europees onderzoeksproject dat een educatieprogramma wil opstellen om het gedrag van weggebruikers bij wegwerkzaamheden te verbeteren (Twisk, 2006). Vanwege het beperkte aantal ongevallestudies en studies naar gedrag van weggebruikers bij wegwerkzaamheden is het echter niet gelukt om op basis van een literatuurstudie een gericht programma op te stellen. Er is daarom een breed educatieprogramma opgezet, dat gericht is op de mogelijke oorzaken van fouten en overtredingen van weggebruikers bij wegwerkzaamheden die betrekking hebben op de taakuitvoering. Werk in uitvoering verhoogt het risico, omdat het een discontinuïteit vormt in het verwachtingspatroon van bestuurders over de verkeerssituatie. De plotselinge verandering in wegbeeld, lagere maximumsnelheid, extra verkeersmaatregelen, nieuwe borden en markering en versmalde of gesloten rijstroken verstoren de verkeersstromen op een onvoorspelbare manier. Het programma focust zich op het verbeteren van kennis en inzicht van bestuurders. Educatie kan zich enerzijds richten op fouten van weggebruikers, door de rijvaardigheid te verbeteren en kennis over regels en gevaren te vergroten. Anderzijds kan educatie zich op overtredingen van weggebruikers richten, door aandacht te besteden aan de risico's, de persoonlijke rijstijl en de voor- en nadelen van de overtredingen. Dewar & Hanscom (2001) constateren dat, omdat bestuurders op verschillende plaatsen afremmen en dat niet allemaal even hard doen, er grotere snelheidsverschillen optreden bij wegwerkzaamheden (zie ook *Paragraaf 3.5*). Bij grotere snelheidsverschillen vinden er over het algemeen

meer ongevallen plaats. Een ander probleem dat tot ongevallen bij werk in uitvoering leidt is gewenning aan snelheid. Bestuurders hebben namelijk de neiging om hun snelheid te onderschatten als ze ongeveer 20 minuten of langer op hoge snelheid hebben gereden, en daarna snelheid minderen als gevolg van een verlaging van de maximumsnelheid.

De SWOV (2005) stelt dat de snelheidslimiet vaker wordt overschreden naarmate de limiet lager is gesteld. Tijdens het passeren van de werkzaamheden loopt de snelheid geleidelijk weer op. Er zijn echter ook studies waarin de rijnsnelheid juist gaandeweg afneemt (ARROWS, 1999). De snelheid daalt het meest op plaatsen waar van rijstrook gewisseld moet worden, bij tegenliggend verkeer op dezelfde rijbaan (contraflow) of bij smalle rijstroken. 'Rammelstrips' (rumble strips), knipperlichten (niet flitsend), een 'vlaggende pop' en zichtbare handhaving door politie hebben hun effect bewezen. In het algemeen lijkt een snelheidslimiet beter geaccepteerd en nageleefd te worden als die limiet geloofwaardig is. Daarom heeft Rijkswaterstaat in 2005 nieuwe snelheidsregimes geïntroduceerd bij werkzaamheden op auto(snel)wegen (AVV, 2005). De snelheidslimiet is standaard 90 km/uur en wordt alleen verlaagd tot 70 km/uur als wegwerkers zich direct naast de rijstroken zonder barrier bevinden, of bij smalle rijstroken. Wanneer er boven de weg signalering aanwezig is, kan de snelheidslimiet in het dwarsprofiel of in de tijd worden gedifferentieerd.

Bevindingen en conclusies

Er wordt te hard gereden bij wegwerkzaamheden. Vergeleken met de geldende snelheidslimiet nadert en passeert het grootste gedeelte van de weggebruikers wegwerkzaamheden met een te hoge snelheid. Over het algemeen passen bestuurders hun snelheid pas vlak voor abrupte veranderingen in de omstandigheden aan en remmen ze vervolgens (te) hard af. Bestuurders denken echter wel dat ze genoeg afremmen tijdens het passeren van wegwerkzaamheden. De bestuurders gedragen zich dus niet zoals ze zich klaarblijkelijk denken te gedragen. Dit kan te maken hebben met 'snelheidsgewenning'. Bestuurders hebben namelijk de neiging om hun snelheid te onderschatten als ze een tijd op hoge snelheid hebben gereden en als gevolg van een verlaging van de limiet hun snelheid minderen.

De snelheidslimiet wordt vaker overschreden naarmate deze lager is gesteld. De snelheid daalt het meest op plaatsen waar van rijstrook gewisseld moet worden, bij tegenliggend verkeer op dezelfde rijbaan (contraflow), of bij smalle rijstroken. Verschillen tussen weggebruikers in moment en mate van snelheidsreductie zorgen voor een grotere variatie in snelheid bij wegwerkzaamheden. Hierdoor wordt het ongevalsrisico vergroot, want over het algemeen vinden er bij grotere spreiding in snelheid meer ongevallen plaats.

De aandachtspunten die Nilsson & Nyberg (1998) noemen voor onderzoek naar het gedrag van weggebruikers bij wegwerkzaamheden gelden ook voor onderzoek naar ongevallen bij werk in uitvoering. Het merendeel van de studies focust namelijk op snelwegen en autowegen, op langdurende werkzaamheden en op automobilisten of vrachtwagenchauffeurs. Om een vollediger beeld te krijgen van ongevallen bij werk in uitvoering moet er in de toekomst meer aandacht besteed worden aan lagereordewegen,

kortdurende of dynamische werkzaamheden en fietsers, voetgangers, en wegwerkers.

3.8. Bevindingen en conclusies

Uit deze literatuurstudie blijkt dat er geen eenduidig beeld is van de invloed van wegwerkzaamheden op het ongevalsrisico en de ernst van de ongevallen. Dit maakt het moeilijk om op een betrouwbare manier de invloed van wegwerkzaamheden op het aantal en de ernst van verkeersongevallen te kwantificeren. De meeste studies die meegenomen zijn vinden een toename in het ongevalsrisico of het aantal ongevallen bij werk in uitvoering; de ernst van de ongevallen lijkt af te nemen. De resultaten uit de literatuur zijn echter niet consistent met elkaar.

Resultaten uit buitenlandse ongevallenstudies kunnen niet altijd gebruikt worden om uitspraken te doen over de Nederlandse situatie. Er spelen twee grote problemen bij het bestuderen van ongevalskarakteristieken bij werk in uitvoering. Ten eerste wordt in veel studies het ongevallenpatroon van ongevallen bij werk in uitvoering van een specifiek land of provincie geanalyseerd, zonder een vergelijking te maken met het ongevallenpatroon tijdens 'normale omstandigheden'. Hierdoor kan een opvallend ongevallenpatroon ook verklaard worden door een verkeerssituatie in het onderzochte gebied die afwijkt van de Nederlandse. Ten tweede worden er vaak ook geen uitspraken gedaan over de hoeveelheid verkeer die aan wegwerkzaamheden blootgesteld wordt tijdens bepaalde omstandigheden (zoals een specifieke weersgesteldheid). Hierdoor hoeven de resultaten niet per se iets te zeggen over het risico tijdens deze omstandigheden, maar kunnen de resultaten ook weerspiegelen hoe vaak deze omstandigheid tijdens wegwerkzaamheden voorkomt. Om de resultaten van een studie generaliseerbaar te houden is het dus beter om het ongevallenpatroon te vergelijken met het patroon zonder werk in uitvoering, of om ook expositie aan werk in uitvoering mee te nemen. Dit laatste houdt in dat er niet alleen naar het aantal ongevallen wordt gekeken, maar ook naar het risico (het aantal ongevallen per voertuigkilometer).

Werkzaamheden over een langere tijd en met een langer werkvak lijken een lager ongevalsrisico te hebben. Hier worden verschillende verklaringen voor gegeven. Ten eerste gaat dit soort werkzaamheden vaak gepaard met betere veiligheidsmaatregelen en ten tweede wennen bestuurders na een langere periode aan de veranderde verkeerssituatie en gedragen ze zich daarom voorspelbaarder en dus veiliger. De betere veiligheidsmaatregelen bij werkzaamheden over een langere periode zorgen ervoor dat wegwerkers en -gebruikers beter beschermd worden. Daarnaast worden weggebruikers beter geattendeerd op de wegwerkzaamheden, waardoor ze meer tijd hebben om hun gedrag aan te passen.

Het blijkt dat er ook een aantal ongevallen gebeurt in inactieve werkvakken, vooral 's nachts. Mogelijk schieten de veiligheidsmaatregelen tekort of schatten weggebruikers het gevaar van de tijdelijk veranderde verkeerssituatie niet goed in als er geen activiteit is in een werkvak. Dit kan ervoor zorgen dat weggebruikers hun gedrag niet voldoende aanpassen.

Nachtelijke werkzaamheden gaan absoluut gezien gepaard met minder ongevallen. Het hoger aantal ongevallen overdag kan onder andere

verklaard worden door een grotere expositie aan wegwerkzaamheden overdag. Wel wordt in de literatuur over het algemeen een verhoogde ongevalskans 's nachts gevonden, evenals een hogere subjectieve onveiligheid onder wegwerkers. Dit hoger risico wordt mogelijk veroorzaakt door de slechtere zichtbaarheid van de werkzaamheden, doordat tijdelijke omstandigheden 's nachts mogelijk meer invloed hebben dan overdag en door de kleinere invloed die veiligheidsmaatregelen 's nachts hebben. Wellicht spelen omstandigheden als vermoeidheid en alcohol 's nachts ook een grotere rol. Aan de andere kant vinden nachtelijke werkzaamheden over het algemeen plaats op goed verlichte snelwegen, die relatief veilig zijn.

Ongevallen lijken zich vooral te concentreren op wegen met hoge intensiteiten, omdat hier vaker werkzaamheden nodig zijn en er veel verkeer rijdt tijdens de werkzaamheden. Omdat op deze wegen de expositie aan werkzaamheden relatief groot is, hoeft dit niet te betekenen dat het risico groter wordt. Er is in de literatuur vrijwel niets geschreven over het verschil in risico bij werk in uitvoering tussen de verschillende Duurzaam Veilig-wegcategorieën of vergelijkbare wegtypen, er wordt hier dan ook geen conclusie over getrokken.

Een te hoge snelheid is de meest genoemde verklaring voor een ongeval bij wegwerkzaamheden. Er is echter weinig systematisch onderzoek uitgevoerd naar de manier waarop ongevallen bij werk in uitvoering ontstaan, in termen van opeenvolgende gedragingen die aan een dergelijk ongeval voorafgingen. Daarnaast is bij een groot deel van de ongevallen bij werk in uitvoering de directe relatie met werk in uitvoering onduidelijk.

Kop-staartbotsingen vormen het grootste deel van de ongevallen bij werk in uitvoering. Deze ongevallen komen bij werk in uitvoering veel vaker voor dan in de situatie zonder wegwerkzaamheden. Een verklaring hiervoor is de hogere variantie in snelheid bij wegwerkzaamheden. Opvallend is dat het ongevallenpatroon binnen de bebouwde kom afwijkend is van buiten de bebouwde kom. Omdat de wegen in stedelijke gebieden niet hoofdzakelijk een stroomfunctie, maar ook een ontsluitingsfunctie hebben, zijn er meer kruisingen. Hierdoor zijn er andere soorten conflicten. Dit beeld wordt bevestigd door een studie waarin naar voren komt dat flankongevallen het grootste aandeel hebben, kop-staartongevallen vormen de tweede grootste groep.

Over het algemeen is de uitkomst van de studies dat er tijdens wegwerkzaamheden meer ongevallen plaatsvinden met vrachtwagens. Dit is ten eerste te verklaren door de grotere breedte van de vrachtwagens. Vaak gaan wegwerkzaamheden gepaard met een versmalling van de rijbaan of met verlegging van de rijas. Hier hebben chauffeurs van grotere voertuigen meer hinder van. Daarnaast hebben grotere en meestal dus ook zwaardere voertuigen een langere remweg, waardoor chauffeurs van vrachtverkeer in de bijzondere omstandigheden van wegwerkzaamheden minder tijd hebben om te anticiperen op onverwachte situaties.

De werkruimte is het meest risicovolle gebied van de werkzaamheden. Binnen de bebouwde kom zijn de locaties waar verkeer vanaf een zijweg een doorgaande weg met een werkvak op komt rijden relatief risicovol. Over het algemeen geldt dat als een werkvak langer is, het risico in de voorwaar-

schuwings- en transitieruimte lager is. Dit hangt samen met de hoeveelheid veiligheidsmaatregelen die getroffen wordt.

Geconcludeerd kan worden dat Aandreasstrips en botsabsorbers het risico op ongevallen verminderen, en daarnaast de ernst van ongevallen verlagen. Barriers verlagen de kans dat een weggebruiker de werkruimte binnendringt, maar verhogen het risico op een ongeval met een teruggekaatst voertuig. Fysieke barriers moeten daarom alleen geplaatst worden als deze strikt noodzakelijk zijn. Het verlagen van de maximumsnelheid leidt vaak tot een verhoging van de variantie in de gereden snelheid. Er zijn verschillende methoden om een lagere en uniformere snelheid van de weggebruikers af te dwingen. Dynamische snelheidsinformatie over een traject voor de wegwerkzaamheden samen met het tonen van het kenteken lijkt een veelbelovende maatregel.

Ongevallen met wegwerkers gebeuren bijvoorbeeld doordat een weggebruiker met voertuig de werkruimte binnendringt. Maar ook lopen wegwerkers een groot risico wanneer ze zich buiten de afzetting begeven. Ook het werken in kleine groepjes verhoogt het risico voor de wegwerker, omdat de werkzaamheden dan minder goed zichtbaar zijn. Hierdoor passen weggebruikers hun snelheid minder goed of niet aan. Het plaatsen en weghalen van bebakening blijkt een riskante activiteit te zijn voor wegwerkers. Hoewel het aantal slachtoffers onder wegwerkers beperkt is, blijkt dat wegwerkers in vergelijking met industriële werknemers relatief onveilig werk verrichten.

Er wordt te hard gereden bij wegwerkzaamheden. Weggebruikers naderen en passeren wegwerkzaamheden met een te hoge snelheid. Over het algemeen passen bestuurders hun snelheid pas vlak voor dergelijke veranderingen in de omstandigheden aan en remmen ze vervolgens (te) hard af. Doordat het moment en de mate van afremmen per weggebruiker varieert is er bij wegwerkzaamheden een groter verschil in snelheid, hierdoor wordt het ongevalsrisico vergroot. Bestuurders denken echter wel dat ze genoeg afremmen tijdens het passeren van wegwerkzaamheden, dit kan te maken hebben met 'snelheidsgewenning'. De snelheidslimiet wordt overigens vaker overschreden naarmate deze lager is gesteld.

Het beschikbare onderzoek naar ongevallen bij werk in uitvoering geeft slechts een beperkt beeld, evenals het onderzoek naar het gedrag van weggebruikers bij werk in uitvoering. Het merendeel van de studies focust namelijk op snelwegen en autowegen, op langdurende werkzaamheden en op automobilisten of vrachtwagenchauffeurs. Om een vollediger beeld te krijgen van ongevallen bij werk in uitvoering moet er in de toekomst meer aandacht besteed worden aan lagere ordewegen, kortdurende of dynamische werkzaamheden, en fietsers, voetgangers en wegwerkers.

4. Resultaten bronnenonderzoek

Het bronnenonderzoek bestaat uit het inventariseren van de mogelijke gegevensbronnen die geraadpleegd kunnen worden in het onderzoek naar verkeersongevallen bij werk in uitvoering. De uitkomst hiervan is een lijst met bronnen (zie *Bijlage 1*). Deze bronnen zijn onderverdeeld in drie categorieën; richtlijnen, ongevalgegevens en gegevens over wegwerkzaamheden. Iedere bron is in dit hoofdstuk kort toegelicht en daarnaast is per bron beschreven wat de bruikbaarheid hiervan is in het onderzoek *Verkeersonveiligheid bij Werk in Uitvoering*.

4.1. Richtlijnen

4.1.1. CROW-richtlijnen 96, 96a en 96b⁴

Alle actoren dienen bij het werken aan de weg zorg te dragen voor een veilige werkplek (CROW, 2006). Wanneer de CROW-richtlijnen worden gevolgd, voldoet men aan deze zorgplicht. De CROW-richtlijnen 96a en 96b zijn te beschouwen als 'brancherichtlijnen' gebaseerd op de Arbowet, de Wegenverkeerswet en het Burgerlijk Wetboek. De inhoud van de CROW-publicaties 96a en 96b moet niet worden beschouwd als een wettelijk voorschrift, maar als uitwerking van de wettelijke regels en bepalingen voor veilige arbeidsomstandigheden (Arbowet en Arbobesluit) en voor een veilig gebruik van de weg (Wegenverkeerswet, Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens 1990, en Besluit Administratieve Bepalingen inzake het Wegverkeer). Er bestaat dus geen wettelijke verplichting deze CROW-richtlijnen toe te passen, maar er mag slechts gemotiveerd van worden afgeweken. De motivering is van groot belang omdat het bevoegd gezag (de arbeidsinspectie) zal toetsen of terecht van de richtlijnen is afgeweken. Is dit niet het geval dan kunnen sancties opgelegd worden, bijvoorbeeld het stilleggen van de werkzaamheden. De wegbeheerder blijft te allen tijde verantwoordelijk voor de veiligheid van de weg (SWOV, 2005). Als in de contracten (bestekken) en de vergunningen verwezen wordt naar de CROW-publicatiereeks 96a/96b, heeft toepassing van deze publicaties uiteraard wel een wettelijke basis.

De arbeidsinspectie voert op basis van het Arbobesluit inspecties uit bij wegwerkzaamheden. Volgens de SWOV (2005) blijkt bij een op de drie inspecties dat de arbeidsplaats van de wegwerker als onveilig wordt beoordeeld. Dit betekent echter niet dat een derde van de wegwerkzaamheden onveilig is: de inspecteur maakt namelijk een voorselectie van locaties waarvan bekend is of verwacht wordt dat er iets mis is (selectieve steekproef).

CROW-publicatie 96 (*Handleiding Veilig werken aan wegen*; CROW, 2003) vormt samen met de publicaties 96a en 96b een drie-eenheid. Publicatie 96 dateert van 2003 en is nog steeds actueel. CROW-publicaties 96a (maatregelen voor werk in uitvoering op autosnelwegen) en 96b (maatregelen voor werk in uitvoering op niet-autosnelwegen en wegen

⁴ Delen uit deze paragraaf zijn letterlijk overgenomen uit CROW (2006) en van de website van het CROW (www.crow.nl/wiu).

binnen de bebouwde kom) zijn in 2005 herzien en aangepast aan de veranderende praktijk. De vorige versie van 96a dateerde van 1995, die van 96b van 1998. De belangrijkste aanpassingen zijn:

- Het voorbereidingsproces is opnieuw beschreven.
- De plaats van het werk in het dwarsprofiel is nog belangrijker geworden voor de bepaling van de maatregelen.
- Er is meer aandacht voor kortdurende werkzaamheden en voor rijdende afzettingen.
- Er wordt specifiek ingegaan op het werken op (brom)fietspaden en voetpaden en op het werken op kruispunten, rotondes en vluchtstroken.
- Er wordt ingegaan op de gewijzigde snelheidsregimes bij het werken aan de weg en op de daarbij toe te passen signalering.

De nieuwe publicatiereeks 96a bestaat uit de volgende delen:

- *Beleid, proces en basisinformatie*
- *Maatregelen op autosnelwegen*
- *Omleidingen en tijdelijke bewegwijzering*
- *Specificaties voor materiaal en materieel.*

De nieuwe publicatiereeks 96b bestaat uit de volgende delen:

- *Beleid, proces en basisinformatie*
- *Maatregelen naast de rijbaan*
- *Maatregelen op de rijbaan*
- *Maatregelen op kruispunten en rotondes*
- *Maatregelen op fietspaden en voetpaden*
- *Omleidingen en tijdelijke bewegwijzering*
- *Specificaties voor materiaal en materieel.*

De herziene publicaties 96a en 96b zijn tot stand gekomen onder de verantwoordelijkheid van een groot aantal werkgroepen. Bij de herziening is gebruikgemaakt van allerlei informatie, onder andere afkomstig van specialisten op het terrein van werk in uitvoering en (andere) gebruikers van de richtlijnen. Na de herziening van de richtlijn werd het ook een belangrijke taak van de werkgroepen deze bij de doelgroep te introduceren. De jarenlange betrokkenheid van gebruikers en belanghebbenden verschaft de herziene publicaties 96a en 96b een breed draagvlak. Mede daarom worden de uitgaven algemeen als gezaghebbend erkend.

4.1.2. *RWS-richtlijn voor verkeersmaatregelen bij wegwerkzaamheden op rijkswegen*

In de *RWS-richtlijn voor verkeersmaatregelen bij wegwerkzaamheden op rijkswegen* (AVV, 2005) zijn de eisen genoemd die Rijkswaterstaat stelt aan het ontwerpen, inrichten en verwijderen van werkvakken op rijkswegen. De RWS-richtlijn is getoetst en voldoet aan de eisen die de arbeidsinspectie stelt (CROW, 2006). Deze richtlijn wordt verplicht voorgeschreven aan iedereen die werkzaamheden wil (laten) uitvoeren op wegen die in beheer en onderhoud zijn bij Rijkswaterstaat. De CROW-publicaties 96, 96a en 96b hebben voor RWS dus niet de status van richtlijnen, maar worden beschouwd als een uitstekend hulpmiddel om te komen tot toegesneden maatregelen voor het inrichten van werkvakken op rijkswegen. Ze kunnen worden gebruikt om de RWS-richtlijn te vertalen naar uniforme, op de praktijk toegesneden maatregelen.

4.2. Ongevallengegevens

4.2.1. Registratiesets

4.2.1.1. Algemeen

De registratieset is een formulier dat bij verkeersongevallen van enige betekenis door de politie wordt ingevuld ten behoeve van het verkeersongevallenbestand van AVV. Afhankelijk van de aard van een ongeval bepaalt de politie of zij naar de plaats van het ongeval komt. De politie kan voor het invullen van de registratieset de partijen en getuigen ondervragen en doet in speciale gevallen een sporenonderzoek. Op het formulier worden kenmerken van voertuigen, betrokkenen en aanrijdingen opgenomen, inclusief een situatieschets. Deze gegevens kunnen een grote rol spelen bij de bepaling welke partij (geheel of gedeeltelijk) aansprakelijk is voor de aanrijding. Het is niet zo dat de politie bepaalt wie er schuld heeft aan het ongeval. De politie stelt slechts de feiten vast. Bij ernstige ongevallen, ongevallen met een ziekenhuisgewonde of dode tot gevolg, wordt in principe naast een registratieset ook een proces-verbaal opgemaakt. Het proces-verbaal wordt in de volgende paragraaf behandeld.

Ongevallen waar de politie niet bij was, omdat ze er niet van wisten of omdat ze besloten hebben om niet naar het ongeval te gaan, worden niet geregistreerd. Van dit soort ongevallen is dus ook geen registratieset, met als gevolg dat deze ongevallen ook niet terug te vinden zijn in de ongevallenstatistieken. Dit zorgt voor een onderregistratie van ongevallen. Ongevallen met grote schade of ernstig letsel worden beter geregistreerd dan ongevallen met uitsluitend materiele schade of enkel lichtgewonden (AVV, 2003).

Registratiesets zijn, na het ondertekenen van een geheimhoudingsplicht, door de SWOV te verkrijgen via AVV, de Stichting Processen Verbaal (Stichting PV) of direct bij politiekorpsen.

4.2.1.2. Werk in uitvoering

Een van de kenmerken van een ongeval die de politie op het registratieformulier moet noteren is de eigenschap 'Bijzonderheid – Tijdelijke aard'. Hier kunnen 'wegwerkzaamheden', 'tijdelijke afzetting (deels/geheel)', 'ander ongeval', 'file' en 'anders' ingevuld worden. Met behulp van dit kenmerk kunnen ongevallen die door de politie gecodeerd zijn als 'ongeval bij werk in uitvoering' geanalyseerd worden.

Behalve door de 'reguliere' onderregistratie, wordt de registratie van ongevallen bij werk in uitvoering beïnvloed doordat de politie verschillende definities kan hanteren van een ongeval bij werk in uitvoering, of doordat de politie fouten maakt bij het registreren. Er zijn bijvoorbeeld gevallen bekend waarbij ongevallen met mensen die hun beroep uitoefenen op straat, bijvoorbeeld met vuilnismannen, geregistreerd zijn als 'werk in uitvoering'. Ongevallen die in het weggedeelte vlak voor een werkvak gebeuren worden ook niet altijd geregistreerd als 'werk in uitvoering', terwijl de wegwerkzaamheden toch de oorzaak geweest kunnen zijn. De vraag is alleen tot hoe ver voor de werkzaamheden dit geldt. Misschien wordt 'werk in uitvoering' soms ook niet gecodeerd als de werkzaamheden waarschijnlijk niet de oorzaak

van een ongeval zijn geweest. Tot slot wordt er waarschijnlijk ook soms vergeten, om het ongevalskenmerk 'werk in uitvoering' te registreren.

Bovenstaande heeft tot gevolg dat er een onderregistratie of overregistratie is van ongevallen bij werk in uitvoering. Over het algemeen wordt aangenomen dat de registratie van ongevallen bij werk in uitvoering hoger is dan voor een gemiddeld ongeval (ARROWS, 1999). Ten eerste omdat bij dit soort ongevallen de politie er eerder bij gehaald wordt, en ten tweede omdat veel van deze ongevallen plaatsvinden op snelwegen, waar de ongevallen over het algemeen beter geregistreerd worden omdat er altijd gemotoriseerde voertuigen bij betrokken zijn.

De situatieschets en de beschrijving van een ongeval en de omstandigheden uit de registratieset kunnen gebruikt worden om de toedracht van een ongeval te bepalen. Mogelijk kunnen er op basis van deze informatie al conclusies getrokken worden over het aantal en de aard van ongevallen bij werk in uitvoering.

In 2005 zijn er 166 ernstige ongevallen geregistreerd die als 'bijzonderheid – tijdelijke aard' de code 'werk in uitvoering' hebben. Twintig van deze ongevallen hadden een dodelijke afloop, de overige 146 hadden minimaal één ziekenhuisgewonde als gevolg. Van al deze ongevallen is een registratieset ontvangen van AVV. Bij nader bestuderen van de registratiesets en (voor zover aanwezig) de processen-verbaal, blijkt dat 13 van de 20 dodelijke ongevallen daadwerkelijk tijdens wegwerkzaamheden hebben plaatsgevonden. Bij de overige 7 is de relatie met werk in uitvoering niet duidelijk of waarschijnlijk niet aanwezig. Schrock et al. (2004) melden een soortgelijke bevinding. Op basis van een diepteanalyse van 77 dodelijke ongevallen bij wegwerkzaamheden in Texas (VS) concluderen zij dat slechts 8% van de ongevallen direct beïnvloed zijn door de wegwerkzaamheden. Na het bestuderen van politierapporten en data over de wegwerkzaamheden blijkt bij 39% van deze ongevallen de invloed indirect te zijn. 45% van de ongevallen schijnt niet beïnvloed te zijn door de wegwerkzaamheden, terwijl de ongevallen wel geregistreerd zijn als 'ongeval bij werk in uitvoering'.

Een andere methode die gebruikt is om ongevallen bij werk in uitvoering te selecteren is het systematisch doorzoeken van de gedigitaliseerde registratiesets op bepaalde woorden. Voor 2005 zijn alle registratiesets van dodelijke ongevallen doorzocht op de woorden 'werk', 'uitvoering' of 'afzetting'. Een snelle scan van de gevonden registratiesets levert vijf ongevallen op. Dit betreffen vijf andere ongevallen dan de twintig dodelijke ongevallen die geregistreerd zijn als 'werk in uitvoering'. Bij nader bestuderen van deze registratiesets blijkt dat slechts één ongeval bij werk in uitvoering plaats heeft gevonden. Bij de overige vier is de relatie met werk in uitvoering niet duidelijk of waarschijnlijk niet aanwezig.

Na de eerste analyse van de registratiesets is gebleken dat de beschrijving van de ongevallen in vrijwel alle gevallen niet voldoende is om gedetailleerde conclusies te trekken omtrent kenmerken op het niveau van al dan niet goed geplaatste bebording of bebakening. De informatie uit de registratiesets kan wel gebruikt worden voor het selecteren van ongevallen en het indelen in bepaalde categorieën, bijvoorbeeld op basis van ongevalskenmerk of wegkenmerk. Op basis hiervan kunnen globale

conclusies getrokken worden over de aard van ongevallen bij werk in uitvoering.

4.2.2. *Ongevallenregistratie BRON*

4.2.2.1. Algemeen

Het verkeersongevallenbestand wordt gemaakt door de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat op basis van de door de politie aangeleverde registratieformulieren. Met de introductie van BRON in 2004 is AVV overgestapt op een andere werkwijze. De codering van het bestand volgt de informatie in het registratieformulier. Onderdeel van het verwerkingsproces is het koppelen van de ongevallen aan het Nationaal Wegenbestand (NWB). Met BRON zijn de ongevallengegevens uit de periode 1987-2005 te analyseren. BRON is de opvolger van 'Ongevallen en Netwerk'. Met 'Ongevallen en Netwerk' zijn de ongevallengegevens uit de periode 1976-2003 te analyseren. Het ongevallenbestand is bereikbaar via de website van de SWOV. Met behulp van het programma Cognos kunnen allerlei soorten analyses uitgevoerd worden.

4.2.2.2. Werk in uitvoering

BRON kan gebruikt worden om de geregistreeerde informatie te analyseren. Met behulp van BRON kan de informatie uit de registratiesets gebruikt worden om globale conclusies te trekken over de aard van ongevallen bij werk in uitvoering.

4.2.3. *Processen-verbaal*⁵

4.2.3.1. Algemeen

Een proces-verbaal (PV) wordt opgesteld door de politie. In een PV worden inlichtingen en eigen vaststellingen van de politie en eventueel verklaringen van een verhoorde partij weergegeven. De bedoeling van een PV is het verzamelen en bewaren van informatie die wordt doorgegeven aan het parket met oog op de bewijsvoering van strafbare feiten. Bij de behandeling van een rechtszaak hecht de rechter veel waarde aan de processen-verbaal die het parket via de verbalisanten heeft verzameld (Folmer, 2004).

Het bovenstaande betekent dat bij verkeersongevallen in principe alleen een PV opgesteld wordt als er iemand vervolgd kan worden. Als de verdachte bij een verkeersongeval overlijdt, wordt er dus niet altijd een PV opgemaakt. In sommige gevallen wordt er naast een PV ook een verkeersongevallen-analyse opgesteld. Dit is een analyse op basis van sporen, waarin geconcludeerd wordt wat zich heeft afgespeeld vanaf even vóór het ongeval tot net na het ongeval (*Paragraaf 4.2.4*).

PV's zijn, na het ondertekenen van een geheimhoudingsplicht, voor de SWOV te verkrijgen via de Stichting PV, direct bij politiekorpsen of via de officier van justitie die de zaak onder behandeling heeft. In principe heeft de Stichting PV alle PV's van verkeersongevallen waarbij ziekenhuisgewonden of doden zijn gevallen. Er is echter een aantal uitzonderingen:

⁵ Delen uit deze paragraaf zijn letter overgenomen uit Folmer (2004).

- Niet alle rapporten/PV's van dodelijke ongevallen worden naar de Stichting PV gestuurd, bijvoorbeeld in geval van misdrijven (zoals joyriding of alcoholmisbruik).
- Het rapport/PV is (nog) niet ontvangen door de Stichting PV omdat deze nog niet is afgerond.
- Overige fouten / administratieve oorzaken.

De bewaartermijn van een PV bij de Stichting PV is twee jaar, daarna wordt een PV vernietigd.

4.2.3.2. Werk in uitvoering

Door de bewaartermijn van twee jaar is het niet mogelijk om PV's op te vragen van voor 2005. In het retrospectieve onderzoek kan dus geen lange tijdreeks van ongevallen bij werk in uitvoering plaatsvinden. Er wordt alleen gekeken naar de PV's van ernstige ongevallen, onder andere vanwege de relatief ernstige afloop. Verder ontstaat er door de hoge registratiegraad van ernstige ongevallen (AVV, 2003) een zo compleet mogelijk beeld van dit type ongevallen bij werk in uitvoering. In verband met de lage registratiegraad zijn de ongevallen met lichtgewonden en uitsluitend materiële schade buiten beschouwing gelaten.

In totaal zijn er 166 ernstige ongevallen geregistreerd bij werk in uitvoering in 2005. Voor 79 van deze ongevallen is volgens de registratieset een PV opgemaakt. Van deze 79 ongevallen zijn er 48 PV's ontvangen van de Stichting PV. Daarnaast zijn er 12 PV's ontvangen van ongevallen waarvan niet op de registratieset was aangegeven dat er een PV was opgemaakt. In totaal zijn dus 60 PV's ontvangen van de Stichting PV. Hiervan hadden 11 betrekking op dodelijke ongevallen, en 49 op ongevallen met ten minste één ziekenhuisgewonde.

Van een dertigtal ongevallen (79 minus 48) is volgens de registratieset wel een PV opgemaakt, maar is geen PV ontvangen. Daarvoor kunnen de volgende redenen zijn:

- Het PV is niet afgemaakt, waardoor er wel een PV-nummer, maar geen PV is.
- Het PV is niet opgestuurd aan de Stichting PV, maar is in bezit van een politiekorps.
- Het PV is wel in bezit van de Stichting PV, maar kan (nog) niet aan het juiste ongeval gekoppeld worden.

Daarnaast is er van een deel van de ongevallen geen PV opgemaakt, hiervan is dan ook geen PV-nummer.

Er wordt getracht meer PV's te krijgen van de ongevallen die wel een PV-nummer hebben. In eerste instantie via de Stichting PV, maar mocht dit niet voldoende PV's opleveren dan kan er contact opgenomen worden met de afzonderlijke politieregio's en officieren van justitie.

4.2.4. Verkeersongevallenanalyse⁶

4.2.4.1. Algemeen

In sommige gevallen wordt er naast een PV ook een verkeersongevallenanalyse (VOA) opgesteld. Deze wordt in het PV opgenomen. Hiervoor wordt de Technische Ongevallendienst (TOD) ingeschakeld. De TOD is een onderdeel van de verkeerspolitie en heet in sommige korpsen de dienst Verkeersongevallenanalyse. De dienst Verkeersongevallenanalyse wordt ingezet op basis van vaste criteria (Folmer, 2004). In theorie is zo'n criterium het vermoeden van een misdrijf op basis van art. 6 van de Wegenverkeerswet. Aan dit misdrijf ligt altijd een overtreding van een ander artikel ten grondslag. In de praktijk worden de analisten meestal ingeschakeld in de volgende gevallen, de 'inzetcriteria':

- minimaal één geval van zwaar lichamelijk letsel;
- verscheidene gewonden;
- minimaal één geval van dodelijk letsel;
- zware materiële schade.

Ieder regiokorps heeft een dienst Verkeersongevallenanalyse. Ook het Korps Landelijke Politiediensten heeft een eigen dienst verkeersongevallenanalyse die in principe alle ernstige ongevallen op rijkswegen behandelt. Bij grootschalige ongevallen wordt het Landelijk Verkeers Bijstands Team ingezet.

Tijdens het onderzoek door de dienst Verkeersongevallenanalyse wordt het ongeval gereconstrueerd. Op basis van sporen wordt geconcludeerd wat zich heeft afgespeeld vanaf even vóór het ongeval tot net na het ongeval. De volgende zaken worden vastgelegd tijdens het onderzoek ter plaatse:

- de wegsituatie;
- de zichtvelden van de bestuurders net voor en ten tijde van het ongeval;
- de eindpositie van alle betrokken voertuigen;
- alle rem-, contact- en slipsporen veroorzaakt door betrokken voertuigen, slachtoffers en objecten;
- alle contactpunten tussen betrokken voertuigen, slachtoffers en objecten;
- de letsels die de slachtoffers hebben opgelopen ten gevolge van het ongeval;
- alle maten en coördinaten van voertuigen en sporen ten opzichte van het wegvak waar het ongeval heeft plaatsgevonden;
- de onderdelen die zijn losgekomen van betrokken voertuigen, slachtoffers en objecten;
- alle andere details die aanwijzingen geven voor de omstandigheden waarin het ongeval heeft plaatsgevonden.

Het gebeurt nog wel eens dat de dienst te laat of niet wordt opgeroepen waar dit volgens de inzetcriteria wel wenselijk zou zijn. Dit kan een veroordeling van daders van strafbare feiten in de weg staan.

Naast de dienst Verkeersongevallenanalyse kan ook de Onderzoeksraad voor Veiligheid worden ingeschakeld. De onderzoeksraad heeft niet als doel om een schuldige of aansprakelijke aan te wijzen, maar om de oorzaken van

⁶ Delen uit deze paragraaf zijn letterlijk overgenomen uit Folmer (2004).

een ongeval te destilleren en daaruit lering trekken. Hier volgen eventueel aanbevelingen uit, die, als ze worden omgezet in maatregelen, zorgen voor de verbetering van de verkeersveiligheid.

4.2.4.2. Werk in uitvoering

Van de 60 ontvangen PV's bevatten er 24 een VOA. Van de 11 PV's van dodelijke ongevallen bevatten 6 een VOA. Van de 49 PV's van ongevallen met ten minste één ziekenhuisgewonde bevatten 18 een VOA.

4.2.5. Databases aannemers

Sommige aannemers hebben systemen om de veiligheid van hun werkzaamheden te monitoren. Bij een meldpunt kunnen dan ongevallen, bijna-ongevallen of gevaarlijke situaties gemeld worden. Ook zijn er initiatieven waarbij er van dit soort gevallen een formulier wordt ingevuld en bewaard.

Uit gesprekken met enkele aannemers is geconcludeerd dat dit soort gegevensbronnen niet voldoende informatie verschaft over ongevallen bij werk in uitvoering. Als er al een systeem is waarin ongevallen of bijna-ongevallen geregistreerd worden, dan worden deze niet consequent gevuld. Werknemers komen in verband met de werkdruk niet toe aan het melden van alle gevaarlijke situaties, laat staan aan het invullen van een formulier bij elk bijna-ongeval of gevaarlijke situatie. Ongevallen met letsel bij een wegwerker komen zelden voor; deze worden wel geregistreerd. Ongevallen met verkeer worden over het algemeen niet geregistreerd. Als er schade is voor de aannemer wordt dit wel geregistreerd, maar vaak wordt er gewerkt met onderaannemers. Hierdoor is het achterhalen van gegevens via aannemers waarschijnlijk erg tijdrovend, en de vraag is of dit voldoende resultaat oplevert.

4.3. Gegevens over wegwerkzaamheden

4.3.1. Meldwerk

De Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) houdt in het bestand 'Meldwerk' overzichten bij van wegwerkzaamheden op het rijkswegennet. De database bevat per werkzaamheid een groot aantal kenmerken.

Informatie over de weg en de locatie:

- wegbeheerder;
- wegnummer;
- locatie op de weg (hectometeraanduiding van begin en eind);
- welke rijbaan (links of rechts).

Informatie over de werkzaamheden en duur:

- gepland begin- en eindtijdstip;
- werkelijk begin- en eindtijdstip;
- type werkzaamheden;
- type afzetting (conform CROW-richtlijn 96a);
- maximumsnelheid.

Wegbeheerders moeten wegwerkzaamheden bij Rijkswaterstaat aanmelden, het bestand wordt niet automatisch gevuld. Alle soorten wegwerk staan hierin vermeld, van het maaien van de berm tot volledige afsluiting van de rijbaan voor reconstructie. Meldwerk is gekoppeld aan het Nationaal Wegenbestand (NWB). Gegevens uit Meldwerk zijn te verkrijgen via AVV. De kwaliteit van de data uit Meldwerk is echter beperkt omdat niet alle wegbeheerders alle wegwerkzaamheden consequent melden. Met name kortdurende afzettingen werden niet altijd aangemeld (SWOV, 2005). De gegevens binnen Meldwerk reiken slechts tot een beperkte periode terug en geven bijvoorbeeld geen zekerheid over een eventuele rijstrookvermindering tijdens de werkzaamheden (Van Veenendaal et al., 1999).

Doordat Meldwerk en BRON beide gekoppeld zijn aan het NWB kunnen de bestanden ook aan elkaar gekoppeld worden. Hiermee kunnen ongevallen geselecteerd worden die tijdens en op de locatie van wegwerkzaamheden plaatsgevonden hebben. VIA (1999) heeft dit in haar onderzoek ook gedaan voor rijkswegen in Limburg in 1998-1999. Dit leverde 16 ongevallen meer op dan de politieregistratie (op een totaal van 106 ongevallen was dit 15%). Dit totaal betreft echter voornamelijk ongevallen met UMS en lichtgewonden (92%). Het is niet bekend of er ook ernstige ongevallen zitten tussen deze 16 ongevallen.

De koppeling levert voor 2005 voor alle Nederlandse rijkswegen zes dodelijke ongevallen op (volgens de politieregistratie waren dat er drie). De zes gevonden ongevallen zijn ook andere dan de twintig dodelijke ongevallen uit de politieregistratie (voor alle typen wegen). Nadere bestudering van de registratiesets (en de PV's indien aanwezig) leert echter dat slechts een van de zes gevonden ongevallen daadwerkelijk bij werk in uitvoering heeft plaatsgevonden. Bij de overige ongevallen waren de gegevens over de werkzaamheden waarschijnlijk fout ingevuld in Meldwerk. Deze werkzaamheden hebben waarschijnlijk niet echt over de hele ingevulde periode en over het hele traject plaatsgevonden (zie volgende alinea).

Uit het bestand van Meldwerk over 2005 blijkt dat de nauwkeurigheid te wensen overlaat. Door de manier van invoeren kunnen kortdurende dynamische werkzaamheden over een traject, langdurende statische werkzaamheden over het gehele traject lijken. In sommige gevallen is bijvoorbeeld voor een heel jaar over een groot gedeelte van een weg een werkzaamheid ingevoerd. Dit blijken maaiwerkzaamheden te zijn. Verder is er een groot aantal vreemde records gevonden, zoals werkzaamheden die eerder afgelopen zijn dan dat ze begonnen zijn of over een zeer grote lengte zijn uitgevoerd (200 kilometer op één weg). Daarnaast kunnen er vraagtekens gezet worden bij de volledigheid van Meldwerk. Ofschoon er 36888 records zijn is het twijfelachtig of alle wegbeheerders al hun werkzaamheden en werkzaamheden uitgevoerd door derden op hun wegen aanmelden.

4.3.2. *Databases aannemers*

Uit het contact met een grote aannemer bleek dat er wel bijgehouden wordt waar en wanneer er gewerkt wordt, maar dat dit niet centraal gebeurt. Er is dus niet eenvoudig een overzicht te maken van waar en wanneer wat voor soort werkzaamheden plaats hebben gevonden en wat voor soort afzettingen er daarbij gebruikt zijn. Bijkomend probleem is dat er talloze

aannemers zijn en er dus ook gegevens van evenzoveel aannemers verzameld moeten worden om een volledig beeld te krijgen van alle werkzaamheden die er plaatsvinden.

4.3.3. *Databases wegbeheerders*

Rijkswaterstaat is de enige wegbeheerder die het bijhouden van wegwerkzaamheden op zijn wegen groots heeft aangepakt. Kleinere wegbeheerders hebben niet zo'n soort systeem. Bijkomend probleem is dat er vele wegbeheerders zijn, en er voor een volledig beeld van alle werkzaamheden dus ook gegevens van evenzoveel wegbeheerders verzameld moeten worden.

4.3.4. *Databases hulpdiensten*

Hulpdiensten hebben over het algemeen een overzicht van wegafsluitingen. Sommige soorten wegafzettingen moeten gemeld worden bij de politie. Dit geldt echter niet voor kleinere soorten werkzaamheden. Bovendien is ook hier het probleem dat er talloze hulpdiensten zijn en er, voor een volledig beeld van alle werkzaamheden, van al deze hulpdiensten gegevens verzameld moeten worden.

5. Evaluatie

In dit hoofdstuk wordt besproken welke implicaties de resultaten van dit literatuur- en bronnenonderzoek heeft voor het retrospectief onderzoek naar ongevallen bij wegwerkzaamheden.

5.1. Opzet retrospectief onderzoek

De centrale vraag in het onderzoek naar ongevallen bij wegwerkzaamheden in Nederland is: Welke locaties en omstandigheden bij werk in uitvoering hebben in het recente verleden geleid tot ongevallen? Om een antwoord te vinden wordt in de eerste plaats gebruikgemaakt van de ongevallenregistratie in BRON. Hierin worden alle ernstige ongevallen uit 2005 geselecteerd waarbij de politie op het registratieformulier heeft aangegeven dat deze tijdens de tijdelijke bijzonderheid 'werk in uitvoering' hebben plaatsgevonden. Daarnaast worden processen-verbaal en verkeersongevallenanalyses van ongevallen bij WiU gebruikt om met gedetailleerde kenmerken van locaties en omstandigheden mogelijke oorzaken van de ongevallen te vinden.

Op basis van het bronnenonderzoek besluit de SWOV om de periode van de te onderzoeken ongevallen te beperken tot 2005. Eerdere ongevallen worden niet bestudeerd, omdat daar door de bewaartermijn van twee jaar geen PV's meer van te verkrijgen zijn. Latere ongevallen worden in eerste instantie ook niet bestudeerd, omdat de ongevalgegevens uit de politieregistratie van 2006 pas in de loop van het tweede kwartaal van 2007 bekend gemaakt worden. Hierdoor kunnen de ongevallen bij werk in uitvoering niet op tijd geselecteerd worden en ook niet opgevraagd worden bij de Stichting PV. Bijkomend probleem is dat een deel van de PV's van 2006 ook medio 2007 nog niet afgerond is .

Alleen ernstige ongevallen bij werk in uitvoering worden bestudeerd. Niet alleen vanwege de ernst van de afloop, maar ook vanwege de hoge registratiegraad van dit type ongevallen (AVV, 2003), waardoor een zo compleet mogelijk beeld van dit type ongevallen ontstaat. In verband met de lage registratiegraad worden ongevallen met lichtgewonden en uitsluitend materiële schade buiten beschouwing gelaten.

In 2005 zijn er 166 ernstige ongevallen geregistreerd bij werk in uitvoering. Van deze ongevallen zijn bij de Stichting PV de processen-verbaal opgevraagd. Van 60 van de ongevallen is een proces-verbaal beschikbaar en van 24 ongevallen ook een verkeersongevallenanalyse.

5.2. Afbakening retrospectief onderzoek

Zoals in *Paragraaf 1.1* is te lezen was het doel om het retrospectieve onderzoek af te bakenen aan de hand van:

- type wegwerkzaamheden;
- wegcategorie;
- locatie van de werkzaamheden (binnen / buiten de bebouwde kom);
- tijdstip (maand, weekday en tijdstip op de dag / dag-nacht);

- weersomstandigheden;
- toegepaste (verkeers)veiligheidsmaatregelen.

Door deze afbakening zouden er echter te weinig ongevallen overblijven om significante uitspraken te kunnen doen. Daarom is er achteraf voor gekozen om het onderzoek niet op bovenstaande manier af te bakenen, maar naar de hele selectie met als tijdelijke bijzonderheid 'werk in uitvoering' te kijken. Op basis van de literatuurstudie wordt er binnen de geselecteerde ongevallen wel specifiek gekeken naar enkele ongevalskenmerken en kenmerken van de wegvakken:

- duidelijke relatie van het ongeval met de werkzaamheden;
- onderscheid binnen/buiten de bebouwde kom;
- onderscheid dag/nacht;
- type afzetting (verschil kort- en langdurende werkzaamheden);
- betrokkenheid van vrachtwagens.

5.3. **Discussie**

Bai & Li (2006) concluderen in hun literatuurstudie dat er in de VS bij de wegbeheerders van de staten (Departments of Transport) een gebrek is aan databases die voldoende informatie bevatten ongevallen bij werk in uitvoering goed te kunnen onderzoeken. Zo zijn er geen gekoppelde databases met gegevens over de ongevallen en gegevens over de wegwerkzaamheden. Deze worden, als ze al opgeslagen worden, in aparte databases opgeslagen. Het koppelen van ongevallen met het wegvak is onhandig of zelfs onmogelijk. Hierdoor kan het zijn dat belangrijke factoren die in de VS een rol spelen bij ongevallen bij wegwerkzaamheden onbekend blijven.

Bovenstaand probleem speelt ook in Nederland. Ook hier is er geen bestand waarmee ongevallen en ongevalgegevens gekoppeld kunnen worden aan de gegevens van de wegwerkzaamheden. Er is geen database met volledige en betrouwbare gegevens over wegwerkzaamheden. Het systematisch bijhouden van zo'n soort database, en het mogelijk maken van een koppeling daarvan met het ongevallenbestand, zou het onderzoek naar de invloed van wegwerkzaamheden op verkeersongevallen vergemakkelijken.

Literatuur

ARROWS (1999). *Road Work Zone. Behavioural Studies, Accident Studies and Research Methods*. Deliverable 2 of ARROWS: Advanced Research on Road Work Zone Safety Standards in Europe. Department of Transportation Planning and Engineering DTPE, National Technical University of Athens NTUA, Athens.

AVV (2003). *Verkeersongevallen in Nederland 2002*. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.

AVV (2004). *Monitor verkeersveiligheid rijkswegen Zuid-Holland 2003*. Verkeersadviesbureau Diepens en Okkema, Delft.

AVV (2005). *RWS-richtlijn voor verkeersmaatregelen bij wegwerkzaamheden op rijkswegen*. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.

Bai, Y. & Li, Y. (2006). *Determining major causes of highway work zone accidents in Kansas*. K-Tran: KU-05-1. Kansas Department of Transportation, Lawrence, KA.

Bryden, J.E. & Andrew, L.B. (1999). *Serious and fatal injuries to workers on highway construction projects*. In: Transportation Research Record 1657, p. 42-47. Transportation Research Board TRB, National Research Council NRC, Washington DC.

Bryden, J.E., Andrew, L.B. & Fortuniewicz, J.S. (1998). *Work zone traffic accidents involving traffic control devices, safety features, and constructions*. In: Transportation Research Record 1650, p. 71-81. Transportation Research Board TRB, National Research Council NRC, Washington DC.

CROW (2003). *Handleiding Veilig werken aan wegen 2003*. Publicatie 96. C.R.O.W. kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

CROW (2005). *Werk in Uitvoering*. Diverse richtlijnen; Publicatiereeksen 96a en 96b. C.R.O.W. kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

CROW (2006). *Status beleidsrichtlijnen en CROW richtlijnen 96a/96b*. C.R.O.W. kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

Daniel, J., Dixon, K. & Jared, D. (2000). *Analysis of fatal crashes in Georgia work zones*. In: Transportation Research Record 1715, p. 18-23. Transportation Research Board TRB, National Research Council NRC, Washington DC.

Dewar, R.E. & Hanscom, F.R. (2002). *Highway work zones*. In: Human factors in traffic safety. Dewar, R.E. & Olson, P.L. (eds.), p. 525-556. Lawyers & Judges, Tucson.

Elvik, R & Vaa, T. (eds.) (2004). *The handbook of road safety measures*. Pergamon, Amsterdam [etc.].

FHWA (2000). *Manual on uniform traffic control devices (MUTCD)*. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration FHWA, Washington, DC.

Folmer, R. (2004). *Verkeersongevallenanalyse; het terugdraaien van de film*.

Freeman, M., Mitchell, J. & Coe, G.A. (2004). *Safety performance of traffic management at major motorway road works*. TRL report 595. Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne.

Garber, N.J. & Zhao, M. (2002a). *Distribution and characteristics of crashes at different work zone locations in Virginia*. In: Transportation Research Record 1794, p. 19-25. Transportation Research Board TRB, National Research Council NRC, Washington DC.

Garber, N.J. & Zhao, M. (2002b). *Crash characteristics at work zones*. Virginia Transportation Research Council VTRC, Charlottesville.

Geluk, L., Broecks, J., Koster, J. & Kaasenbrood, R. (2003). *Dynamische snelheidsinformatie bij wegwerkzaamheden werkt! Effect getest in Noord-Brabant*. In: Verkeerskunde, Vol. 54, Nr. 2, p. 48-53.

Hagenzieker, M.P. (1998). *Verkeersonveiligheid bij werk in uitvoering; Een oriënterend onderzoek naar verkeersongevallen en gedrag van wegwerkers en verkeersdeelnemers*. R-98-35. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, Leidschendam.

Haworth, N., Symmons, M. & Mulvihill, C. (2002). *Safety of small workgroups on roadways*. Monash University, Accident Research Centre MUARC. Clayton, Victoria.

Haworth, N., Symmons, M. & Mulvihill, C. (2003). *The safety of small workgroups working on or near the roadway*. In: Transport: our highway to a sustainable future. Proceedings of the 21st ARRB and 11th REAAA Conference, 18-23 May, Cairns.

Hayes, M.R., Taylor, P.J. & Bowman, H.C.R. (1994). *A study of the safety performance of major motorway roadwork layouts*. Project Report PR 81, Transport Research Laboratory TRL, Crowthorne.

Khattak, A.J., Khattak, A.J. & F.M. Council (2002). *Effects of work zone presence on injury and non-injury crashes*. In: Accident Analysis and Prevention, Vol. 34, Nr. 1, p. 19-29.

Martens, M.H. & Brookhuis, K.A. (1998). *4-0 en 3-1 contraflow-systemen: effecten op rijgedrag*. Rapport TNO-TM 1998 C-049. TNO Technische Menskunde, Soesterberg.

Mohan, S.B. & Zech, W.C. (2006). *Characteristics of traffic accidents in highway work zones*. In: ITE Journal on the web. Vol. 76, Nr. 4, p. 73-78.

Nilsson, L. & Nyberg, A. (1998). *Road user behaviour at work zones; Summary of literature review*. Paper and presentation Advanced Research On Road Work zone Safety Standard in Europe ARROWS Workshop, Athens, 24-25 November 1997. Swedish Road and Transport Research Institute VTI, Linköping.

- Paaswell, R.E., Roupail, N.M., Baker, R.F. & Kamga, C. (2006). *Identification of traffic control devices for mobile and short duration work operations*. FHWA-NJ-2006-006. Federal Highway Administration FHWA, U.S. Department of Transportation DOT / University Transportation Research Center (UTRC). Washington D.C./ New York.
- Rumar, K (1999). *Transport safety visions, targets and strategies: beyond 2000. The first European transport safety lecture*. European Transport Safety Council ETSC, Brussels.
- Sayer, J.R. & Mefford, M.C. (2004). *High-visibility safety apparel and the nighttime conspicuity of pedestrians in work zones*. In: Journal of Traffic Safety Research, Vol. 35, p. 537-546.
- Schrock, S.D., Ullman, G.L., Cothron, A.S., Kraus, E. & Voigt, A.P. (2004). *An analysis of fatal work zone crashes in Texas*. Texas Transportation Institute TTI, Texas A & M University, College Station.
- SWOV (2005). *Verkeersveiligheid bij werk in uitvoering*. SWOV-Factsheet mei 2005. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, Leidschendam.
- Swuste, P. & Heijer, T. (1999). *Onderzoek (on)veiligheid wegwerkers; Rapportage van het onderzoek*. Arbouw, Amsterdam.
- Tsyganov, A.R., Mohan, D.N. & Machemehl, R.B. (2005). *Analysis of accident statistics on urban arterial street work zones*. In: Proceedings of the 12th World Congress on Intelligent Transport Systems (ITS), 6-10 November 2005, San Francisco.
- Twisk, D. (2006). *Education to improve road safety around work zones: outcomes from PREVENT*. Presentation at the 3rd International Conference on Safety 12-15 September 2006.
- Ullman, G.L., Finley, M.D. & Ullman, B.R. (2006). *Analysis of crashes at active night work zones in Texas*. In: Compendium of papers presented at the 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board TRB, 22-26 January 2006. Washington, DC.
- Veenendaal, A.F.M. van, Mesken, J. & Klem, E. (1999). *Aktiewagens en Andreasstrips: een onderzoek naar veiligheids- en gebruiksaspecten*. TT 99-66. Traffic Test, Veenendaal.
- Venugopal, S. & Tarko, A. (2000). *Safety models for rural freeway work zones*. In: Transportation Research Record 1715, p. 1-9. Transportation Research Board TRB, National Research Council NRC, Washington DC.
- Verkeerskunde (2006). Nieuwsbericht: *Snelheidssignalering op kenteken bij wegwerkzaamheden*. Van website Verkeerskunde www.verkeerskunde.nl, 4 oktober 2006.
- VIA (2001). *Ongevallen bij wegwerkzaamheden rijkswegen Directie Limburg, periode 1998-1999; Eindrapportage*. R04. VIA Verkeersadvisering, Vught.

Bijlage 1

Bronnen voor verder onderzoek

Richtlijnen

CROW (2003). *Handleiding Veilig werken aan wegen 2003*. Publicatie 96. C.R.O.W. kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

CROW (2005). *Werk in Uitvoering*. Diverse richtlijnen; Publicatierreeksen 96a en 96b. C.R.O.W. kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

CROW (2006). *Status beleidsrichtlijnen en CROW richtlijnen 96a/96b*. C.R.O.W. kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur, Ede.

Website CROW (CROW-richtlijnen). www.crow.nl/wiu

AVV (2005). *RWS-richtlijn voor verkeersmaatregelen bij wegwerkzaamheden op rijkswegen*. Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.

Ongevallengegevens

Folmer, R. (2004). *Verkeersongevallenanalyse; het terugdraaien van de film*. Januari 2007 gedownload van verkeersongevallenanalyse.startpagina.nl.

Website SWOV (ongevallendatabase BRON). www.swov.nl

Website Stichting Processen Verbaal. www.stichtingpv.nl

Gegevens over wegwerkzaamheden

Bestand Meldwerk van AVV.

Bijlage 2

Resultaten literatuurstudie Garber & Zhao

Onderwerp	Resultaten ongevallenstudies	Opmerkingen
Ongevalskans	1,2,3,4,5: toename na voorperiode	Resultaten zijn consistent en laten een stijging van de ongevalskans bij wegwerkzaamheden zien
	3,6: hoger bij wegwerkzaamheden	
Ongevalslocatie	4,9,11: voornamelijk in de werkruimte of in de vrije ruimte naast de werkruimte	10 is inconsistent met de andere studies
	10: voornamelijk in de vrije ruimte naast de werkruimte	
Kop-staartbotsingen	1,2,3,4,5,8,9,10,11: meest voorkomende botsingstype	Resultaten zijn consistent
Botsingen met meer dan één voertuig	1,2,3,7: oververtegenwoordigd bij wegwerkzaamheden	Resultaten zijn consistent
Ongevalsernst	4,7: ernstiger	Resultaten zijn inconsistent
	1,3: geen significante verschillen	
	2,5,8,9,10: ongevallen bij wegwerkzaamheden iets minder ernstig	
Ongevalsernst tijdens duisternis	4: ernstiger	Resultaten zijn consistent
	5: minder ernstig dan overdag	
Ongevalslocatie tijdens duisternis	5,12: vooral geconcentreerd voor het nulpunt	Resultaten zijn consistent
Ongevalsernst van ongevallen met zware voertuigen	4: ernstiger	Slechts 1 studie bekeken
Botsingstype verdeling tijdens duisternis	8: eenzijdige ongevallen tegen een vast object	Slechts 1 studie bekeken
Botsingen met meer dan één voertuig tijdens duisternis	8: eenzijdige ongevallen zijn dominant	Slechts 1 studie bekeken

Tabel A. *Samenvatting van de resultaten van studies naar ongevallen bij werk in uitvoering (uit Garber & Zhao, 2002b). De nummers verwijzen naar de referenties hieronder.*

- Hall, J.W. & Lorenz, V.M. (1989). *Characteristics of construction-zone accidents*. In: Transportation Research Record 1230, pp. 20-27. Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Rouphail, N.M., Yang, Z.S. & Frazio, J. (1988). *Comparative study of short- en long-term urban freeway work zones*. In: Transportation Research Record 1163, pp. 4-14. Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Garber, N.J. & Woo, T.H. (1990). *Accident characteristics at construction en maintenance zones in urban areas*. VTRC 90-R12. Virginia Transportation Research Council, Charlottesville.
- Pigman, J.G. & Agent, K.R. (1990). *Highway accidents in construction en maintenance work zone*. In: Transportation Research Record 1270, pp. 12-21. Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Nemeth, Z.A. & Migletz, D.J. (1978). *Accident characteristics before, during, en after safety upgrading projects on Ohio's rural interstate system*. In: Transportation Research Record 672, pp. 19-23. Transportation Research Board, Washington, D.C.

Ref.	Jaar	Duur	Lengte of aantal werkvakken	Aantal ongevallen	Staat in de VS	Wegtype
1	1982-85	Gemiddeld 255 dagen	168 projecten, 172 secties, 1.045 mijl.	631	New Mexico	Rurale deel van 'interstate' en 'federal-aid primary'
2	1980-85	Onbekend	4 langetermijn-, 25 periodieke of weekendprojecten	Onbekend	Illinois	Snelwegen rond Chicago ('expressway')
3	1982-85	Doorgaans langer dan 30 dagen	26 werkvakken	Onbekend	Virginia	Stedelijke 2- en 3-strooks 'highways' met 4 of meer rijstroken zonder verhoogde middenberm
4	1983-86	4 jaar	Onbekend	2013	Kentucky	Alle
5	1973	Meestal korter dan 1 jaar	21 werkvakken, 384 mijl	151	Ohio	Rurale 'interstates'
7	1984-85	2 jaar	Onbekend	Onbekend	30	Alle
8	1982-86	Onbekend	Alle, dan 60, dan 9 projecten	Onbekend	Ohio	Alle
9	1977	1 jaar	Onbekend	1.847 van de 2.127 geselecteerde	Virginia	Alle
10	Rond 1978	28 maanden	240 mijl	185	Ohio	Ohio Turnpike

Tabel B. *Scope van de studies naar ongevallen bij werk in uitvoering (uit Garber & Zhao, 2002b)*

6. Parcell, S.C. (1986). *Vehicle accidents in rural interstate work zone*. Undergraduate Thesis, University of Virginia, Charlottesville.
7. Standing Committee on Highway Traffic Safety, American Association of State Highway en Transportation Officials (1987). *Summary report on work zone accidents*. Washington, D.C.
8. Ha, T. & Nemeth, Z.A. (1995). *Detailed study of accident experience in construction en maintenance zones*. In: Transportation Research Record 1509, pp. 38-45. Transportation Research Board, Washington, D.C.
9. Hargroves, B.T. (1981). *Vehicle accidents in highway work zones*. In: Journal of Transportation Engineering, Vol. 107, No. TE5, pp. 525-539.
10. Nemeth, Z.A. & Rathi, A. (1983). *Freeway work zone accident characteristics*. In: Transportation Quarterly, Vol. 37, No. 1, pp. 145-159.
11. Goddin, G.A. (1999). *The distribution en analysis of traffic accidents in Virginia's construction work zone*. Undergraduate Thesis, University of Virginia, Charlottesville.
12. Richards, S.H. & Faulkner, M.S. (1981). *An evaluation of work zone traffic accidents occurring on Texas highways in 1977*. FHWA-TX-81-263. Texas Transportation Institute, College Station.

Bijlage 3

Indeling van een werkvak



Afbeelding A. Werkvak op een autosnelweg.

Uit CROW (2005).

Afbeelding B. Werkvak op een niet-autosnelweg of een weg binnen de bebouwde kom met tweerichtingsverkeer.