

# Risico-analyse op gewestwegen buiten de bebouwde kom

## Deel I: Literatuurstudie

*Frank Van Geirt*

PROMOTOR ▶ Rob Cuyvers  
ONDERZOEKSLIJN ▶ infrastructuur en ruimte  
ONDERZOEKSGROEP ▶ PHL, LUC, VUB, Vito  
RAPPORTNUMMER ▶ RA-2004-31

**UNIVERSITAIRE CAMPUS  
GEBOUW D  
B 3590 DIEPENBEEK**

T ▶ 011 26 81 90  
F ▶ 011 26 87 11  
E ▶ [info@steunpuntverkeersveiligheid.be](mailto:info@steunpuntverkeersveiligheid.be)  
I ▶ [www.steunpuntverkeersveiligheid.be](http://www.steunpuntverkeersveiligheid.be)



# Risico-analyse op gewestwegen buiten de bebouwde kom

Deel I: Literatuurstudie

RA-2004-31

*Frank Van Geirt*

Onderzoekslijn infrastructuur en ruimte



DIEPENBEEK, 2004.

STEUNPUNT VERKEERSVEILIGHEID BIJ STIJGENDE MOBILITEIT.

## Documentbeschrijving

Rapportnummer: RA-2004-31  
Titel: Risico-analyse op gewestwegen buiten de bebouwde kom  
  
Ondertitel: Deel I: Literatuurstudie  
  
Auteur(s): Frank Van Geirt  
Promotor: Rob Cuyvers  
Onderzoekslijn: infrastructuur en ruimte  
Partner: Provinciale Hogeschool Limburg  
Aantal pagina's: 72  
Trefwoorden: verkeersveiligheid, steunpunt, gewestweg, buiten bebouwde kom, risico-analyse  
  
Projectnummer Steunpunt: 2.1  
Projectinhoud: projectinhoud steunpuntproject

Uitgave: Steunpunt Verkeersveiligheid bij Stijgende Mobiliteit, januari 2004.

Steunpunt Verkeersveiligheid bij Stijgende Mobiliteit  
Universitaire Campus  
Gebouw D  
B 3590 Diepenbeek

T 011 26 81 90  
F 011 26 87 11  
E [info@steunpuntverkeersveiligheid.be](mailto:info@steunpuntverkeersveiligheid.be)

## **Samenvatting**

Dit rapport is het eerste deel van een risico-analyse op Vlaamse gewestwegen buiten de bebouwde kom.

In hoofdstuk 1 wordt naast de doelstellingen van dit onderzoek, de onderzoeksopzet, de beperkingen van dit rapport en de onderzoeksredenen beschreven. Tevens wordt een kort overzicht gegeven op welke manier de volledige risico-analyse wordt verdergezet. Enkele verkeersveiligheidsparameters voor Vlaanderen zijn opgenomen als startwaarden voor het verdere onderzoek.

Een concrete afbakening van het onderzoeksdomein gebeurt in het tweede hoofdstuk. Hier worden tevens de belangrijkste infrastructuurkenmerken beschreven.

Vanaf het derde hoofdstuk begint het beoogde literatuuronderzoek. Eerst worden de normen in Vlaanderen onderzocht aan de hand van omzendbrieven en dienstnota's.

De internationale literatuurstudie wordt vervolgens verdergezet in het vierde hoofdstuk. Hier wordt gekeken naar landen zoals Nederland, Zweden, Verenigde Staten, Finland, e.a.

De effecten van infrastructurele maatregelen, gevonden in de internationale literatuur, worden in het hoofdstuk 5 in tabelvorm gegoten. Een opsplitsing wordt gemaakt volgens lengteprofiel, dwarsprofiel en knooppunten.

In hoofdstuk 6 worden de verschillende toetsingscriteria gebundeld. Een vergelijking van de (inter)nationale aanbevelingen met de huidige Vlaamse normen kan dan gemaakt worden.

Conclusies en aanbevelingen worden uiteindelijk uitgewerkt in hoofdstuk 7.

De resterende hoofdstukken 8 en 9 bevatten de lijst van afkortingen en gebruikte referenties.

## Inhoudsopgave

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1.  | INLEIDING .....  | 7  |
| 1.1 | Doelstelling voor dit onderzoek .....                                    | 7  |
| 1.2 | Beperkingen van dit rapport .....  | 8  |
|     | 1.2.1 <i>Onderwerp keuzes</i> .....                                      | 8  |
|     | 1.2.2 <i>Benamingen van de wegen</i> .....                               | 8  |
|     | 1.2.3 <i>Referenties</i> .....   | 8  |
| 1.3 | Reden voor het onderzoek van gewestwegen buiten de bebouwde kom .....    | 9  |
| 2.  | DEFINITIES .....   | 11 |
| 2.1 | Inleiding .....  | 11 |
| 2.2 | Gewestweg (buiten bebouwde kom) .....                                    | 11 |
| 2.3 | Categorisering wegen in Vlaanderen .....                                 | 11 |
| 2.4 | Categorisering wegen in buitenland .....                                 | 12 |
|     | 2.4.1 <i>Inleiding</i> .....   | 12 |
|     | 2.4.2 <i>Canada</i> .....  | 13 |
|     | 2.4.3 <i>Denemarken</i> .....  | 13 |
|     | 2.4.4 <i>Finland</i> .....   | 13 |
|     | 2.4.5 <i>Groot-Brittannië</i> .....                                      | 14 |
|     | 2.4.6 <i>Nederland</i> .....   | 14 |
|     | 2.4.7 <i>Zweden</i> .....  | 15 |
| 2.5 | Definities wegkenmerken .....  | 15 |
|     | 2.5.1 <i>Basisnelheid</i> .....  | 15 |
|     | 2.5.2 <i>Bebakening</i> .....  | 15 |
|     | 2.5.3 <i>Bebording</i> .....   | 15 |
|     | 2.5.4 <i>Dwarsprofiel</i> .....  | 15 |
|     | 2.5.5 <i>Fietspad</i> .....  | 15 |
|     | 2.5.6 <i>Fietsuggestiestrook</i> .....                                   | 16 |
|     | 2.5.7 <i>Fietsweg</i> .....  | 16 |
|     | 2.5.8 <i>Kruispunten, kruisingen, knooppunten en aansluitingen</i> ..... | 17 |
|     | 2.5.9 <i>Markeringen</i> .....   | 17 |
|     | 2.5.10 <i>Middenberm</i> .....   | 17 |
|     | 2.5.11 <i>Middengeleider</i> .....                                       | 17 |
|     | 2.5.12 <i>Overgangsbocht</i> .....                                       | 17 |
|     | 2.5.13 <i>Parkeerstrook</i> .....  | 18 |
|     | 2.5.14 <i>Redresseerstrook</i> .....                                     | 18 |
|     | 2.5.15 <i>Rijbaan</i> .....  | 18 |
|     | 2.5.16 <i>Rijstrook</i> .....  | 18 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 2.5.17 | <i>Schrikruimte</i> .....  | 18 |
| 2.5.18 | <i>Vangrail</i> .....  | 18 |
| 2.5.19 | <i>Verkanting</i> .....  | 19 |
| 2.5.20 | <i>Vluchtstrook</i> .....  | 19 |
| 2.5.21 | <i>Wegberm</i> .....   | 19 |
| 3.     | INFRASTRUCTUURKENMERKEN: VLAANDEREN .....                          | 20 |
| 3.1    | Inleiding  | 20 |
| 3.2    | Dwarsprofiel   | 20 |
| 3.2.1  | <i>Type dwarsprofielen</i> .....                                   | 20 |
| 3.2.2  | <i>Rijstroken</i> .....  | 20 |
| 3.2.3  | <i>Middenberm</i> .....  | 21 |
| 3.2.4  | <i>Fietspaden</i> .....  | 21 |
| 3.2.5  | <i>Vluchtstrook</i> .....  | 21 |
| 3.2.6  | <i>Watergreppel</i> .....  | 21 |
| 3.2.7  | <i>Buitenberm</i> .....  | 21 |
| 3.3    | Knooppunten en aansluitingen                                       | 22 |
| 3.3.1  | <i>Kruispunten</i> .....   | 22 |
| 3.3.2  | <i>Openbaarvervoerhalten</i> .....                                 | 22 |
| 3.4    | Andere karakteristieken  | 22 |
| 3.4.1  | <i>Verband basissnelheid, maximale helling en verkanting</i> ..... | 22 |
| 3.4.2  | <i>Rijbaanverharding</i> .....                                     | 23 |
| 3.4.3  | <i>Bebording</i> .....   | 23 |
| 3.4.4  | <i>Verkeerslichten</i> .....                                       | 23 |
| 4.     | INFRASTRUCTUURKENMERKEN: INTERNATIONAAL .....                      | 24 |
| 4.1    | Inleiding  | 24 |
| 4.2    | Lengteprofiel  | 24 |
| 4.2.1  | <i>Inleiding</i> .....   | 24 |
| 4.2.2  | <i>Zicht afstand</i> .....   | 24 |
| 4.2.3  | <i>Horizontaal alignement</i> .....                                | 25 |
| 4.2.4  | <i>Verticaal alignement</i> .....                                  | 28 |
| 4.3    | Dwarsprofiel   | 29 |
| 4.3.1  | <i>Rijstroken</i> .....  | 29 |
| 4.3.2  | <i>Middenberm</i> .....  | 31 |
| 4.3.3  | <i>Fietspaden</i> .....  | 34 |
| 4.3.4  | <i>Vluchtstrook of zijberm</i> .....                               | 35 |
| 4.3.5  | <i>Tussenberm</i> .....  | 36 |
| 4.3.6  | <i>Parkeerstroken</i> .....  | 36 |
| 4.3.7  | <i>Parallele erftoegangsweg - ventweg</i> .....                    | 36 |

|       |   |               |
|-------|---|---------------|
| 4.3.8 | <i>Redresseerstrook</i> .....                                       | 37            |
| 4.4   | Knooppunten en aansluitingen  | 37            |
| 4.4.1 | <i>Inleiding</i> .....  | 37            |
| 4.4.2 | <i>Voorrangskruispunten</i> .....                                   | 38            |
| 4.4.3 | <i>Kruispunt met verkeersregelininstallaties</i> .....              | 38            |
| 4.4.4 | <i>Voorrangskruispunten met bajonet</i> .....                       | 39            |
| 4.4.5 | <i>Rotonde</i> .....  | 39            |
| 4.4.6 | <i>Openbaarvervoerhalten</i> .....                                  | 41            |
| 4.4.7 | <i>Spoorwegovergang</i> .....                                       | 42            |
| 4.4.8 | <i>Oversteekplaats voor voetgangers</i> .....                       | 43            |
| 4.5   | Andere geometrische karakteristieken                                | 45            |
| 4.5.1 | <i>Afslaannde stroken</i> .....                                     | 45            |
| 4.5.2 | <i>Ribbellijnen</i> .....   | 46            |
| 4.5.3 | <i>Bebouwing</i> .....  | 46            |
| 4.5.4 | <i>Obstakels</i> .....  | 47            |
| 4.5.5 | <i>Verkeerslichten</i> .....  | 48            |
| 4.5.6 | <i>Snelheden</i> .....  | 49            |
| 4.5.7 | <i>Snelheidsremmers</i> .....                                       | 50            |
| 4.5.8 | <i>Voetpaden</i> .....  | 50            |
| 4.5.9 | <i>Wegverharding</i> .....  | 51            |
| 4.6   | Verlichting   | 53            |
| 5.    | INFRASTRUCTURELE MAATREGELEN BUITEN DE BEBOUWDE KOM .....           | 55            |
| 5.1   | Langsprofiel  | 55            |
| 5.2   | Dwarsprofiel  | 56            |
| 5.3   | Knooppunten   | 57            |
| 5.4   | Andere  | 58            |
| 6.    | TOETSINGSCRITERIA .....   | 59            |
| 6.1   | Autowegen (2x2)   | 59            |
| 6.2   | Primaire I wegen (2x2), Primaire II wegen (1x2) en Secundaire wegen | <b>Error!</b> |
|       | <b>Bookmark not defined.</b>  |               |
| 7.    | CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....                                    | 63            |
| 8.    | LIJST MET AFKORTINGEN .....   | 65            |
| 9.    | LITERATUURLIJST.....  | 66            |
| 9.1   | Boeken en tijdschriften   | 66            |
| 9.2   | Internet URL's  | 70            |



# 1. INLEIDING

---

## 1.1 Doelstelling voor dit onderzoek

Dit rapport kadert in een geheel van drie onderzoeken, waarbij we risicoanalyses maken van (1) de Vlaamse autosnelwegen, (2) gewestwegen binnen bebouwde kom en (3) gewestwegen buiten bebouwde kom. Elk van deze onderzoeken wordt op dezelfde wijze uitgewerkt.

- (a) Aan de hand van binnen- en buitenlandse literatuur bespreken we een aantal infrastructuurkenmerken en -maatregelen. We verzamelen daarbij richtlijnen, aanbevelingen en resultaten uit buitenlands onderzoek naar infrastructuurkenmerken die bepalend zijn voor de verkeersveiligheid van gewestwegen buiten de bebouwde kom.
- (b) In een tabel geven we een samenvatting van de richtcijfers voor infrastructuurkenmerken. Dit geeft op compacte en overzichtelijke wijze een aantal toetsingscriteria voor de Vlaamse situatie.
- (c) In een tweede tabel geven we een samenvatting van de effectiviteiten van infrastructuurmaatregelen. Op basis hiervan kunnen voorstellen geformuleerd worden voor aanpassingen van bestaande wegen, of voor de aanleg van nieuwe wegen.
- (d) Daarna behandelen we de Vlaamse situatie. We overlopen de ministeriële omzendbrieven, en gaan na in hoeverre deze overeenkomen met de richtcijfers die we in de literatuur gevonden hebben.
- (e) Omdat we zowel de Vlaamse 'theorie' als de 'praktijk' willen screenen, geven we daarna weer welke reële data beschikbaar zijn voor het onderzoek, en in welke databanken deze data te vinden zijn.
- (f) Op basis van deze data analyseren we dan bestaande infrastructuur in Vlaanderen. We vergelijken de gevonden data met de richtcijfers die we eerder in de literatuur gevonden hebben.
- (g) Door de tenslotte de infrastructuurdata te koppelen aan de ongevalgegevens kunnen we verbanden leggen tussen infrastructuurkenmerken en frequentie van ongevallen. We maken daarmee een regressiemodel dat het aantal ongevallen voorspelt in functie van de infrastructuurkenmerken.

In dit rapport behandelen we onderzoekstappen (a) tot en met (d) voor gewestwegen buiten de bebouwde kom.

In dit rapport zijn er dus drie concrete onderzoeksvragen.

- Wat zijn de richtcijfers voor de infrastructuurkenmerken volgens de literatuur?
- Wat is de effectiviteit van een aantal infrastructuurmaatregelen volgens de literatuur?
- In hoeverre komen de Vlaamse richtlijnen overeen met de richtcijfers uit de literatuur?

Onderzoekstappen (e) tot (g), dit is de analyse van de Vlaamse data, zullen in een volgend rapport behandeld worden.

## **1.2 Beperkingen van dit rapport**

### *1.2.1 Onderwerp keuzes*

Problematiek van verkeersveiligheid bij wegwerkzaamheden is groot en specifiek. Dit is niet uitgewerkt in dit document.

Niet alle wegkenmerken kunnen in detail onderzocht worden wegens tijdsgebrek. Een keuze van de belangrijkste kenmerken werd gemaakt.

### *1.2.2 Benamingen van de wegen*

Gewestweg is een Vlaamse term.

Verschillende terminologie voor gelijkaardige wegen in het buitenland bemoeilijken de literatuurstudie. Gewestwegen, provinciewegen, 80 km/uur-wegen, rural roads ... . Ieder land heeft als het ware zijn specifieke termen. De kans bestaat dat door een andere benaming een ander type weg bedoeld en onderzocht wordt. Referenties i.v.m. 'gewestwegen' zijn enkel opgenomen in de tekst, als uit de beschrijving van de studie blijkt dat de weg min of meer vergelijkbaar was met een Vlaamse gewestweg (2x1; 2x2; max. 70-100 km/u).

### *1.2.3 Referenties*

Soms worden er resultaten en conclusies uit referenties aangehaald die niet gelezen werden, maar die in andere (vnl. literatuurstudies) genoemd werden. Enkel het literatuuroverzicht wordt dan in de referentielijst opgenomen. De verwijzingen naar de studies zelf worden gewoon in de doorlopende tekst opgenomen.

### **1.3 Reden voor het onderzoek van gewestwegen buiten de bebouwde kom**

Het samenlevingsprobleem van de verkeersveiligheid veroorzaakt grote maatschappelijke kosten. In vergelijking met andere Europese lidstaten scoort Vlaanderen slecht. Op lange termijn wordt gestreefd naar een slachtoffervrij verkeerssysteem 'vision zero'. Tegen 2010 stelt het ontwerp mobiliteitsplan Vlaanderen een halvering van de achterstand ten opzichte van de Europese koplopers voor. Hierbij dient dus rekening te worden gehouden met de ambities die in die landen gesteld worden voor het jaar 2010. Om deze doelstelling te bereiken dienen de oorzaken van verkeersonveiligheid gekend te zijn. Verkeersonveiligheid wordt veroorzaakt door drie op elkaar inwerkende elementen met hun eigen aandeel in de ongevalsituatie. De intrinsieke onveiligheid van het voertuig is de hoofdoorzaak in 1 op 20 ongevallen, de intrinsieke veiligheid van de weg is de belangrijkste oorzaak in ongeveer 1 op 6 gevallen en het gedrag van de weggebruiker zelf is de hoofdoorzaak in 5 op de 6 van de ongevallen. De gevolgen van verkeersonveiligheid zijn groot. Verkeersongevallen zijn de belangrijkste doodsoorzaak bij jongeren. De maatschappelijke kost van verkeersonveiligheid bedraagt tussen de 32 en de 161 miljard bef per jaar. Het gestelde ambitieniveau gaat uit van een maximaal aantal doden en zwaar gewonden. Het streefdoel is maximaal nog 375 doden en dodelijk gewonden (-50% t.o.v. 1999) en 3150 zwaar gewonden (-50% t.o.v. 1999). Voor de specifieke doelgroep 'jongeren' wordt gestreefd naar maximaal 55 doden en dodelijk gewonden per miljoen jongeren onder de 26 jaar i.p.v. 143,5 en maximaal nog 57 licht gewonden per 100 miljoen voertuigkilometer i.p.v. 78,4. Een van de dragende maatregelen voor het verbeteren van de verkeersveiligheid is het streven naar intrinsiek veiligere wegen (MVG, 2001).

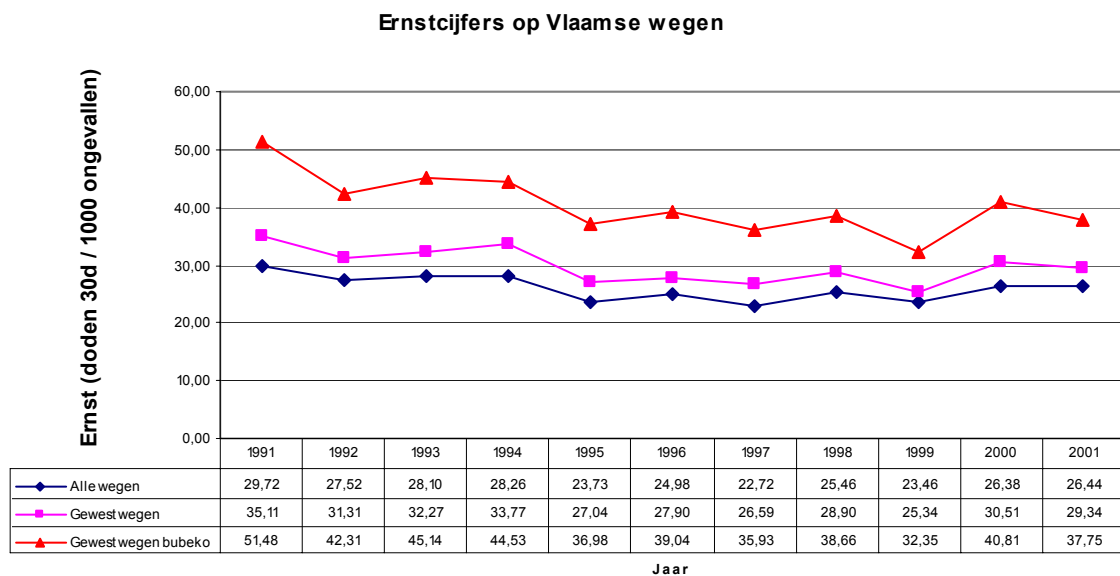
Dit rapport doet een bijdrage in die richting. Binnen de onderzoekslijn 2 "Infrastructuur" van het Steunpunt Verkeersveiligheid worden de infrastructurele kenmerken en maatregelen onderzocht, ten einde beleidsondersteunende voorstellen te doen die het aantal verkeersslachtoffers kunnen verminderen.

|   | Totaal<br>wegennet | Gewestwegen | Gewestwegen<br>bubeko |
|---|--------------------|-------------|-----------------------|
| <b>Aantal letselongevallen</b>                                    | 32073              | 15098       | 9006                  |
| <b>Aantal doden 30 dagen</b>                                      | 848                | 443         | 340                   |
| <b>Ernst<br/>(doden 30 dagen / 1000 ongevallen)</b>               | 26,4               | 29,3        | 37,8                  |
| <b>Voertuigkm (miljard)<sup>1</sup></b>                           | 52,19              | 20,72       |                       |
| <b>Verkeersrisico<br/>(letselongevallen / miljard voertuigkm)</b> | 614,5              | 728,7       |                       |
| <b>Weglengte (km)</b>   | 68364              | 6055        |                       |
| <b>Wegrisico (letselongevallen / 100 km<br/>weglengte)</b>        | 46,9               | 249,3       |                       |

Tabel 1: Vergelijking van de verkeersveiligheid in 2001 in Vlaanderen op het totale wegennet, gewestwegen en op gewestwegen bubeko.

Bron: NIS (BIVV, 2001)

Volgende grafiek geeft de ernst cijfers van 1991 tot en met 2001.



Figuur 1: Evolutie van de ernst (doden 30d / 1000 ongevallen) per wegtype in Vlaanderen.

Bron: NIS. (BIVV 1991 t/m 2001)

<sup>1</sup> Volgens GCLR methode.

## 2. DEFINITIES

---

### 2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk geeft in een overzicht van de infrastructurele kenmerken op gewestwegen buiten de bebouwde kom. Van elk kenmerk wordt ook een definitie of beschrijving gegeven.

### 2.2 Gewestweg (buiten bebouwde kom)

Gewestwegen zijn die wegen die beheerd worden door de gewestelijke overheid. Deze omvatten autosnelwegen (aangeduid met verkeersbord 'F5' en 'F7'), autowegen (aangeduid met verkeersbord 'F9' en 'F11'), 'N'-wegen en sommige 'R'-wegen. Bij de gewestwegen zijn inbegrepen de op- en afritten van de autosnelwegen en rijkswegen, parkings, enz.

In dit rapport worden gewestwegen buiten de bebouwde kom onderzocht. Wanneer in dit rapport de term gewestweg wordt gebruikt, zal niet altijd het begrip 'buiten bebouwde kom' worden toegevoegd. Soms wordt ook wel eens 'bubeko' gebruikt.

Autosnelwegen en de wegedeelten binnen de bebouwde kom (aangeduid met verkeersborden 'F1' en 'F3') worden in dit onderzoek niet meegenomen.

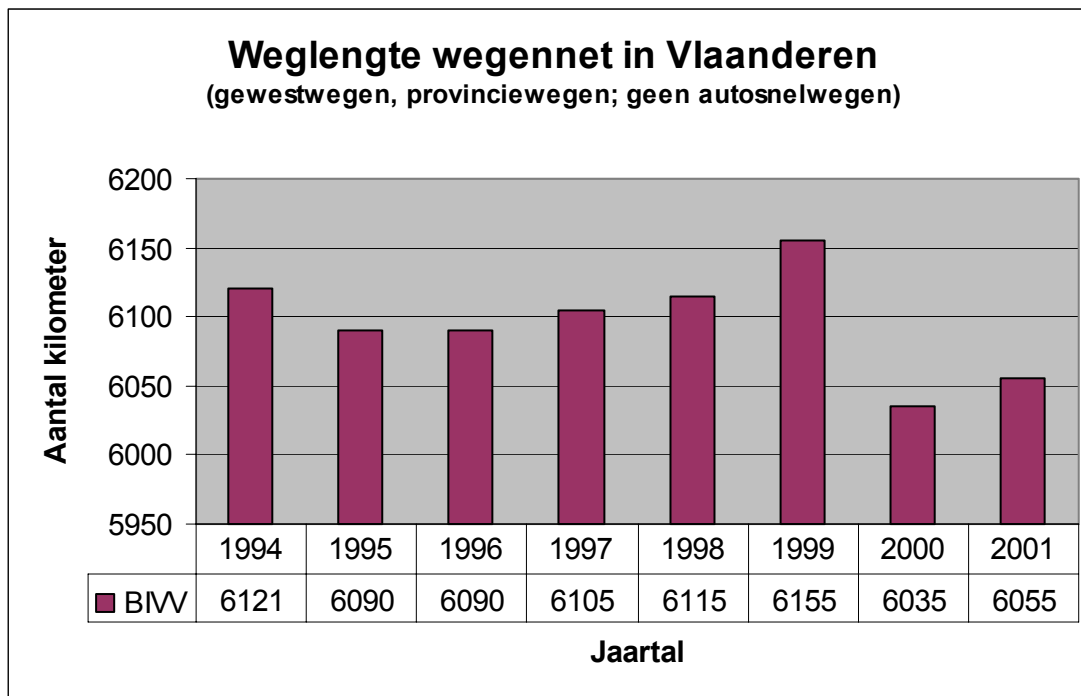
### 2.3 Categorisering wegen in Vlaanderen

Rond de categorisering van wegen in Vlaanderen is al heel wat literatuur verschenen. Het is binnen dit onderzoek niet de bedoeling deze categorisering verder onder de loep te nemen.

| <b>Categorie</b> | <b>Inrichting</b>   |
|------------------|---|
| Hoofdweg         | Autosnelweg naar Europese normen  |
| Primaire weg I   | Autosnelweg / stedelijke autosnelweg<br>Autoweg (2x2 of 2x1)<br>Weg (2x2 of 2x1) met gescheiden verkeersafwikkeling |
| Primaire weg II  | Autoweg (2x2 of 2x1)<br>Weg (2x2 of 2x1) met gescheiden verkeersafwikkeling   |
| Secundaire weg   | Weg (2x1 of 2x2) niet noodzakelijk met gescheiden verkeersafwikkeling<br>Doortochten in bebouwde kom                |
| Lokale weg       | Weg (2x1) met gemengde verkeersafwikkeling  |

Tabel 2: Categorisering van wegen naar functie (MVG, 1998).

We behandelen dus geen hoofdwegen. De primaire wegen worden volledig in deze studie meegenomen. Wat betreft de secundaire wegen komen enkel diegene buiten de bebouwde in aanmerking. De lokale wegen worden niet behandeld. Dit zijn wegen die tot de bevoegdheid van de gemeenten behoren. Omwille van praktische redenen (beschikbare data) hebben we de keuze gemaakt voor gewestwegen.



Figuur 2: Weglengte gewestwegen in Vlaanderen. Geen autosnelwegen. Geen onderscheid tussen binnen en buiten bebouwde kom.

Bron: NIS, BIVV

## 2.4 Categorisering wegen in buitenland

### 2.4.1 Inleiding

Om ook buitenlandse literatuur te kunnen gebruiken, moeten we wel duidelijk stellen over welk type wegen we informatie zoeken. In een publicatie over 'Rural Roads' van OECD (1999) wordt het probleem van verschillende categorisering in verschillende landen ook vermeld. In deze publicatie definiëren zij 'rural roads' als zijnde wegen buiten bewoonde gebieden die geen autosnelwegen of onverharde wegen zijn. Voor ieder land moet dus met gezond verstand gekeken worden of het om een autosnelweg gaat of niet. Het al dan niet binnen of buiten een bewoond gebied gelegen speelt uiteraard een rol. De maximum snelheid kan tevens ook als parameter dienst doen. In volgende paragrafen, zullen we een (summier – soms enkel de relevante wegtypes opgenomen) overzicht geven van de verschillende categorisering van wegen in diverse landen.

Telkens zal een keuze gemaakt worden welke type wegen we in aanmerking laten komen om te vergelijken met de Vlaamse gewestwegen buiten de bebouwde kom.

Het eindrapport van het Europees Safestar project werkt met volgende benamingen: "motorway", "express roads" en "Rural roads". Uit de beschrijvingen en definities kunnen we de volgende vergelijking maken:

- motorway – autosnelweg
- express road – autoweg (enkel gemotoriseerd verkeer)
- rural road – primaire I of II gewestweg

#### 2.4.2 *Canada*

Hier volgt een summier overzicht van de categorisering van wegen in Canada (Alberta Infrastructure, 1999):

- Class 1: Primary highways
  - 1A: Major arterial
  - 1B: Minor arterial
- Class 2: Secondary highways / Resource roads
  - 2A: Collector
  - 2B: Special collector
- Class 3: Local roads

De klassen die overeenkomen met de Vlaamse gewestwegen buiten de bebouwde kom zijn: 1B, 2A en 2B.

#### 2.4.3 *Denemarken*

Boets (2002) maakt volgende opdeling van de wegen in Denemarken:

- Snelwegen (110 km/u)
- Highways (80 km/u)
- Stedelijke wegen (50 km/u)

De "Highways" zijn vergelijkbaar met de Vlaamse gewestwegen.

#### 2.4.4 *Finland*

Boets (2002):

- Klasse I hoofdwegen
- Klasse II hoofdwegen
- Regional highways
- Verbindingswegen

Snelwegen: 100-120 km/u

Gescheiden baanvakken en hoofdwegen: 80 – 100 km/u

Bebouwde kom: 50 km/u

#### 2.4.5 Groot-Brittannië

Uit een rapport van DFT (2001) halen we volgende opdeling:

- Tier 1 (A-wegen) – stroom- en ontsluitingsfunctie op nationaal en regionaal vlak;
- Tier 2 (B-wegen) – vnl. ontsluitingsfunctie; met max. snelheden van 80 km/h (50 mph)
- Tier 3 – lokale wegen – vnl. erffunctie

Samenvattend: voor Groot-Brittannië nemen we de "Tier 2" of "B-wegen" in rekening. De A-wegen zijn vergelijkbaar met de Belgische autosnelwegen en autowegen. Volgens Safestar (2002) bestaan er in Groot-Brittannië zelfs geen wegen vergelijkbaar met de Vlaamse autowegen. Een Britse weg, enkel bestemd voor gemotoriseerd verkeer is altijd een autosnelweg.

Landelijke A-wegen (rural A-roads) in Groot-Brittannië hebben typisch een snelheidslimiet van 100 km/u (Comte & Jamson, 2000). Wat de maximum snelheid betreft, kunnen we deze vergelijken met de Vlaamse autowegen.

#### 2.4.6 Nederland

CROW (2002a, 2002c) maakt in Nederland volgende indeling. Het is niet de bedoeling hier een compleet overzicht te geven.

- Stroomwegen
  - Nationale
  - Regionale
- gebiedsontsluitingswegen
  - type I: dubbelbaansweg, dwarsprofiel met 2x2 rijstroken
  - type II: enkelbaansweg, dwarsprofiel met 2x1 rijstrook
- erftoegangswegen

De regionale stroomwegen komen overeen met de Vlaamse autowegen. Ze hebben maximum snelheden van 100 – 120 km/u.

De gebiedsontsluitingswegen komen overeen met de andere Vlaamse gewestwegen. Ze hebben maximum snelheden van 80 km/u.

#### *2.4.7 Zweden*

In het Steunpunt rapport van Boets (2003) vinden we een hiërarchisch overzicht van de wegen in Zweden. De wegen interessant voor dit literatuuronderzoek zijn de "ononderbroken wegen (70 km/u, soms 50 of 90 km/u)".

## **2.5 Definities wegkenmerken**

### *2.5.1 Basissnelheid*

Volgens de omzendbrief uit 1959 (Ministerie van Openbare Werken) is de basissnelheid die tussenkomt bij de bepaling van de geometrische karakteristieken de veiligheidssnelheid met dewelke de voertuigen kunnen rijden in secties met bochtig tracé en langs-profiel met veranderlijke hellingen.

### *2.5.2 Bebakening*

Bebakening is het geheel van aangebrachte elementen langs of op de rijbaan die enkel als taak hebben de bestuurder op een juiste en veilige manier over de weg te (be)geleiden. Bebakening kan vergezeld gaan van verkeersborden (Willems, 2002).

### *2.5.3 Bebording*

Langs of boven de weg aangebrachte symbolen of teksten op plaatvorm. Ze kunnen verbiedende of gebiedende regels opleggen, alsook waarschuwen voor gevaarlijke punten (Willems, 2002).

### *2.5.4 Dwarsprofiel*

Doorsnede van het wegprofiel, loodrecht op de wegas (Willems, 2002).

### *2.5.5 Fietspad*

In het Vademecum Fietsvoorzieningen (MVG, 2002a) vinden we volgende beschrijvingen voor fietspaden.

### Aanliggend fietspad

Fietspad waarvan de verharding (vrijwel) onmiddellijk aansluit bij deze van de rijbaan. Er kan nog een onderscheid gemaakt worden tussen:

- Aanliggend verhoogd fietspad: hier is het fietspad fysiek gescheiden van de rijbaan door een niveauverschil van minstens 5 cm.
- Aanliggend gelijkgronds fietspad: fietspad dat direct en zonder niveauverschil aansluit op de rijbaan. Er is een visuele scheiding tussen rijbaan en fietspad door een afvoergoot, onderbroken evenwijdige witte lijnen of een afwijkende kleur of materiaal. Het gebruik van gelijkgrondse fietsstroken dient vermeden te worden. De aanbevelingen in het vademecum maken dan ook geen melding meer van aanliggende gelijkgrondse fietspaden.

### Vrijliggend fietspad

Fietspad waarvan de verharding fysiek gescheiden is van de rijbaan door een veiligheidsstrook van minimaal 1 m die niet door rijdend verkeer mag of kan worden gebruikt (verhoogde berm, groenstrook, parkeerstrook...). Indien de veiligheidsstrook een beperktere breedte heeft, moet een verticale fysieke scheiding (haag, scherm, muurtje, vangrails...) de overschrijding door rijdend verkeer verhinderen. Anders spreken we van een aanliggend fietspad.

### Tweerichtingsfietspad – eenrichtingsfietspad

Zowel bij een aanliggend als vrijliggend fietspad kan er sprake zijn van tweerichtings- of eenrichtingsfietspad. Wanneer beide rijrichtingen gesignaleerd worden op het fietspad, spreken we van een tweerichtingsfietspad. Op een tweerichtingsfietspad moeten fietsers mekaar zonder problemen kunnen kruisen.

#### *2.5.6 Fietssuggestiestrook*

Strook op de rijbaan, visueel aangeduid door afwijkende kleur (maar géén rood) of materiaal. Juridisch is dit geen exclusief fietspad maar een vorm van menging waarbij de hele rijbaan, inclusief suggestiestroken, door alle weggebruikers mag gebruikt worden. Ze worden meestal gebruikt op plaatsen waar geen ruimte is voor een echt fietspad, of bij de overgang van fietspad naar gemengd verkeer (MVG, 2002a).

#### *2.5.7 Fietsweg*

Een fietsweg is een in eigen bedding aangelegd tracé, geheel onafhankelijk van het tracé van een verkeersweg met tweerichtingsfietsverkeer (b.v. fietsweg op verlaten spoorwegbeddingen, jaagpad...) (MVG, 2002a).

### *2.5.8 Kruispunten, kruisingen, knooppunten en aansluitingen*

Een kruispunt is een plaats waar er uitwisseling van verkeer is. Bij een kruising is geen uitwisseling mogelijk (Willems, 2002).

Een knooppunt is een kruispunt van auto(snel)wegen. Een aansluiting is een kruispunt van een auto(snel)weg met een weg van lagere categorie (Willems, 2002).

### *2.5.9 Markeringen*

Op de rijbaan zelf aangebrachte symbolen of teksten (meestal m.b.v. verf of soms ook met een andere bestrating). Deze kunnen zowel verbiedend als gebiedend zijn (doorlopende witte streep, voorsorteerpijlen) alsook een geleidende functie hebben (Willems, 2002).

### *2.5.10 Middenberm*

De middenberm is een berm tussen twee rijbanen met tegengestelde rijrichtingen (CROW, 2002b). Volgens het Standaardbestek 250 (MVG, 2000) is het een wegberm tussen de middelste rijbanen van een weg met een even aantal rijbanen.

### *2.5.11 Middengeleider*

Middengeleiders nabij kruispunten of in wegvakken kunnen de volgende functies hebben (Willems, 2002):

- scheiden van rijrichtingen
- het vergroten van de aandacht en de opvallendheid van een speciale verkeerssituatie (kruispunt)
- het geleiden van het verkeer
- het bieden van een mogelijkheid tot asverspringing waarbij een snelheidsreductie kan worden bereikt
- het bieden van ruimte voor wegmeubilair
- het bieden van gelegenheid tot oversteken in etappes waardoor een effectieve verkorting van de wachttijd wordt bereikt

### *2.5.12 Overgangsbocht*

Overgangsbochten worden toegepast tussen rechtstanden en bochten. Zij hebben een steeds toenemende boogstraal. Als overgangsbocht wordt (een deel van) de clotoïde gebruikt. Dit benadert het meest de baan die wordt doorlopen indien de snelheid van het voertuig en de snelheid waarmee het stuur wordt gedraaid constant zijn. Er ontstaat op die manier een vloeiende overgang tussen de ontwerpelementen. Als overgangsboog neemt men dat gedeelte van de clotoïde vanaf het punt waar de boogstraal oneindig

groot is (het begin van de clotoïde) tot waar de straal overeenkomt met de eigenlijke boog (Willems, 2002).

#### 2.5.13 *Parkeerstrook*

Verharde zijstrook bestemd voor het parkeren van voertuigen. De parkeerstrook verschilt van een "parkeerplaats", die geen deel uitmaakt van de wegbaan (MVG, 2000).

#### 2.5.14 *Redresseerstrook*

Een verharde strook van beperkte breedte die ervoor zorgt dat voertuigen die buiten de eigenlijke rijbaan geraken, gemakkelijk op de rijbaan terug kunnen keren; hun koers kunnen corrigeren (Willems, 2002; CROW, 2002b).

#### 2.5.15 *Rijbaan*

De rijbaan is het aaneengesloten deel van de verkeersdragende baan, dat bestemd is voor rijdend verkeer en begrensd wordt door twee opeenvolgende begrenzingen in de vorm van een kantstreep, overgang verharding of overgang verhard-onverhard (Willems, 2002).

#### 2.5.16 *Rijstrook*

De rijstrook is het begrensde gedeelte van de rijbaan, dat voldoende breed is voor één rij van het voor dat gedeelte bestemd verkeer (Willems, 2002).

De aanduiding van het aantal rijbanen en rijstroken durft variëren van land tot land. In dit rapport wordt volgende aanduiding gebruikt voor het aantal rijbanen en rijstroken:

AxB

A: aantal rijbanen

B: aantal rijstroken per rijbaan.

Voorbeeld:

2x3: in dit geval hebben we een weg met 2 rijbanen, die dus gescheiden zijn door een middenberm en waarbij iedere rijbaan 3 rijstroken heeft.

#### 2.5.17 *Schrikruimte*

De schrikruimte is de extra ruimte tussen de zijstrook en het voertuig (Willems, 2002).

Dit is vergelijkbaar met de redresseerstrook. In de verdere tekst wordt de term redresseerstrook gebruikt.

#### 2.5.18 *Vanrail*

Een beveiligingsconstructie die uit een op steunen bevestigde ligger bestaat (MVG, 2000).

### 2.5.19 *Verkanting*

Dit is de dwarshelling van het oppervlak van de verharding in een horizontale boog die oploopt naar de buitenzijde van de boog ter compensatie van de middelpuntsvliedende kracht op rijdende voertuigen (CROW, 2002b).

### 2.5.20 *Vluchtstrook*

Een verharde zijberm die te allen tijde en vaak gebruikt wordt als vluchtplaats (Willems, 2002). CROW (2002b) spreekt van een vluchtzone als een naast de rijstrook van een regionale stroomweg gelegen deel van de verharding dat ruimte biedt aan gestrande voertuigen.

### 2.5.21 *Wegberm*

Gedeelte van het dwarsprofiel dat buiten de rijbanen en de verharde zijstroken ligt. Een wegberm kan sloten en bijzonder ingerichte onderdelen bevatten (MVG, 2000).

Er wordt onderscheid gemaakt in:

#### Buitenberm

Wegberm tussen de grens van het dwarsprofiel en de buitengrens van de verharde zijstrook of van de rijbaan (MVG, 2000).

Middenberm: zie aldaar

#### Tussenberm

Wegberm tussen twee rijbanen van een weg met meer dan één rijbaan, de middenberm uitgezonderd (MVG, 2000). CROW (2002c) noemt het een wegberm tussen min of meer evenwijdig lopende verkeersbanen.

#### Zijberm

De verharde zijstrook en de buitenbermen samen (MVG, 2000).

Functies naar verkeersveiligheid toe (Willems, 2002):

- vluchtplaats voor voertuigen met pech of bij uitwijkmanoeuvres
- het vrijwaren van bermvrees, zodat de rijstrook ten volle benut wordt
- ruimte voor beplanting, bebakening en verlichting

## **3. INFRASTRUCTUURKENMERKEN: VLAANDEREN**

---

### **3.1 Inleiding**

In dit hoofdstuk wordt een antwoord geformuleerd op onderzoeksvraag 3: Wat zijn de normen, eisen en/of de toetsingscriteria in Vlaanderen?

Hiervoor wordt gebruikt gemaakt van omzendbrieven en dienstnota's van het Ministerie van Openbare Werken of het Ministerie van Vlaamse Gemeenschap. Deze bevatten de wegnormen voor de verschillende wegtypes. Sommige informatie is afkomstig van het Standaardbestek 250 versie 2.0.

### **3.2 Dwarsprofiel**

#### *3.2.1 Type dwarsprofielen*

Verschillende types dwarsprofielen die in aanmerking komen voor de onderzochte gewestwegen. Deze informatie is overgenomen uit de omzendbrief van 1979.

- Autoweg 2x2 rijstroken
- Autoweg 1x2 rijstroken
- Primair I, 2x2 rijstroken, met vrijliggende fietspaden
- Primair I, 2x2 rijstroken, met gemarkeerde fietspaden
- Primair I, 2x2 rijstroken, zonder fietspaden
- Primair I, 1x3 rijstroken
- Primair II, 1x2 rijstroken
- Secundair net

De vrijheid in de keuze van de dwarsprofielen laat toe rekening te houden met de plaatselijke voorwaarden zonder dat er schade berokkend wordt aan de fundamentele karakteristieken (aantal en breedte van de rijstroken, veiligheidszones, bermen en grachten).

#### *3.2.2 Rijstroken*

De omzendbrief van 1979 voorziet een rijstrookbreedte van 3.50m op autowegen, primaire en secundaire wegen.

Op secundaire wegen kunnen de breedtes eventueel beperkt worden tot 3.00m.

### *3.2.3 Middenberm*

In de omzendbrief van 1959 werd een middenberm voor autowegen aangeraden van 6.00m. Vanaf 1978 is dit nog 5.50m. Het gaat hier dan wel over een niet overrijdbare middenberm. Vanaf 1981 wordt de breedte op 3.5m gezet.

In de omzendbrief van 1979 wordt er afgezien van de aanleg van nieuwe wegen met vier rijstroken zonder middenberm. Die beslissing werd genomen door de zeer slechte ervaringen welke, inzake verkeersveiligheid, met dergelijke wegen werd opgedaan zowel in binnen- als buitenland. De 2x2 dwarsprofielen zonder middenberm, beschreven in de omzendbrief van 1959, kwamen dus te vervallen. Het gevaar voor frontale botsingen op dergelijke wegen is te groot.

Op primaire en secundaire wegen met een overrijdbare middenberm wordt de breedte vastgesteld op 2.00 (versmalde middenberm) of 6.00m (normale middenberm), afhankelijk van de plaatselijke mogelijkheden.

### *3.2.4 Fietspaden*

Omzendbrief uit 1979 spreekt over fietspaden. Vrijliggende fietspaden op wegen buiten de bebouwde kom dienen een breedte te hebben van 1.75m.

De berm die een dergelijk fietspad van de rijbaan scheidt, dient een breedte van 1.5m aan te nemen.

### *3.2.5 Vluchtstrook*

Op autowegen wordt een vluchtstrook voorzien. De breedte wordt op 2.25m gesteld in de omzendbrief van 1979. Vanaf 1981 wordt een breedte van 3m aangeraden.

### *3.2.6 Watergreppel*

Op autowegen tussen de vluchtstrook en de buitenberm.

Algemeen tussen de linkse rijstrook en de middenberm.

Breedte: 0.50m.

### *3.2.7 Buitenberm*

In omzendbrief van 1979 wordt een breedte van 1m voorgesteld. Vanaf 1981 wordt 0.75m voorgesteld.

### 3.3 Knooppunten en aansluitingen

#### 3.3.1 Kruispunten

In de omzendbrief van 1978 vinden we dat gelijkgrondse kruispunten op autowegen mogen voorkomen, voor zover deze niet te talrijk zijn. De kruispunten met belangrijke wegen worden hetzij uitgerust met driekleurige verkeerslichten, hetzij bij voorkeur aangelegd op verschillend niveau met een verkeerswisselaar.

#### 3.3.2 Openbaarvervoerhalten

In de Dienstorder van 27 september 1999 (MVG, 1999) wordt vermeld dat langs wegen van doorgaand verkeer, buiten de bebouwde kom, het eerder aangewezen is, daar waar mogelijk, om de halteplaats buiten de rijbaan te houden. Tussen het schuilhuisje en de perronrand wordt bij voorkeur een obstakelvrije loopweg van 1,5 m breedte, met een absoluut minimum van 1 m breedte, voorzien als doorgang voor voetgangers, kinderwagens en rolstoelgebruikers.

### 3.4 Andere karakteristieken

#### 3.4.1 Verband basissnelheid, maximale helling en verkanting

Normen voor de basissnelheid in functie van de classificatie van de weg en het reliëf van de betrokken streek.

|                             | Primair I | Primair II | Secundair |
|-----------------------------|-----------|------------|-----------|
| Vlakke streek               | B         | C          | D         |
| Weinig heuvelachtige streek | C         | D          | E         |
| Sterk heuvelachtige streek  | D         | E          | E         |

De helling en de verkanting zijn begrensd in functie van de gekozen basissnelheid. Dit geeft volgende tabel voor gewestwegen:

|                      | B   | C  | D  | E  |
|----------------------|-----|----|----|----|
| Basissnelheid (km/u) | 100 | 80 | 60 | 40 |
| Maximale helling (%) | 5   | 6  | 8  | 10 |
| Max verkanting (%)   | 4   | 5  | 6  | 8  |

### *3.4.2 Rijbaanverharding*

Twee soorten rijbaanverharding worden genoemd: cementbeton of K.W.S.-beton.

In de omzendbrief van 1981 wordt duidelijk gemaakt dat voor alle nieuwe wegen buiten de agglomeratie de verharding voorzien moet worden van cementbeton. De K.W.S.-verharding wordt voorbehouden voor wegen binnen de agglomeratie. Een buiten de agglomeratie gelegen nieuwe sectie, te verwezenlijken tussen twee secties in K.W.S.-beton, zal ook worden aangelegd met een verharding van dezelfde aard.

### *3.4.3 Bebording*

Langs de gewone wegen wordt het verkeersteken zodanig ingeplant dat de afstand, horizontaal gemeten, tussen de rand van het verkeersteken en de rand van de rijbaan of verharde zijstrook, ten minste 75 cm bedraagt. Deze afstand mag tot 50 cm worden herleid indien voormelde rijbaan en verharde zijstrook is begrensd door een trottoirband die in opstand is geplaatst (MVG, 2000).

Langs autosnelwegen met pechstrook is de horizontaal gemeten afstand tussen de rand van het verkeersbord en de schampkant of schambalk minimum 50 cm. Bij ontstentenis van een schampkant of schambalk bedraagt deze afstand minimum 1 m (MVG, 2000). Deze afmetingen kunnen we overnemen voor autowegen met pechstrook.

Op plaatsen waar er geen pechstrook is, bedraagt de aanbevolen horizontale afstand tussen de rand van het verkeersbord en de rand van de rechterrijstrook 3 m voor zover de plaatsgesteldheid dit toelaat. Deze afstand bedraagt niet minder dan 1.5 m (MVG, 2000).

### *3.4.4 Verkeerslichten*

Volgens het ministerieel besluit van 11 oktober 1976 waarbij de minimumafmetingen en de bijzondere plaatsingsvoorwaarden van de verkeerstekens worden vastgelegd en zijn bijlagen, moeten de driekleurige verkeerslichten buiten de bebouwde komen signaleerd worden wanneer deze door de weggebruikers niet kunnen gezien worden van op een afstand van ongeveer 150 m. Wanneer die verkeerslichten kunnen gezien worden van op een afstand die groter is dan 150 m, dan mag het verkeersbord A33 slechts uitzonderlijk worden gebruikt. Omwille van de verkeersveiligheid is het echter zinvol om op sommige plaatsen waar de verkeerslichten wel zichtbaar zijn van op een afstand die groter is dan 150 m, toch een vooraankondiging te plaatsen en meer bepaald op wegen van 2 x 2-rijstroken buiten bebouwde kom waar in de courante sectie de snelheid toegelaten is tot 120 km per uur (MVG, 2002b).

## **4. INFRASTRUCTUURKENMERKEN: INTERNATIONAAL**

---

### **4.1 Inleiding**

In dit hoofdstuk worden voornamelijk de best presterende landen onderzocht op het gebied van weginfrastructuur, effecten en toetsingscriteria. De best presterende landen zijn: Nederland, Zweden, Finland, Denemarken, Groot-Brittannië en Canada (Boets, 2003). Uiteraard worden ook onderzoeksresultaten van andere landen, indien beschikbaar, meegenomen. Zo is ook informatie uit o.a. de U.S.A. en Australië opgenomen.

### **4.2 Lengteprofiel**

#### *4.2.1 Inleiding*

Dit hoofdstuk behandelt de begrippen zichtafstand, horizontaal en verticaal alignement. Deze drie zijn heel sterk met elkaar verbonden. Om de leesbaarheid van het hoofdstuk te verhogen, is toch een poging gedaan om ze apart te bespreken.

#### *4.2.2 Zicht afstand*

Een bestuurder moet in staat zijn de weg voor zich voldoende te zien om zijn wagen te navigeren, sturen en controleren. Deze voorwaartse zicht afstand mag niet kleiner zijn dan de stopafstand (Ogden, 1996).

Een Zweedse studie (Hedman, 1990 – geciteerd in Ogden, 1996) vond dat in de meeste gevallen de ongevallenpercentages dalen wanneer de zicht afstand toeneemt, vooral 's nachts bij enkelvoudige ongevallen. McBean (1982 – geciteerd in Ogden, 1996) vond dat op landelijke wegen – buiten de bebouwde kom dus – in Engeland, zichtafstanden kleiner dan 200 m relatief meer werden gevonden bij ongevallenlocaties ten gevolge van hun associatie met horizontale bochten.

Bij heuveltoppen wordt de zichtafstand zeer belangrijk. Een studie van Transportation Research Board (1987 – geciteerd in Ogden, 1996) toonde aan dat de frequentie van ongevallen 52% hoger ligt op plaatsen met beperkte zicht afstand t.g.v. verticale verbuigingen van de weg t.o.v. controle plaatsen. Tijdens deze studie werd een model opgesteld om na te gaan wanneer het rendabel is om een verticale bocht te verlengen zodat de zichtafstand groter wordt bij heuveltoppen. Conclusie was dat heraanleg van dergelijke heuveltoppen rendabel is als de ontwerpsnelheid meer dan 33 km/u onder de rijnsnelheid ligt, de verkeersstroom meer dan 1500 wagens per dag bedraagt en/of als er

een groot gevaar dreigt (vb kruispunt met hoge capaciteit, scherpe bocht, steile afdaling).

Het verbeteren van de zichtafstand bij horizontale bochten werd als zeer rendabel bevonden door Glennon (1987 – geciteerd in Ogden, 1996). Hij stelt dat goedkope acties zoals verwijderen van de vegetatie of andere kleine hindernissen aan de binnenkant van horizontale bochten rendabel kunnen zijn op bijna alle verkeerswegen. De beoordeling van de bocht wat veilige naderingssnelheid betreft hangt ook gedeeltelijk af van het omringende landschap (Vaniotou, 1991; Zakowska, 1993 – geciteerd in Noordzij, 1996).

Voor vrachtwagenbestuurders is de zichtafstand zeer belangrijk. Vrachtwagens hebben een slechtere remperformantie en dit moet gecompenseerd worden, deels door de zichtafstand te vergroten (Jarvis, 1994 – geciteerd in Ogden, 1996).

#### *4.2.3 Horizontaal alignement*

Wat de verkeersveiligheid betreft zijn bochten zeer kritische ontwerpelementen in het horizontaal alignement. Volgens Zegeer et al. (1992 – geciteerd in Safestar, 2002) gebeuren er 1.5 tot 4 keer meer ongevallen in bochten dan op rechte wegvakken. In Portugal gebeuren ongeveer 20% van de ongevallen op wegen met middenberm (alle categorieën) en 25% van de ongevallen op wegen zonder middenberm (alle categorieën) in bochten. Hoe smaller de bocht, hoe hoger het ongevallenpercentage (Hughes et al. 1997 – geciteerd in Safestar 2002). Taylor en Barker (1992 – geciteerd in Comte & Jamson, 2000) vonden dat 18.5% van de ongevallen op Britse landelijke A-wegen zonder middenberm gebeuren in bochten. Een groot deel van deze ongevallen worden hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door een bestuurder die te snel door de bocht gaat en daardoor of de controle over het stuur verliest. De wagen kan, afhankelijk van de reactie van de bestuurder, zowel naar de buitenkant als naar de binnenkant van de bocht gedwongen worden. In het laatste geval verhoogt dit het risico op een frontale botsing met een tegenligger.

Ongevallenpercentages zijn in het bijzonder hoog in geïsoleerde bochten, in de eerste van een serie bochten of in een smalle bocht volgend op enkele relatief wijde bochten. Voor de veiligheid is zowel de locatie en ontwerp van de bocht als het totaal ontwerp van bochten van belang.

Het feit dat het ongevallenpercentage hoger ligt in bochten dan op rechte stukken, betekent echter niet dat bochten vermeden moeten worden. Het gebruik van rechte stukken, langer dan 5 km wordt algemeen afgeraden i.v.m. het risico dat bestuurders slaperig en minder alert worden. Algemeen wordt gesteld dat de ontwerpsnelheid gegarandeerd moet blijven over de ganse weg, inclusief bochten.

Verschillende studies zijn al uitgevoerd naar de kritische bochtstralen. McBean (1982 – geciteerd in Ogden, 1996) vond op basis van Britse data dat een bocht straal groter dan 500 m geen veiligheidsproblemen oplevert. Scherpere bochten echter worden geassocieerd met een redelijk abrupte toename van het risico. Johnston (1982 – geciteerd in Ogden, 1996) vond op basis van Australische data een kritische bochtstraal van 600 m. OECD (1976 – geciteerd in Ogden, 1996) stelt 430 m voor. Gebruik makend van Zweedse gegevens kwam Hedman (1990 – geciteerd in Ogden, 1996) tot de conclusie dat de ongevallencijfers toenemen bij bochten met straal onder de 1000 m en opnieuw bij bochten met straal groter dan 3000 m. De verklaring voor deze laatste waarde is misschien dat bij grote bochtstralen de bochten zodanig lang en wijd worden dat ze aanleiding gaan geven tot gevaarlijk oversteekgedrag.

Door het vergroten van de straal, nemen de snelheden toe, maar nemen de zijdelingse vertragingen af, zodat de veiligheid verbetert (Wong & Nicholson, 1992 – geciteerd in Noordzij, 1996).

De volgende formule (Hummel 1998, geciteerd in Safestar 2002) voor het bepalen van een veilige en comfortabele bochtstraal wordt aangeraden:

$$R_h \geq \frac{V_0^2}{127(f_z + \frac{i}{100})}$$

waarbij

$R_h$  = bochtstraal in m

$V_0$  = ontwerpsnelheid in km/h

$f_z$  = zijdelingse wrijvingscoëfficiënt

$i$  = verkanting in %

De zijdelingse wrijvingscoëfficiënt wordt gegeven in volgende tabel.

| $V_0$ (km/h) | 50   | 70   | 90   | 120  |
|--------------|------|------|------|------|
| $f_z$        | 0.18 | 0.16 | 0.16 | 0.10 |

De straal van een bocht wordt best ook vast gehouden. Riemersma (1989 – geciteerd in Noordzij, 1996) zegt dat een verandering van straal het oordeel over straal en snelheid slechter maakt.

Onderzoek van CROW (2002b) stelt dat de toe te passen horizontale boogstraal ten behoeve van hoekverdraaiingen in het te ontwikkelen tracé afhankelijk is van de toe te passen verkanting, het gewenste wegbeeld en de benodigde zichtafstanden. Bij een ontwerpsnelheid van 80 km/u zijn de volgende minimum horizontale boogstralen te hanteren:

- $R > 1700$  m bij een verkanting van -2.5%
- $300 \leq R \leq 1700$  m bij een verkanting van +2.5%
- $260 \leq R < 300$  m bij een verkanting van +2.5 to +5%

Bij de keuze van de horizontale bogen moeten de volgende aspecten in beschouwing worden genomen:

- de toepassing van een verkanting van meer dan 3% wordt ontraden
- bij een opeenvolging van horizontale boogstralen dienen de afzonderlijke boogstralen in een goede verhouding tot elkaar te staan
- hoe groter de bochtigheid (som van de hoekverdraaiingen per km), hoe lager het gemiddelde snelheidsniveau
- hoe groter de boogstraal van een afzonderlijke boog, hoe hoger de werkelijke snelheid
- hoe kleiner de boogstraal, hoe groter de kans op enkelvoudige ongevallen

De relatie tussen de boogstraal en de kans op enkelvoudige ongevallen is niet bekend. Op basis van onderzoek bestaat echter de indruk, dat bij boogstralen  $< 400$  m de kans op enkelvoudige ongevallen aanmerkelijk toeneemt. Boogstralen  $< 400$ m moeten dus in het algemeen worden ontraden (CROW, 2002b).

Wanneer de straal van de bocht verandert, spreekt men van een overgangsbocht. De meeste studies vinden een positief effect voor overgangsbochten, hoewel sommige studies (vb O'Conneide, 1995 - geciteerd in Safestar 2002) negatieve effecten rapporteren, mogelijk omdat bestuurders opeenvolgende bochten onderschatten. Hummel (1998 - geciteerd in Safestar 2002) concludeert dat overgangsbochten aangeraden moeten worden bij autowegen om veiligheidsredenen. Stewart (1988 - geciteerd in Noordzij, 1996) stelt dat overgangsbochten verkeerd beoordeeld worden. Door 3 van zulke bochten om te bouwen met vaste straal werd een aanzienlijke besparing aan ongevallen gevonden.

Volgens Riemersma (1989 - geciteerd in Noordzij, 1996) geeft de verkanting van een bocht beter uitzicht op de bocht. Er is echter een bovengrens aan de verkanting. Ook uit een onderzoek van Safestar (2002) blijkt de verkanting een positief effect op de veiligheid te hebben. Zij geven een bovengrens van 8% aan. Voor een goede afwatering is volgens CROW (2002b) een verkanting van minimaal 2.5% nodig.

Gelet op de gewenste grootte van de boogstraal houden zij op hoofdrijbanen een maximale verkanting van 5% aan. Een dergelijke verkanting wordt in een regionale stroomweg echter afgeraden i.v.m. het vloeiend wegverloop dat afgestemd moet zijn op de functie. Op verbindingswegen van ongelijkvloerse aansluitingen kan eventueel een verkanting van maximaal 5 à 7% worden gerealiseerd.

Het plaatsen van waarschuwingstekens voor bochten kan ook de veiligheid doen toenemen. De toepassing van zogenaamde chevronborden kan worden verbeterd (Bhatanagar, 1994 – geciteerd in Noordzij, 1996). Von Hebenstreit (1993 – geciteerd in Noordzij, 1996) deed proeven met opeenvolgend geplaatste borden. In plaats van borden van gelijke grootte werden borden gebruikt met toenemende afmetingen bij het naderen van een bocht. Automobilisten bleken dat op te vatten als aanduiding van extra gevaar en eerder af te remmen. Matthews (1998 – geciteerd in Noordzij, 1996) heeft knipperend intern verlichte chevronborden uitgetoetst bij gevaarlijke bochten met lagere opgemeten snelheden als gevolg.

#### 4.2.4 Verticaal alignement

Wat het verticaal alignement betreft, kan worden geconcludeerd dat de veiligheid negatief beïnvloed wordt wanneer hellingen toenemen: een lichte toename van de ongevallenpercentages bij hellingen tot 6 of 7% en een grote toename boven deze percentages (Slop et al, 1996 - geciteerd in Safestar 2002). De ongevallenpercentages liggen hoger voor dalende dan stijgende weggedeelten (Zegeer et al., 1992; Slop et al, 1996 - geciteerd in Safestar 2002). Als het horizontaal alignement relatief bochtig is, neemt de negatieve invloed van de steile hellingen toe.

Een specifiek effect van verticaal alignement is het blind effect veroorzaakt door bolle bochten die de zichtafstand beïnvloeden. Dit blijkt in het bijzonder belangrijk te zijn voor wegen zonder middenberm. Slop et al. (1996 - geciteerd in Safestar 2002) stelt volgende formule voor om de straal van een bolle bocht te bepalen.

$$R_v \geq \frac{0.5S_a^2}{(\sqrt{h_e} + \sqrt{h_o})^2}$$

$R_v$  = straal van de convexe verticale bocht

$S_a$  = werkelijke zichtafstand

$h_e$  = ooghoogte

$h_o$  = object hoogte

De waarde voor  $S_a$  hangt af van wat de ontwerper wenst te geven aan de weggebruiker. De minimum eis is de stopafstand.

In een cursusboek Verkeerstechniek van Willems (2002) wordt de zichtafstand opgesplitst in een remzicht en een inhaalzicht. Wanneer enkel het remzicht relevant is, worden voor autowegen boogstralen van 2000 – 3000 m aangeraden. Wanneer tevens het inhaalzicht relevant is, worden volgende richtwaarden gegeven:

| Ontwerpsnelheid | Inhaalzicht | Boogstraal |
|-----------------|-------------|------------|
| 100 km/u        | 680 m       | 44500 m    |
| 80 km/u         | 420 m       | 17000 m    |
| 70 km/u         | 325 m       | 10200 m    |
| 50 km/u         | 160 m       | 2460 m     |

Wat betreft holle bochten wordt een minimum straal van 3000 m aangeraden om te vermijden dat er onvoldoende zichtafstand is bij gebruik van de dimlichten 's nachts (Slop et al., 1996 – geciteerd Safestar 2002). Volgens Willems (2002) spelen verkeerstechnische eisen geen rol omdat er namelijk altijd voldoende zicht is. Bij holle bochten spelen comfort en esthetische aspecten. Richtwaarden voor holle bochten zijn:

| Ontwerpsnelheid | Boogstraal vanwege comfort | Boogstraal vanwege wegbeeld |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|
| 120 km/u        | 1200 m                     | 25000 m                     |
| 90 km/u         | 700 m                      | 13000 m                     |
| 70 km/u         | 400 m                      | 7500 m                      |
| 50 km/u         | 200 m                      | 2800 m                      |
| Fietspaden      | 50 m                       | 500 m                       |

Bij te kleine bochten ontstaat een knikeffect, vandaar de hogere waarde bij de boogstraal vanwege het wegbeeld.

## 4.3 Dwarsprofiel

### 4.3.1 Rijstroken

Uit de literatuur komt als gemeenschappelijk element naar voren dat het wegdek van groot belang is – met name de breedte, de indeling in banen en stroken en het wegverloop. Ook het landschap dan wel de aard van het grondgebruik langs de weg vormt een factor van belang.

De regionale stroomweg in Nederland kent uitsluitend om redenen van capaciteit twee mogelijke dwarsprofielen: 2x1 of 2x2 (CROW, 2002b). In de verdere literatuur is er weinig informatie gevonden over het aanbevolen aantal rijstroken. In alle landen hebben de vergelijkbare wegen 1 of 2 rijstroken per rijrichting. Het aantal wordt eerder bepaald door de nodige capaciteit dan door de verkeersveiligheid.

De rijstrookbreedte variëert met het type weg. Voor Nederlandse regionale stroomwegen worden breedtes van 3.00 m op 2x1 en 3.25 m op 2x2 wegen voorgesteld (CROW, 2002b). Voor de gebiedsonsluitingswegen wordt 3.10 m voorgesteld, voor zowel de 2x1 als de 2x2 versies (CROW, 2002c).

Aanbevolen rijstrookbreedtes in de Verenigde Staten:

| Gemiddeld dag volume | > 10% vrachtwagens | < 10% vrachtwagens |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| 1 – 750              | 3.0 m              | 3.0 m              |
| 750 – 2000           | 3.7 m              | 3.3 m              |
| > 2000               | 3.7 m              | 3.3 m              |

*Bron: TRB, 1987 (geciteerd in OECD, 1999)*

Verschillende studies (Zegeer, Deen en Mayes, 1981; Zegeer en Council, 1993; McLean, 1985 – geciteerd Ogden, 1996) hebben aangetoond dat rijstrook breedte van 3.4 tot 3.7 m het laagste ongevalaandeel hebben. Rijstroken met breedtes, kleiner dan 3 m dragen bij tot ongevallen met meerdere voertuigen (Lay, 1986; Zegeer, Deen en Mayes, 1981; Hedman, 1990 – geciteerd Ogden, 1996). Eveneens is er een veilige bovenlimiet aan de breedte van rijstroken. Er zijn nagenoeg geen voordelen aan het breder maken van rijstroken dan 3.7 m, behalve op wegen met een groot aandeel aan vrachtvervoer waar men rijstroken van 4 m terecht zijn (Zegeer, Deen en Mayes, 1981 – geciteerd in Ogden, 1996).

Zegeer & Council (1992 – geciteerd in OECD, 1999) vonden tijdens een dwarsprofiel onderzoek in de Verenigde Staten dat, door de effecten van rijstrookbreedte te isoleren van andere wegkenmerken, ze volgende ongevalreducties konden voorspellen voor de gerelateerde ongevalstypes (run-off, head-on, opposite and same direction sideswipes):

| Rijstrook verbreding | Vermindering van ongevallen |
|----------------------|-----------------------------|
| 0.3 m                | 12%                         |
| 0.6 m                | 23%                         |
| 0.9 m                | 32%                         |
| 1.2 m                | 40%                         |

Deze resultaten zijn geldig voor 2-strooks wegen met rijstrook breedtes tussen 2.4 m en 3.7 m en gemiddelde dag volumes tussen 100 en 10000. Aan de andere kant mogen stroken ook niet te breed zijn gezien dat dan weer hogere snelheden tot gevolg heeft en dus ook kan leiden tot meer ongevallen of zwaardere ongevallen.

Transportation Research Board (1987 – geciteerd in Ogden, 1996) halen een Amerikaanse studie aan waarbij de breedte van "rural roads" werden verbreed van 1.7 m tot 3.4 m en van 3 m tot 3.7 m en waarmee het aantal ongevallen met zware letsels werden gereduceerd met 22%.

Op basis van ongevalgegevens op Portugese wegen, komt Safestar (1998 – geciteerd in Cardoso & Costa, 1998) tot volgende conclusie: wegen met middenberm ('dual carriageways') met rijstrook breedtes groter dan 2.5 m hebben een significant lager ongevalpercentage dan vergelijkbare wegen met smallere rijstroken. Bij wegen zonder middenberm ('single carriageways') ligt deze grens op 3.5 m.

Een minimum rijstrookbreedte van 3.5m wordt ook aangeraden door de Motorway Working Group Action Start in 'Standardisation of Typology on the Trans-European Road Network' van 1994 (geciteerd door Safestar, 2002).

#### 4.3.2 Middenberm

Op sommige wegvakken is het nodig om een scheiding te maken tussen voertuigsoorten en het scheiden van conflicten tussen tegemoetkomend, kruisend en overstekend verkeer. Op een weg zonder middenberm en enkel een scheidingslijn, passeren wagens elkaar op amper een meter van elkaar. Zelfs indien de snelheidslimieten gehandhaafd worden, overschrijdt de gecombineerde relatieve snelheid gemakkelijk de 150 km/u. Een frontale botsing bij een dergelijke relatieve snelheid loopt hoogstwaarschijnlijk fataal af.

Op enkelbaans wegen met twee rijstroken en tegengesteld verkeer vinden schampongevalen en frontale ongevallen plaats. Deze ongevallen vinden niet alleen plaats ten gevolge van bewuste inhaalmanoeuvres, maar ook ten gevolge van onbewuste of onbedoelde zijdelingse verplaatsingen. Door de beide rijstroken met tegengesteld verkeer van elkaar te scheiden (de rijrichtingscheiding) en het inhalen onmogelijk te maken, neemt de kans op deze ongevallen aanzienlijk af.

Om inhaalmanoeuvres te voorkomen is in juridische zin een doorgetrokken asstreep voldoende. In de praktijk blijkt echter dat dit alleen maar het geval is bij een zeer intensieve handhaving of bij zeer hoge verkeersintensiteiten. In artikel 76 van het RVV heeft een doorgetrokken streep, indien deze zich bevindt tussen rijstroken met verkeer in beide richtingen, de volgende betekenis: bestuurders mogen de streep niet naar links overschrijden en zich niet links van de streep bevinden, tenzij aan de rechterzijde van de doorgetrokken streep een onderbroken streep is aangebracht.

Het kan hierbij gaan om één doorgetrokken streep of twee doorgetrokken strepen. De maximale afstand tussen twee doorgetrokken strepen van de rijrichtingscheiding mag volgens de Europese regels maximaal 0.18 m bedragen (CROW, 2002c).

In de literatuur worden verschillende indelingen gemaakt van middenbermen: met of zonder fysisch scheidingselement, breed of smal, verhard of niet verhard, hoog of laag, ...

In een publicatie van de SWOV (1997) wordt volgende opsplitsing gemaakt:

- 'harde' scheiding: hierbij is het bijvoorbeeld fysiek onmogelijk om op de rijbaan van het tegemoetkomende verkeer te komen of om als bestuurder van een personenauto gebruik te maken van een busstrook.
- 'permeabele' scheiding: bijvoorbeeld door het aanbrengen van een dubbele asmarkering de rijrichtingen te scheiden of doelgroepstroken onderscheiden met markering.
- 'organische' scheiding: bijvoorbeeld door inhaal- of inrijverbodsborden te plaatsen voor specifieke voertuigsoorten.

Ogden (1996) maakt volgende opsplitsing:

- brede middenberm zonder fysische scheiding: biedt plaats aan bestuurders, die van de weg af dreigen te raken om opnieuw de controle te herwinnen. Ze bieden ook plaats voor afsla stroken.
- Smalle middenberm met fysische scheiding (vb. stalen afscherming, betonnen barrière): dienen om afwijkende voertuigen opnieuw in hun wegvak te houden; hebben ook het effect om voetgangers te ontmoedigen de rijbaan over steken.
- Smalle middenberm zonder fysische scheiding: deze doet weinig aan afwijkende wagens, maar maakt een duidelijke scheiding tussen de rijrichtingen en biedt tevens mogelijkheid voor voetgangers om de rijbaan over te steken in twee stappen. De middenberm werkt hier dan als vluchtheuvel.

Op de internetsite van Duurzaam Veilig Verkeer<sup>2</sup> wordt nog een rijrichtingscheiding met "flapjes" aangehaald. Het nadeel hiervan is dat de flapjes op een niet-verhoogde rijrichtingscheiding grote kans lopen kapot gereden te worden.

---

<sup>2</sup> <http://www.veiligverkeer.com>

Het doorschrijden van de middenberm dient zo veel mogelijk en liefst te allen tijde te worden vermeden, hoewel dit laatste natuurlijk nooit kan worden waargemaakt. De kans op doorschrijding is afhankelijk van de snelheid, de intensiteit en de breedte van de berm (Willems, 2002):

- Breedte = 12m → kans = 0;
- Breedte < 2.5m → middenberm moet in ieder geval verhoogd worden of een geleiderail of -boord moet aangebracht worden;
- Breedte = 6m: redelijk optimum, gelet op het grondgebruik en de veiligheid.

Op gebiedsonsluitingswegen is een middenberm gewenst bij wegtype I (2x2 rijstroken). Voor wegtype II (2x1 rijstrook) wordt de middenberm als uitvoeringsvariant van de rijrichtingscheiding ontraden in verband met de benodigde verkeersmaatregelen bij werk in uitvoering, de herkenbaarheid van de 'enkelbaans' gebiedsonsluitingswegen, het ruimtebeslag en de bereikbaarheid voor hulpdiensten. De breedte van de middenberm (gemeten tussen de verhardingen) dient in samenhang met de breedte van de beide rijbanen en de benodigde ruimte voor eventuele bebakening, bebording, verlichting en linksafvakken bepaald te worden: minimaal: 3.00 m en maximaal: 6.00 m (CROW, 2002c).

Amerikaanse studies in de jaren 1970 (Federal Highway Administration, 1982; Zegeer en Council, 1992 – geciteerd in Ogden, 1996) hebben aangetoond dat bij een middenberm van 9 m, tussen de 70 en 90% van de wagens die de middenberm binnendringen niet de andere kant van de rijweg bereikten.

Naast de breedte van de middenberm, kan ook de helling bepalend zijn voor ongevallen. In de genoemde studie van Zegeer en Council (1992) wordt een helling van 6:1 voorgesteld. Hellingen van 4:1 of steiler worden geassocieerd met koprol ongevallen.

Ogden (1996) citeert verschillende studies waarbij het effect van een middenberm onderzocht werd op het aantal ongevallen.

- Walker en Lines (1991) – Groot-Brittannië: wegen met 2 rijbanen (dus met middenberm) hebben slechts 2/3 van het aantal ongevallen / voertuigkilometer dan wegen met 1 rijbaan (dus zonder middenberm)
- NAASRA (1988) – Australië: vergelijking wegen zonder middenberm met wegen
  - Smalle geschilderde middenberm: 30% reductie in ongevallen
  - Smalle verhoogde middenberm: 48% reductie in ongevallen
  - Brede middenberm: 54% reductie in ongevallen

- Johnson (1980) – Groot-Brittannië: installatie van een stalen afscherming op de middenberm leidt tot een reductie van 15% in dodelijke ongevallen maar een toename van 14% in ongevallen zonder gekwetsten.

### 4.3.3 Fietspaden

Uit het Vademecum Fietsvoorzieningen (MVG, 2002a) halen we volgende maatvoering voor verschillende types van fietspaden. Enkel de types die in aanmerking komen voor wegen buiten de bebouwde kom zijn hier opgenomen. Volgende types zijn dus niet opgenomen: aanliggend eenrichtingsfietspad, aanliggend dubbelrichtingsfietspad en de fietsuggestiestrook. Ook de fietsweg wordt in dit onderzoek weggelaten.

| Type fietsvoorziening               | Aanbevolen breedte (cm) | Min. breedte (cm) | Verhoogd | Tussenstrook rijweg <sup>3</sup> | Rijsnelheid autoverkeer (km/u) |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|----------|----------------------------------|--------------------------------|
| Vrijliggend eenrichtingsfietspad    | > 175                   | 150               | ---      | > 100                            | > 50                           |
| Vrijliggend dubbelrichtingsfietspad | > 250                   | 200               | ---      | > 100                            | > 50                           |

De Fietsersbond vzw onderschrijft deze minimale afmetingen vanaf snelheden boven de 70 km/u. De tussenstrook of veiligheidsstrook kan uitgevoerd worden in o.a. gras of asfalt. Hun voorkeur gaat uit naar tweezijdige vrijliggende fietspaden. Ook in Nederland (CROW, 1997) raadt men aan om op 80 en 100 km/u wegen geen fietsers, bromfietsers of langzaam gemotoriseerd verkeer op de rijbaan toe te laten maar op aparte fietspaden te laten rijden.

Ieder fietspad wordt uitgevoerd in asfalt of beton. Klinkers of tegels geven verzakkingen en zijn oncomfortabel om te fietsen. Zeker op kruispunten en gevaarlijke plaatsen is het aangeraden het fietspad een rode kleur te geven (Fietsersbond).

Volgens Schimek (1997) zijn fietspaden in Amerika dikwijls te smal voor een degelijk fietsgebruik. Een fietspad wordt namelijk niet alleen meer gebruikt door fietsers, maar ook door bijvoorbeeld rolschaatsers, voetgangers en andere niet-fietsers.

<sup>3</sup> Wanneer een voldoende verticaal scheidend element (b.v. haagblok) is aangebracht tussen rijweg en fietspad kan een fietspad met smallere tussenstrook strikt genomen ook als vrijliggend beschouwd worden. Dit is echter geen aanbevolen situatie. Het aanbrengen van dergelijk scheidend element is overigens ook bij bredere tussenstroken aangeraden (MVG, 2002).

In de *Guide for the Development of New Bicycle Facilities* van de AASHTO van 1991 wordt een fietspadbreedte van 10 feet (=3.05 m) aangeraden, met een minimum van 8 feet (=2.44 m). Dit geldt voor tweerichting fietspaden. Schimek zelf houdt het, afgaande op zijn ervaring, bij een minimum breedte van 12 feet (=3.66 m) en een aangeraden breedte van 16 feet (=4.88 m). Voor enkelrichting fietspaden spreekt "The Guide" van een minimum breedte van 5 feet (=1.52 m).

#### 4.3.4 Vluchtstrook of zijberm

De zijbermen hebben geen andere bekleding dan gras, uitgezonderd de eventuele fietspaden. De zijbermen kunnen voorzien worden van beplantingen (MOW, 1959). Wanneer een zijberm verhard wordt uitgevoerd, spreekt men van een vluchtstrook (Willems, 2002). Zij worden in deze paragraaf samen behandeld.

Zijbermen hebben verschillende functies. Wat de verkeersveiligheid betreft, kunnen we volgende functie aanduiden: het vrijwaren van bermvrees, zodat de rijstrook te volle benut wordt; het visueel geleiden van het verkeer en ruimte voor beplanting, bebakening en verlichting (Willems, 2002).

Op basis van ongevalgegevens op Portugese wegen, komt Safestar (1998 – geciteerd in Cardoso & Costa, 1998) tot volgende conclusie: wegen met middenberm met een zijberm breder dan 0.5 m hebben een significant lager ongevalpercentage dan vergelijkbare wegen met smallere zijbermen.

Wat de eventuele verharding betreft, worden in dezelfde studie volgende conclusies getrokken: 2x2 wegen met een verharde zijberm vertonen gelijkaardige ongevalpercentages met wegen zonder verharde zijberm. Dit is waarschijnlijk te verklaren met het feit dat op dit type wegen het onderhoud van de zijbermen zeer goed is. 2x1 wegen met een verharde zijberm vertonen een lager ongevalpercentage dan wegen met onverharde zijbermen. De verklaring hier is waarschijnlijk omdat het onderhoud op dergelijke wegen veel minder goed is.

Een Amerikaanse studie (Zegeer, Deen en Mayes, 1981 – geciteerd in Ogden, 1996) toonde aan dat er een reductie is van 21% in het aantal ongevallen indien een weg zonder zijberm, een zijberm krijgt van 0.9-2.7 m. De studie ging verder met te beweren dat 1.5 m een optimale breedte is. Hedman (1990 – geciteerd in Ogden, 1996), gebruik makend van Zweedse data, vond een afname in ongevallen bij een toename van zijberm breedte van 0 to 2 m en dat er weinig extra voordeel wordt geboekt met breedtes boven de 2.5 m.

Zegeer et al. (1986 - geciteerd in Vogt & Bared, 1998) vonden dat een verbreding van een verharde zijberm met 0.6 m per kant het aantal ongevallen reduceerde met 16%, terwijl Miaou et al. (1993 - geciteerd in Vogt & Bared, 1998) een reductie van 8% vond.

In Nederland (CROW, 2002c) houdt men de breedte op 6.00 m in normale omstandigheden met een minimum van 4.50 m. Dit komt overeen met de obstakelvrije zone.

#### *4.3.5 Tussenberm*

Een tussenberm is een wegberm tussen min of meer evenwijdig lopende verkeersbanen. Deze verkeersbanen zijn de rijstroken aan de ene kant en de fietspaden of ventwegen aan de andere kant. De tussenberm vervult de functie van de buitenberm, namelijk een vlucht- en bergingszone voor de gebiedsontsluitingsweg en het voorkomen dat uit de koers geraakte voertuigen op de andere weg komen. Op grond van de laterale verplaatsingen van uit de koers geraakte voertuigen bedraagt de breedte van de tussenberm normaal 6.00 m met een minimum van 4.50 m (CROW, 2002c).

#### *4.3.6 Parkeerstroken*

Parkeergelegenheden dienen gescheiden te zijn van de wegvakken op regionale stroomwegen oftewel autowegen (CROW, 2002b).

#### *4.3.7 Parallele erftoegangsweg - ventweg*

Ventwegen zijn bedieningswegen die moeten vermijden dat omwonenden rechtstreeks toegang hebben en om de omleidingsweg (gewestweg) zijn karakter van weg voor het snelverkeer te laten behouden (MOW, 1959). De aanleg van een parallelle erftoegangsweg heeft een gunstig effect op de verkeersveiligheid. De gebiedsontsluitingsweg is na aanleg van de erftoegangsweg significant veiliger dan bij uitsluitend vrijliggende fiets/bromfietspaden. Een parallelle erftoegangsweg met fietsers, bromfietzers en overig langzaam gemotoriseerd verkeer is veiliger dan vrijliggende fiets/bromfietspaden die diverse zijwegen en erfaansluitingen kruisen. Dit geldt voor in twee richtingen bereden paden in (veel) sterkere mate dan voor in één richting bereden fiets/bromfietspaden. In beginsel dienen landbouwvoertuigen van de gebiedsontsluitingsweg met 2x1 rijstrook te worden geweerd. Dit hoeft niet noodzakelijkerwijs te geschieden door het creëren van parallelle erftoegangswegen. Het verdient aanbeveling eerst te zoeken naar meer structurele oplossingen waardoor de herkomsten en bestemmingen van de langzame voertuigen zodanig worden verplaatst, dat deze de gebiedsontsluitingsweg niet meer in hun route hoeven op te nemen (CROW, 2002c). Het aanleggen van parallelwegen bij een gebiedsontsluitingsweg buiten de bebouwde kom in combinatie met het opheffen van erfaansluitingen heeft een effectiviteit van 25% (IDVV, 2001).

#### 4.3.8 Redresseerstrook

Dit is een verharde strook van beperkte breedte, gelegen naast de rijstrook en bedoeld om weggebruikers de gelegenheid te geven hun koers te corrigeren (CROW, 2002c). Willems (2002) houdt het op ongeveer 1 m. Deze strook behoort tot de rijbaan en wordt in het normaaldwarsprofiel aan de rechterzijde van de rijstrook over de gehele lengte van de weg aangebracht. De scheiding met de rijstrook gebeurt door een kantstreep. Als een middenberm aanwezig is, wordt er ook aan de linkerkant van de rijbaan een redresseerstrook aangebracht. Afhankelijk van de ontwerpsnelheid raadt CROW een breedte van 0.60 m (90 km/u) of 0.30 m (< 90 km/u) aan.

Een redresseerstrook heeft een positief effect op de verkeersveiligheid. Een brede redresseerstrook is effectief in het verlagen van de kans op enkelvoudige ongevallen. De redresseerstrook mag dan ook weer niet te breed worden om volgende redenen (CROW, 2000c):

- het voorkomen van (illegale) inhaalmanoeuvres (breedte rij- en redresseerstrook < 4.50m;
- bij een redresseerstrook van 0.30 m wordt gemiddeld meer naar het midden van de weg gereden dan bij een strook van 1.20 m;
- de gemiddelde snelheid is circa 4 km/u lager bij een redresseerstrook van 0.30 m t.o.v. een strook met een breedte van 1.20 m.

## 4.4 Knooppunten en aansluitingen

### 4.4.1 Inleiding

Knooppunten en aansluitingen zijn locaties op wegen waar verschillende weggebruikers elkaar ontmoeten en/of kruisen. Dit kunnen kruispunten, privé en/of bedrijfs in- en uitritten, middenberm doorgangen, e.d. zijn. Om de verkeersveiligheid te verhogen dienen het aantal knooppunten en aansluitingen beperkt te blijven. Ogden (1996) meldt dat studies aangetoond hebben dat het aantal ongevallen toeneemt met de dichtheid van toegangsvormen, zoals kruispunten en middenbermovergangen. Op de meeste wegen is het niet mogelijk of zinvol om toegangen te elimineren, maar de effecten van toegang kunnen gewijzigd worden door het aantal conflicten op aansluitingen te reduceren. Glennon en Azzeh (1976 – geciteerd in Ogden, 1996) hebben dit in twee procedures opgesplitst:

- reduceer het aantal toegangspunten (vb. Middenberm openingen, ventwegen toepassen)
- scheiding van doorgaand verkeer van het toekomstig verkeer (vb. Invoeg en uitvoegstroken, afsla stroken)

Op kruispunten van gewestwegen buiten de bebouwde kom vonden in 1999 4515 ongevallen plaats, met 112 doden en 1097 zwaar gewonden als gevolg (MVG, 2001).

In de volgende paragrafen worden verschillende types van knooppunten en aansluitingen besproken.

#### 4.4.2 *Vorrangskruispunten*

Ruimtelijke beschrijving van een voorrangskruispunt door CROW (2002c):

- voorrang regelen met verkeerstekens
- linksafvak(ken) op de hoofdweg
- middengeleider in de zijweg(en)
- maximaal één doorgaande rijstrook per rijrichting op de hoofdweg
- maximaal één toeleidende rijstrook op de zijweg(en)

Vorrangskruispunten met twee doorgaande rijstroken per rijrichting mogen niet toegepast worden, tenzij een verkeersregelinstantie wordt geplaatst. Verhoging van de capaciteit door het aanleggen van meer stroken op de hoofdweg of de zijweg voor welke richting dan ook gaat namelijk altijd ten koste van de verkeersveiligheid.

#### 4.4.3 *Kruispunt met verkeersregelinstanties*

Het gebruik van gecontroleerde verkeerslichten helpt o.a. bij (Paulsen, 2002):

- verminderen van het aantal zware ongevallen
- verminderen van agressief rijgedrag, inclusief rood-rijden

Vorrangskruispunten worden doorgaans pas voorzien van een verkeersregelinstantie wanneer de capaciteit of de doorstroming in het geding is. Plaatsing vindt in de regel niet plaats uitsluitend op grond van verkeersveiligheid.

Bij vergelijking van zwaar belaste voorrangskruispunten met en zonder verkeersregelinstantie blijkt het volgende (CROW, 2002c):

- op compacte driearmige voorrangskruispunten met verkeerslichten vinden in het algemeen 15% minder letselongevallen plaats dan zonder deze lichten
- op compacte vierarmige voorrangskruispunten met een verkeersregelinstantie vinden in het algemeen 30 tot 40% minder letselongevallen plaats dan zonder die instantie
- wanneer het echter om grote, complexe kruispunten gaat (twee of meer stroken voor rechtdoorgaand verkeer op de hoofdweg) is het effect van de verkeerslichten (veel) geringer

- de toepassing van een verkeersregelininstallatie leidt in het algemeen tot 30% minder fietsongevallen, waarbij de intensiteit van het verkeer op de hoofdweg nauwelijks van invloed is

Uit een studie van Porter & England (2000 – geciteerd Noland, 2000) blijkt dat roodrijden meer voorkomt bij kruispunten met meerdere rijstroken. Dit kan meer ongevallen tot gevolg hebben.

#### 4.4.4 Voorrangskruispunten met bajonet

Een vierarmig kruispunt heeft om redenen van verkeersveiligheid de voorkeur boven een aansluiting die bestaat uit twee dicht bij elkaar gelegen driearmige voorrangskruispunten. Een bajonetoplossing heeft de volgende nadelen (CROW, 2002c):

- op de doorgaande weg is tussen de beide T-aansluitingen de verkeersbelasting hoger;
- er zijn (grote) snelheidsverschillen tussen het 'kruisende' verkeer en het doorgaande verkeer op de hoofdweg;
- het is bij aansluitingen van erftoegangswegen in het beginsel niet toegestaan dat alle soorten verkeer gebruik maken van de hoofdweg.

De bajonetoplossing is vooral geschikt om de gelijkwaardigheid van elkaar kruisende wegen op te heffen. Het tunnelvisiefenomeen kan onder andere door toepassing van een bajonetoplossing als kruispuntsvorm worden verminderd (CROW, 2002c).

Hedman (1990 – geciteerd in Ogden, 1996) daarentegen beweert dat bajonet-kruispunt 1.5x tot 2x veiliger zijn dan vierarmige kruispunten. Cijfermateriaal om dit te staven hebben we niet gevonden.

#### 4.4.5 Ronde

De ronde is de meest veilige gelijkvloerse kruispuntvorm met, ten opzichte van een voorrangskruispunt, een relatief hoog afwikkelingsniveau. Toepassing is vooral in de volgende situaties aan de orde (CROW, 2002c):

- kruispunten van gebiedsontsluitingswegen onderling;
- accentpunten in gebiedsontsluitingswegen zoals komgrenzen en overgangen van wegcategorieën.

Willems (2002) onderscheidt drie types: de mini-ronde, de éénstrooksronde en de meerstrooksronde.

In een publicatie van CROW (1993) rond rotondes worden enkele effecten van rotondes vermeld:<sup>4</sup>

- Rotondes hebben een aanzienlijk effect op de verkeersveiligheid;
- Daar waar een kruispunt werd gereconstrueerd tot een rotonde, is het totaal aantal geregistreerde ongevallen met bijna 50% afgenomen;
- Het aantal slachtoffers nam zelfs af met ruim 70%;
- Daling aantal slachtoffers bij fietsers en bromfietzers: 63%;
- Daling aantal slachtoffers bij auto-inzittenden: 95%;
- Op locaties buiten de bebouwde kom bleek de reductie van het aantal slachtoffers sterker dan binnen de bebouwde kom (reductie van 86% respectievelijk 69%).

De kans op ongevallen en slachtoffers wordt vooral bepaald door de verkeersintensiteiten en door de gekozen oplossing voor het fietsverkeer. Zowel de aantallen ongevallen als de aantallen slachtoffers nemen toe met de verkeersintensiteit. Vooral bij de aantallen slachtoffers is er een duidelijk verschil tussen de diverse fietsoplossingen. De rotonde met vrijliggend fietspad blijkt bij hogere intensiteiten belangrijk veiliger te zijn dan rotondes met fietsstrook of zonder fietsvoorziening. Voor bomfietzers zijn die verschillen nog groter. Er wordt dan ook aanbevolen om op rotondes met meer dan 8000 voertuigen per etmaal en met fietsverkeer van enige betekenis bij voorkeur een vrijliggend fietspad (geen voorrang voor fietsers) toe te passen (Willems, 2002).

In een artikel van het Reformatorisch Dagblad (2000), zegt de verkeersorganisatie 3VO dat uit een onderzoek van de provincie Zuid-Holland bleek dat het aantal gewonden met 80% was afgenomen op de 74 kruispunten waar rotondes zijn aangelegd. In het artikel wordt echter geen vermelding gemaakt over welk onderzoek of welke data het gaat.

Ogden ( 1996) citeert verscheidene studies omtrend rotondes en hun effecten op de verkeersveiligheid. Zo hebben verschillende studies aangetoond dat de veiligheid toeneemt door gebruik van rotondes t.o.v. kruispunten met "Stop" of "Geef voorrang" signalisatie.

- Australië, Teale (1984): Invoering van rotondes op lage intensiteitplaatsen: 78% reductie van het aantal ongevallen met gewonden;
- Australië, Corben, Ambrose and Foong (1990): Invoering van rotondes op 9 plaatsen, leidde tot een verminderen van het aantal ongevallen met gewonden met 81%;

---

<sup>4</sup> Gezien de opsplitsing in het laatste voorbeeld zijn deze cijfers blijkbaar niet altijd uitgesplitst in binnen en buiten de bebouwde kom. Enkel het gekende cijfer van buiten de bebouwde kom wordt opgenomen in de effecten tabel op het einde van het rapport.

- Walker and Pittam (1989): Aantal ongevallen op minirotondes is vergelijkbaar met landelijke T-kruispunten;
- UK, County Surveyors' Society (1987):
  - mini- en kleine rotondes t.o.v. kruispunten met voorrang: daling van aantal ongevallen met 30-40%;
  - mini- en kleine rotondes t.o.v. kruispunten met verkeerslichten: daling van het aantal dodelijke en zwaargewonde incidenten met 40-60%.
- UK, Department of Transport (1986):
  - rotonde t.o.v. kruispunt met voorrang: daling van ongevallen met gewonden met 50-60%;
  - rotonde t.o.v. kruispunt met verkeerslichten: daling van 40%.
- Zweden, Hedman (1990): Invoering van rotondes leidde tot een kleine verandering in de ongevallen frequentie, maar een daling van 50% in de ernst van het ongeval.

#### 4.4.6 Openbaarvervoerhalten

Op de autowegen wordt aangeraden geen bushaltes te installeren. Algemeen op gewestwegen buiten de bebouwde kom, raadt men aan havens te gebruiken. Bushaltes op de rijbaan zelf zijn niet toegelaten (CROW, 1997). Ook Giesen (2003) raadt aan om buiten de bebouwde kom op drukke wegen bushaltes in havens te leggen om stremming van het autoverkeer en de daarmee gepaard gaande passeermanoeuvres te voorkomen. Om de veiligheid van fietsers te vrijwaren, dienen volgende uitgangspunten in acht genomen te worden:

- In geval van aanliggende fietspaden dient er als algemene regel naar gestreefd te worden het fietspad om te buigen en achter de halte en de volledige halteaccommodatie te brengen. Tussen de achterwand van het schuilhuisje en het fietspad dient een veiligheidsstrook te worden voorzien;
- De andere oplossing waarbij het fietspad rechtdoor loopt, mag slechts uitzonderlijk en wanneer het niet anders kan toegepast worden.

Om drempels te vermijden wordt de halte over de ganse lengte op hetzelfde niveau aangelegd als het fietspad. Eventueel dient een klein niveauverschil aangehouden te worden ten dienste van de slechtzienden.

#### 4.4.7 Spoorwegovergang

Spoorwegovergangen verschillen van andere kruispunten enkel omdat het kruisingen zijn van een spoorweg met een autoweg i.p.v. een kruising van twee autowegen. Ongevallen bij spoorwegovergangen zijn eerder beperkt in aantal t.o.v. het totaal aantal wegongevallen maar blijken ernstiger te zijn gezien het verschil in afmetingen tussen de trein en het motorvoertuig (OECD, 1999). Bij de meeste ongevallen aan spoorwegovergangen echter is geen trein betrokken. Het zijn dan ongevallen tussen voertuigen of enkelvoudige ongevallen met de spoorweginfrastructuur (Ogden, 1996).

In Nederland wordt door CROW (2002c) voor gebiedsontsluitingswegen van het type I (2x2 rijstroken) enkel ongelijkvloerse overgangen aangeraden en voor type II (2x1 rijstrook) ongelijkvloerse of bewaakte overgangen.

Hier volgt een opsomming van verbetermaatregelen bij AHOB-overwegen (=Automatische Halve Overwegbomen). Voor een groot deel zijn de maatregelen onderzocht op hun effectiviteit en mogelijke gevolgen. Zij zijn (aantoonbaar) positief bevonden in het veiliger maken van overwegen (Sloot, 2002).

Toepasbare maatregelen:

- Verlengen bestaande achterboom
- Aanbrengen of verlengen voet- / fietspadboom aan open zijde
- Filewaarschuwing
- Voorwaarschuwingslichten uitvoeren met flitslichten
- Drempel vóór de overweg
- Aanbrengen middengeleider<sup>5</sup>
- Doortrekken voet-/fietspaden over de overweg
- Afkruisen kruisingsvlakken langzaam verkeer
- Doortrekken middenstreep over de overweg

Een ander deel van de maatregelen valt onder de noemer 'kansrijk'. Deze worden al in beperkte mate toegepast (Nederland) maar zijn nog niet nader onderzocht, of ze zijn wel onderzocht maar daarbij is gebleken dat de effectiviteit zeer gering of zelfs niet aantoonbaar is.

Kansrijke maatregelen:

---

<sup>5</sup> Middengeleiders hebben het grote voordeel goedkope investeringen te zijn met een grote veiligheidsopbrengst. Indien de weg onvoldoende breed is, kunnen extra ('verhoogde') markeringen aangebracht worden op de aslijn. Het concept is alleszins dat een barriere in het midden van de weg de autobestuurders verhinderen om rond de slagboom te rijden (GCPT, 2000).

- Aanbrengen hekwerken onderaan boom<sup>6</sup>
- Vergroten achtergrondschild
- Waarschuwen verkeer met ribbels dwars over de weg
- AHOB-paal direct naast rijstrook voor het autoverkeer
- Plaatsen portaal/uitlegger direct voor de overweg
- Overweg met vluchtsluis
- Kantbelijning met reflectoren
- Flexibele rijbaanscheiding op overweg (tussen hoofdrijbaan en parallelweg)
- Wijzigen knipperfrequentie

De hoek tussen de spoorweg en de autoweg moet zo dicht mogelijk een rechte hoek benaderen om zodoende een maximum zichtafstand te bieden langs de baan in beide rijrichtingen van beide wegsoorten. Om dezelfde reden is de spoorwegovergang best niet geplaatst in een horizontale bocht van of de weg of de spoorweg. Het verticaal alignement moet zo vlak mogelijk zijn om autobestuurders de kans te geven de spoorlijnen te zien en tevens remafstanden niet te beïnvloeden (OECD, 1999).

#### 4.4.8 Oversteekplaats voor voetgangers

Een oversteekplaats is een door wegmarkering in dwarsrichting aangegeven deel van een rijbaan ten behoeve van het oversteken (CROW, 2002c). Buiten de bebouwde kom mag het enkel een geregelde oversteekplaats zijn. Door de voorrangsregeling voor voetgangers kan hun veiligheid anders niet gegarandeerd worden (Giesen, 2003).

Volgens de MB van 11 oktober 1976 (MVG, 2003a) waarbij de minimumafmetingen en de bijzondere plaatsingsvoorwaarden van de verkeerstekens worden vastgelegd, worden de oversteekplaatsen voor voetgangers afgebakend door witte banden, evenwijdig met de as van de rijbaan (zebrapad).

De breedte van de stroken en van hun tussenafstand is ongeveer 0.50 m.

Ze hebben een lengte van ten minste:

- 3.00 m op de wegen waar de hoogste toegelaten snelheid lager is dan of gelijk aan 70 km/u;
- 4.00 m op de wegen waar een snelheid van meer dan 70 km/u is toegelaten.

Het Vademecum Voetgangersvoorzieningen vermeldt dat de oversteek plaatsen voor voetgangers op rijbanen waar de maximum toegelaten snelheid hoger ligt dan 70 km/u,

---

<sup>6</sup> Indien de slagbomen voldoende lang zijn om de volledige straat te overspannen en in een 'slot' zitten bij sluiting van de overweg, kunnen hekwerken of extra kabels de veiligheid verhogen. Ze vangen eventueel voertuigen op die door de slagboom zouden willen rijden. Moderne slagboomnetten zijn in staat om een pick-up truck aan 50 km/u te stoppen (GCPT, 2000).

moeten gesignaleerd worden door het verkeersbord A21, en dit op  $\pm 150$  m voor de oversteekplaats. In bijzondere omstandigheden kan dit op een andere afstand, maar dan moet dit wel aangegeven worden op een onderbord. Het verkeersbord A21 wordt niet geplaatst wanneer er een verkeersbord A23 is of een oversteekplaats voor voetgangers de beschermd wordt door driekleurige verkeerslichten. Dit staat beschreven in Art 7.6 van het MB van 11 oktober 1976.



Figuur 3: A21 Oversteekplaats voor voetgangers



Figuur 4: A23 Plaats waar speciaal veel kinderen komen

CROW (2002c) onderscheidt verschillende types.

#### Gelijkvloerse oversteekplaats voor voetgangers, fietsers en bromfietsers

Gezien de grote ruimtelijke spreiding van de bebouwing buiten de bebouwde kom heeft het geen zin aparte oversteekplaatsen te voorzien. Alleen in de buurt van bebouwde kommen, bushaltes en dergelijke kan het voorkomen. Solitaire, gelijkvloerse oversteekplaatsen mogen niet voorkomen. De oversteekplaatsen dienen altijd gelegen te worden aan kruispunten. Op dubbelbaans wegen moeten ze ongelijkvloers zijn.

Bij enkelbaanswegen kan de oversteekbaarheid verbeterd worden door:

- de passeersnelheid van het gemotoriseerde verkeer te reduceren (rotonde, plateau)
- door de oversteek in twee etappes te laten gebeuren (middengeleider, rijbaansplitsing)
- door de oversteeklengte te beperken
- door het plaatsen van een verkeersregelininstallatie, wanneer deze ook om andere redenen gewenst is

Het aanbrengen van voetgangersoversteekplaatsen (zebra) is op gebiedsontsluitingswegen buiten de bebouwde kom sterk af te raden. Deze voorzieningen werken alleen als de naderingssnelheid van het gemotoriseerde verkeer lager is dan 50 km/h.

#### Ongelijkvloerse oversteekplaats voor voetgangers, fietsers en bromfietsers

Bij dubbelbaans wegen wordt aangeraden met ongelijkvloerse oversteekplaatsen te werken. Hierbij heeft men nog twee mogelijkheden: fietstunnels en fietsbruggen.

## 4.5 Andere geometrische karakteristieken

### 4.5.1 Afslaande stroken

Giesen (2003) heeft in zijn eindwerk een uitgebreide paragraaf aan afslaande stroken gewijd.

Afslaande rijstroken, zowel links- als rechtsafslaande, dienen uitsluitend voor het afslaand verkeer. Wanneer men op een kruispunt met driekleurige verkeerslichten de doorgang van het links- of rechtsafslaand verkeer met pijllichten afzonderlijk wil regelen t.o.v het recht doorgaand verkeer is steeds een voorsorteerstrook noodzakelijk. Voor kruispunten waar de snelheid van het recht doorgaand verkeer hoog is, speelt de factor veiligheid een overwegende rol. Hierbij is het de bedoeling om de vertragingbeweging van het afslaand verkeer geleidelijk en grotendeels buiten de doorlopende rijstroken van het snelle recht doorgaand verkeer te laten gebeuren. Dit om kop-staart botsingen en gevaarlijke uitwijkmanoeuvres van het recht doorgaand verkeer te vermijden. Een voertuig dat via een afslaande rijstrook een linksaf- of rechtsaf beweging maakt, zal achtereenvolgens de volgende manoeuvres uitvoeren: uitvoegen uit de hoofdstroom, vertragen, eventueel stilstaan. Hieruit volgen de onderdelen waaruit een afslaande rijstrook bestaat: een gedeelte bestemd voor het verwisselen van rijstrook, een gedeelte bestemd voor het vertragen van het voertuig, en een opstelruimte. Het begin van een afslaande rijstrook moet duidelijk te onderscheiden zijn van de doorlopende stroken, wat in het tracé van de randen van de rijbaan, van de verkeersgeleiders of van de wegmarkering tot uitdrukking dient te komen.

Op verkeerswegen met een hoge snelheid zijn links afslaande rijstroken om veiligheidsredenen op alle kruispunten met regelmatig links afslaand verkeer gewenst. Op kruispunten gelegen langs wegen of straten met 3 of meer rijstroken die met verkeerslichten worden geregeld, zijn links afslaande rijstroken altijd noodzakelijk. Op wegen met links afslaande bewegingen komende uit tegengestelde richtingen, die elk over een links afslaande strook beschikken, zal men in het algemeen ervoor zorgen dat deze links afslaande bewegingen op het kruispunt zodanig geleid worden dat zij elkaar kunnen voorsteken. Op wegen met een middenberm zullen de links afslaande rijstroken zo mogelijk in de middenberm aangelegd worden, waardoor een betere rugdekking gegeven wordt aan het links afslaand verkeer.

De behoefte om rechts afslaande rijstroken aan te leggen is minder groot dan voor links afslaande rijstroken. Rechtsafslaande rijstroken kunnen aangewezen zijn in de volgende gevallen:

- wanneer de snelheid hoog is;
- in het algemeen langs wegen met 4 of meer rijstroken;
- wanneer het rechts afslaand verkeer door overstekende voetgangers en fietsers of door een parallel lopende lijn van het openbaar vervoer regelmatig opgehouden wordt;
- op kruispunten met driekleurige verkeerslichten wegens voor de hand liggende capaciteitsredenen;
- wanneer het nodig is om de herkenbaarheid van het kruispunt te verbeteren.

In een interview zegt Van der Dussen P. (2002) dat uit een voor-na-studie blijkt dat linksafvakken een vermindering van 36% gewogen ongevallen<sup>7</sup> en 58% voor letselongevallen. Het aantal niet-letselongevallen steeg echter met 15%.

#### 4.5.2 Ribbellijnen

Ribbellijnen waarschuwen verstrooide of slaperige bestuurders dat ze in problemen komen. Met ribbellijnen krijgen ze de gelegenheid om terug in hun eigen rijvak terug te trekken en zo een frontale botsing te vermijden.

Gebruik van ribbellijnen als kantlijnen is gebeurd langs lange, eentonige wegen, waarna een aanzienlijke vermindering werd gevonden van ongevallen waarbij een auto van de weg raakt (TR News, 1988 – geciteerd SWOV, 1996). Gisby (2003) meldt in haar artikel in Nordic Road & Transport Research ook dat studies in de Verenigde Staten van Amerika aangetoond hebben dat ribbellijnen langs de zijlijnen van de rijweg een enorm positieve invloed hebben op het aantal verkeersongevallen en gewonden. Het aantal enkelvoudige ongevallen daalde met maar liefst 70%.

#### 4.5.3 Bebouwing

Giesen (2003) geeft volgende informatie rond lintbebouwing.

Een lint is een bebouwde omgeving aan één of aan beide zijden van een straat met een typische lineaire structuur. Lintbebouwing is een nederzettingvorm die bestaat uit vrijwel aaneengesloten bebouwing, bestaande uit alleenstaande gezinswoningen en/of bedrijfsgebouwen langs wegen, waarbij achterliggende gronden onbebouwd blijven.

---

<sup>7</sup> Weging ongevallen: dodelijk en letselongevallen = factor 5; niet-letselongevallen = factor 1.

De lintbebouwing langs de meeste gemeentelijke structuurwegen zorgt enerzijds voor een versnippering van de open ruimte, terwijl anderzijds de verkeersonleefbaarheid en -onveiligheid in de hand wordt gewerkt. Verkeersproblemen door lintbebouwing hangen nauw samen met een gebrekkig locatiebeleid. Op diverse plaatsen op gewest- en provinciewegen buiten de bebouwde kommen bestaan er problemen omtrent verkeersveiligheid en verkeersafwikkeling door de talloze erfontsluitingen aan de weg. Het gaat om plaatsen met residentiële, tertiaire en ambachtelijke of commerciële lintbebouwing. Aan de erfopritten grijpen veel manoeuvres plaats met alle gevolgen van dien voor het aantal ongevallen. Door lintbebouwing liggen voorzieningen vaak ver uit elkaar en zijn zodoende moeilijk bereikbaar voor ouderen.

De mogelijke maatregelen zijn te situeren in vier hoofddomeinen:

- Een directe snelheidsvermindering voor wegen met lintbebouwing verhoogt de verkeersveiligheid. Chauffeurs kunnen dan gepaster reageren op eventuele manoeuvres die plaatsvinden aan opritten. Opgemerkt dient dat dit een nodige maar geen voldoende maatregel is;
- Op korte termijn kan bij de heraanleg van de wegen met lintbebouwing geopteerd worden voor een parallelweg, voor of achter de bebouwingen langs de weg, zodat het aantal erfontsluitingen op de hoofdweg verminderd;
- Het verhinderen van de verdere toename van lintbebouwing is van groot belang. Wegen of wegvakken waar nog geen erffuncties aanwezig zijn, moeten vanuit ruimtelijk en verkeerskundig standpunt beschouwd worden als een positief gedeelte van het netwerk. Op deze gedeelten mogen in de toekomst geen erfaansluitingen bijkomen;
- Op lange termijn dient de lintbebouwing te verdwijnen. Bij locatiekeuze moet dan gedacht worden aan inbreiding i.p.v. uitbreiding. Nieuwe uitbreidingen zoals industrieparken en woonwijken kunnen door één of enkele zijwegen op de hoofdweg aangesloten worden.

#### 4.5.4 *Obstakels*

Volgens het BIVV is bij 24% van de aanrijdingen met minstens één dode of zwaargewonde een star obstakel betrokken. 's Nachts stijgt dit aandeel zelfs tot 47% (Jacobs, 2003).

Een Fins onderzoek (Kallberg, 1991 – geciteerd in SWOV, 1996) heeft uitgewezen dat na plaatsing van reflectorpaaltjes de gemiddelde dwarspositie van auto's naar de zijkant van de weg verschoof. Dit verklaart waarschijnlijk de toename van het aantal ongevallen, vooral bij duisternis.

In de Verenigde Staten van Amerika (State of California, 1996) raadt men aan om de bebording minimum 3.6 m en maximum 9.0 m van de rand van de rijweg te plaatsen. Op wegen, vergelijkbaar met de Vlaamse gewestwegen, dienen de borden geplaatst te worden op ongeveer 150 m voor de plaats van de condities.

Nilsson en Wenäll (1998) hebben onderzoek uitgevoerd naar ongevallen van voertuigen met vaste objecten langs de weg. De helft van de palen aan de kant van de weg, betrokken bij ongevallen, zijn verlichtingspalen, meestal geplaatst binnen de twee meter van de wegrand. Een van de doorslaggevende factoren voor het probleem van de verkeersveiligheid in relatie met verlichtingspalen is niet zozeer de afstand tot de weg maar de afmetingen van de paal. Andere factoren zijn de locatie zoals langs de weg of in de middenberm en het al dan niet buigzaam zijn. De slechtste positie, wat betreft de verkeersveiligheid, is in de buitenkant van een bocht, wat leidt tot een groter risico voor een botsing met een paal en ook ergere letsels. De veiligste plaats is aan de binnenkant van een bocht. Verlichtingspalen in de middenberm of op verkeerseilanden bij kruispunten houden een lager risico in voor letsel ongevallen in vergelijking met verlichtingspalen langs de kant van de weg.

Zij doen ook enkele voorstellen om het ongevalprobleem met verlichtingspalen te reduceren:

- Alle nieuwe bouwprojecten met verlichting moeten voorzien worden van kreukelpalen en de palen moeten steeds aan de binnenkant van bochten worden geïnstalleerd;
- Vervang stalen palen door kreukelpalen;
- Verplaats stalen palen van de buitenkant naar de binnenkant van bochten;
- Verminder het aantal palen op kruispunten en plaats hogere palen met meerdere lichtbronnen;
- Vervang palen door opgehangen verlichting indien geschikte gebouwen aanwezig zijn voor deze actie;
- Vervang dubbele palen (aan beide zijden van de weg) door verlichtingspalen in de middenberm indien die bestaat.

#### *4.5.5 Verkeerslichten*

Fantomeffect is het invallen van het zonlicht in de reflector van een gloeilamp. Dit is een probleem dat enkel optreedt bij het gebruik van gloeilampen. Wanneer men ledlampen introduceert, verdwijnt het fantomeffect. Dit heeft een gunstig effect op de verkeersveiligheid. Ondanks het feit dat ledlampen relatief duur zijn, hebben ze toch nog heel wat bijkomende voordelen: ze gaan langer mee, zijn efficiënter in energieverbruik, hebben een goede dimbaarheid en zijn ongevoelig voor trillingen.

#### 4.5.6 Snelheden

Volgens Tenkink (1988 - geciteerd Noordzijn, 1996) is de keuze van rijnsnelheid te zien als een afweging van de voor- en nadelen van snel rijden door weggebruikers. Hij geeft ook een overzicht van resultaten van onderzoek, waaruit afgeleid kan worden dat veranderingen van wegkenmerken worden ervaren als meer of minder kans op een ongeval en meer of minder ongemak. Dat wordt weer vertaald in hogere of lagere snelheid. Hoe duidelijker het verband tussen wegkenmerken en kans op ongeval en/of ongemak, hoe meer invloed op de rijnsnelheid.

Maximum toegelaten snelheden zoals vermeld in de verkeersreglementen:

##### België

Artikel 11.2. in het Koninklijk Besluit van 1 december 1975 houdende algemeen reglement op de politie van het wegverkeer<sup>8</sup> bevat volgende snelheidsreglementeringen. Buiten de bebouwde kommen is de snelheid beperkt tot 120 km per uur op de openbare wegen verdeeld in vier of meer rijstroken waarvan er ten minste twee bestemd zijn voor iedere rijrichting, voor zover de rijrichtingen anders dan door wegmarkeringen gescheiden zijn. De snelheid van voertuigen en slepen met een maximale toegelaten massa van meer dan 7,5 ton, van autobussen en autocars, is hier evenwel beperkt tot 90 km per uur. Buiten de bebouwde kommen is de snelheid beperkt tot 90 km per uur op de openbare wegen verdeeld in vier of meer rijstroken waarvan er ten minste twee bestemd zijn voor iedere rijrichting en de rijrichtingen gescheiden zijn door wegmarkeringen en op de andere openbare wegen.

##### Canada

Tenzij anders aangeduid is de maximum toegelaten snelheid in Canada 80 km/u op hoofdwegen (highways). Op autowegen (rural highways) kan de limiet 100 km/u zijn.<sup>9</sup>

##### Duitsland

Buiten de bebouwde kom bedraagt de maximum toegelaten snelheid 100 km/u (BVVW, 2002). Deze maximum snelheid kan lager liggen voor bepaalde type voertuigen. Dit draagt niet bij tot deze studie.

##### Nederland

---

<sup>8</sup> Bron: <http://www.wegcode.be>

<sup>9</sup> Bron: <http://www.worldworx.tv/safety/americas/canada/index.htm>

Artikel 21 uit RVV 1990<sup>10</sup> vermeld dat buiten de bebouwde kom de volgende maximumsnelheden gelden:

- a. voor motorvoertuigen op autowegen 100 km/u en op andere wegen 80 km/u;
- b. voor bromfietsen en gehandicaptenvoertuigen, uitgerust met een motor, 40 km/u.

Het Infopunt Duurzaam Veilig Verkeer (2001) vermeldt uiteraard dezelfde snelheden maar benoemt de wegen concreter: een maximum snelheid van 100 km/u op stroomwegen (2x1) en 80 km/u op gebiedsontsluitingswegen buiten de bebouwde kom.

#### 4.5.7 Snelheidsremmers

Enkele voorbeelden: verkeersdrempels, versmalling stroken, aanplantingen, ribbellijnen en -vlakken, flietscamera's (los of aan verkeerslicht), snelheidsinformatieborden.

CROW (1997) stelt voor om zowel op stroomwegen als gebiedsontsluitingswegen geen snelheidsbeperkende maatregelen te voorzien. Deze zouden eerder optreden als gevaarlijke hindernissen dan als veiligheidsverbeteringen en worden dus beter niet toegepast op gewestwegen buiten de bebouwde kom.

Snelheidsinformatieborden zijn bedoeld om bestuurders te informeren over hun snelheid. Snelheidsovertreders worden consequent op hun overdreven snelheid gewezen.<sup>11</sup> Individuele snelheidsterugkoppeling, b.v. door het weergeven van de nummerplaat van het te-snel-rijdend voertuig op een snelheidsinformatiebord (VMS = Variable Message Sign) is uiterst doeltreffend gevonden (Helliard-Symons et al., 1984; Casey en Lund, 1993; SWOV, 1994; Garber en Patel, 1995 – geciteerd in Comte en Jamson, 2000).

Dwarsstrepen (transverse bars) zijn effectief gevonden bij het reduceren van snelheden in bochten (Hungerford & Rockwell, 1979; Agent, 1980; Helliard-Symons, 1981 – geciteerd in Comte & Jamson, 2000). Studies hebben aangetoond dat de ongevallen frequentie sterk gerelateerd is aan het verschil tussen de snelheid bij nadering van de bocht en de ontwerp-snelheid van de bocht (Koorey & Tate, 1997 – geciteerd in Comte & Jamson, 2000). Voor dergelijke situaties zijn dwarsstrepen dus zeker geschikt.

#### 4.5.8 Voetpaden

In het Vademecum Voetgangersvoorzieningen (2003) worden de voetpaden in vier voetgangersgebieden opgesplitst. Voor de voetpaden buiten de bebouwde kom, komt alleen het voetgangersgebied type IV in aanmerking. Het gaat hierbij om een verkeersgebied met snelheden van gemotoriseerd verkeer > 50 km/h.

---

<sup>10</sup> Bron: <http://www.tdekkers.nl/>

<sup>11</sup> <http://www.oost-vlaanderen.be/mobiliteit/veiligheid/borden/index.cfm>

Aangezien de snelheidsverschillen zeer groot kunnen zijn, moeten specifieke veiligheidsmaatregelen worden getroffen. Zo zijn voetgangersvoorzieningen best niet aanliggend aan de rijbaan.

In dit gebied komt het er vooral op aan over de continuïteit van het voetgangersnetwerk te waken. Extra aandacht dient te gaan naar de conflictpunten met gemotoriseerd verkeer: oversteekvoorzieningen, openbaar vervoerhaltes, ... De oversteekvoorzieningen moeten steeds beschermd zijn en, afhankelijk van het type weg, eventueel ongelijkvloers.

Op de routes zelf, die afgescheiden liggen, moeten vooral potentiële conflicten met (brom)fietsers worden ingecalculleerd. In deze gebieden zijn de voorzieningen voor fietsers en voetgangers veelal dezelfde.

Wat de toetsingscriteria en effecten betreft, wordt hierbij verwezen naar de paragrafen rond 'fietspaden', 'oversteekvoorzieningen' en 'openbaar vervoerhaltes'.

#### 4.5.9 Wegverharding

Een belangrijk doel van een wegverharding is het verschaffen van een optimale rijkwaliteit op het gebied van comfort en veiligheid. De keuze van het type verharding is vooral afhankelijk van de functie van de weg en de relatie tot de eigenschappen van de verharding. Naar verkeersveiligheid toe kunnen volgende keuzecriteria onderscheiden worden: stroefheid en vlakheid (Willems, 2002).

De stroefheid bepaalt in eerste instantie de remweg. Naarmate de ontwerpsnelheid hoger ligt of er meer geremd moet worden (nabij verkeerslichten) zal de stroefheid hoger moeten zijn. De stroefheid is afhankelijk van de microtextuur en macrottextuur en de weersomstandigheden. De texturen bepalen voornamelijk het afvoeren van het water. Weersomstandigheden, in combinatie met verontreinigingen hebben voornamelijk invloed op de wrijvingscoëfficiënt (Willems, 2002).

#### Dwarsvlakheid

Dwarsvlakheid is de vlakheid over de breedte van de weg (rijbaan).

Uit een onderzoek van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat in Nederland uit 1982 (zie Wegen, juni '88 – geciteerd in van Geffen, 2001) blijkt dat de ongevallenkans ruwweg constant is voor spoordiepten tot 16 mm. Bij 17 mm neemt de kans sterk toe (ca. 30% en 80% voor respectievelijk een droog en een nat wegdek). Op basis van kosten/baten afwegingen is 18 mm als norm gekozen.

Spoorvorming is de belangrijkste soort dwarsoneffenheid. Men maakt onderscheid tussen primaire en secundaire spoorvorming. Primaire spoorvorming is een gevolg van vervorming van de asfaltlagen, terwijl secundaire spoorvorming zijn oorzaak in de onderliggende lagen vindt. Vuistregel op basis van praktijkervaring. Afhankelijk van mengsel en belasting. Als vuistregel geldt: bij een goed asfaltmengsel ca. 5 mm in de eerste twee jaar na aanleg; daarna 1 à 2 mm per jaar (van Geffen, 2001).

In een artikel van Uitweg (MVG, 2003b) lezen we dat 'aquaplaning' ontstaat door snelheid, water en spoorvorming in het wegdek. Spoorvorming is vooral een kwaal van het rechterrijvak. Spoorvorming is een blijvende vervorming van de wegverharding in de wielsporen. De oorzaken zijn:

- vooral overladen vrachtwagens;
- verkeerde samenstelling van het wegdek;
- verkeerde aanleg van het asfaltmengsel;
- zelden een te zwakke wegstructuur; in dit geval zijn ook de funderingen vervormd.

Verschillende types van verharding kunnen onderscheiden worden op gewestwegen: beton- en asfaltverharding. Van de 5400 km gewestwegen in Vlaanderen heeft 3490 km een asfaltbekleding en 1910 km een betonbekleding (FOMV, 2002).

### Betonverharding

Een betonverharding heeft een grote vlakheid en een grote duurzaamheid op dit gebied. Dit voordeel geldt enkel bij een stevige ondergrond, b.v. zand of steengronden. Bij slappe ondergrond zal de verharding ten gevolge van de zettingen gaan breken. De belasting wordt door de plaatwerking sterk gespreid naar de aardebaan. De gewenste stroefheid wordt verkregen door het oppervlak te behandelen of te bedekken met een slijtvast materiaal (Willems, 2002).

### Asfaltverharding

Een asfaltverharding, ook wel bitumineuze of KWS-(koolwaterstoffen)verharding genoemd, heeft in de aanvangsfase een goede vlakheid. Door de visco-elastische eigenschappen kunnen op den duur oneffenheden in langs- en dwarsrichting optreden als gevolg van een zettingsgevoelige ondergrond. Dit is echter nog altijd beter dan het scheuren of breken van een betonverharding. Een blijvende vlakheid van de asfaltverharding kan worden verkregen door het toepassen van speciale mengsels. Dit gaat wel ten koste van de flexibiliteit, dit is het vermogen tot vervorming alvorens breuk optreedt. De stroefheid wordt bereikt door toevoeging van scherpkantige minerale stoffen. Wanneer na verloop van tijd de vlakheid en stroefheid zijn afgenomen, kan een nieuwe deklaag worden aangebracht.

Het alleen verbeteren van de stroefheid kan gebeuren door het op het wegdek spuiten van een bindmiddel dat wordt afgestrooid met steenslag (Willems, 2002).

### Fluisterasfalt

Dit is een wegdekmengsel met een zeer open structuur. Hoewel de stroefheid in het begin door het aanwezige bindmiddel lager is dan bij een gewone asfaltverharding, is er een zeer gunstig effect op de geluidshinder en de waterafvoer. Opspattend water komt niet meer voor, behoudens tijdens zeer zware regenval. Het zicht wordt daardoor sterk verbeterd, maar men kan zich vragen stellen bij de verkeersveiligheid. Door het verbeterde zicht nemen ook de rij snelheden toe, maar de stroefheid van het natte wegdek is gevoelig minder. Tevens is de stroefheid tijdens ijzelvorming een zeer kritiek punt. Het strooizout heeft namelijk de neiging om in de poriën van het wegdek afgevoerd te worden waardoor het echte oppervlak bij de geringste neerslag weer glad wordt (Willems, 2002).

## **4.6 Verlichting**

Deze paragraaf behandelt de verlichting zelf; niet de palen. Deze werden al eerder als "vaste objecten langs de weg" behandeld.

Volgende cijfers geven een idee van de verlichtingsgraad van de Vlaamse wegen. Aparte cijfers voor gewestwegen buiten de bebouwde kom werden niet gevonden. Raeymaekers (2000) vermeldt in zijn rapport rond 'Lichthinder en Lichtvervuiling' dat Vlaanderen 59.071 km gemeente- en gewestwegen telt. 47.727 km (of 80,8%) daarvan is gemiddeld gedurende 94% van de nacht verlicht. 2.959 km van de Vlaamse wegen is gedurende de ganse nacht voor 10% verlicht. Dit zijn de wegen met de zogenaamde puntsgewijze verlichting. Enkel gevaarlijke delen worden verlicht.

Overdadig veel verlichting kan voor een vals veiligheidsgevoel op de weg zorgen, waardoor grotere risico's worden genomen. Men denkt immers dat men een gevaar snel genoeg zal opmerken wanneer de weg baadt in het licht. Hoewel dit in sommige gevallen waar is, moet men ook het volgende in acht nemen: wanneer de hindernis overstraald wordt door verlichting, wordt het juist moeilijker om de afstand en omvang ervan in te schatten. Waarschuwingssignalen, bijvoorbeeld de remlichten van auto's, vallen minder snel op.

Nadat op 14,2 km provinciale weg lichtmasten waren geplaatst, steeg het aantal nachtelijke ongevallen (tussen 24.00 en 06.00 uur) met gemiddeld 57% in de twee jaar na de maatregel ten opzichte van de drie jaar voordien. Over het hele etmaal gemeten was de stijging 18%. Alleen overdag was de stijging 7%. Onderzoeker Peter van der Drussen die op de rendementsvergelijking aan de NHTV Internationale Hogeschool in

Breda afstudeerde, veronderstelt dat er bij extra verlichting harder wordt gereden. Getoetst is dit overigens niet.<sup>12</sup>

Verblindings door plots opduikende lichtobjecten is een reëel gevaar op veel wegen in Nederland. Het meest veilige lichtniveau is gelijkmatige verlichting, maar op veel plekken worden automobilisten geconfronteerd met fel licht dat de ogen voor korte tijd verblindt. Dit kan leiden tot gevaarlijke situaties, omdat onze ogen zich opeens moeten aanpassen van donker naar licht. Maar wat eigenlijk nog ernstiger is, is de periode ná de verblindings. Dan moeten de ogen weer wennen aan het oude lichtniveau en dit gaat vele malen langzamer dan het wennen aan fel licht. Hierdoor is de automobilist tijdelijk niet goed in staat duidelijke contrasten waar te nemen. Om verblindings te voorkomen is het noodzakelijk dat felle lichtobjecten langs autowegen worden vermeden. Ook straatverlichting moet verantwoord zijn geïnstalleerd. Een aantal fabrikanten van lichtmasten legt in hun ontwerp de nadruk op een zo laag mogelijke Ti-factor (technische term voor de verblindingsfactor). De norm ligt bij 15%, terwijl een aantal moderne armaturen een Ti-factor van rond de 6% hebben.<sup>13</sup>

Op enkelbaanswegen met een geslotenverklaring vinden enkelvoudige ongevallen relatief vaak bij duisternis plaats (CROW, 2002c). Het aandeel enkelvoudige ongevallen bij duisternis en openbare verlichting is een factor 2 en bij duisternis zonder openbare verlichting een factor 5 groter dan overdag.

De openbare verlichting vereenvoudigt het waarnemen van de weg- en verkeerssituatie.

Studies in het verleden hebben de positieve invloed van openbare verlichting op de verkeersveiligheid al aangetoond. Desondanks blijven er ook nadelen bestaan t.o.v. verkeersveiligheid. Het verlichtingsniveau van daglicht en van openbare verlichting bij duisternis zijn niet met elkaar te vergelijken. De verkeersgeleiding verschilt bij daglicht en bij duisternis. Bij daglicht zijn het uitsluitend de masten en bij duisternis de lichtpunten die het verloop van het tracé markeren. Verder zijn de lichtmasten obstakels in de berm, die voor uit de koers geraakte voertuigen een groot gevaar kunnen betekenen. Lichtmasten dienen om redenen van verkeersveiligheid altijd botsveilig of botsvriendelijk te worden uitgevoerd. Het zou ook wenselijk zijn de masten zover mogelijk uit de rijbaan te plaatsen, wat echter uit lichttechnisch oogpunt ongunstig is.

Weg 2x1: enkelzijdig in buitenberm of zigzag in de buitenberm

Weg 2x2: in de middenberm

---

<sup>12</sup> Uit internet artikel: *Meer licht, meer verkeersslachtoffers*. Verkeerskunde, [www.verkeerskunde.nl](http://www.verkeerskunde.nl), maart 2003.

<sup>13</sup> <http://www.platformlichthinder.nl/verkeersveiligheid.html>

## 5. INFRASTRUCTURELE MAATREGELLEN BUITEN DE BEBOUWDE KOM

---

### 5.1 Langsprofiel

| <b>Maatregel</b>                            | <b>Winst</b> | <b>Soort winst</b> | <b>Bron</b>                         |
|---|--------------|--------------------|-------------------------------------|
| Bochtstraal (<200 m) naar (200-400 m)       | 50%          | Aantal ongevallen  | Elvik (1997 – geciteerd OECD, 1999) |
| Bochtstraal (200-400 m) naar (400-600 m)    | 33%          | Aantal ongevallen  | Elvik (1997 – geciteerd OECD, 1999) |
| Bochtstraal (400-600 m) naar (600-1000 m)   | 23%          | Aantal ongevallen  | Elvik (1997 – geciteerd OECD, 1999) |
| Bochtstraal (600-1000 m) naar (1000-2000 m) | 18%          | Aantal ongevallen  | Elvik (1997 – geciteerd OECD, 1999) |
| Bochtstraal (1000-2000 m) naar (>2000 m)    | 12%          | Aantal ongevallen  | Elvik (1997 – geciteerd OECD, 1999) |
|   |              |                    |                                     |

## 5.2 Dwarsprofiel

| Maatregel  | Winst  | Soort winst                         | Bron  |
|--|--------|-------------------------------------|---|
| Middenberm (t.o.v. geen)                         | 33%    | Alle ongevallen / voertuigkilometer | Walker & Lines (1991 – geciteerd Ogden, 1996)       |
| Middenberm (smalle geschilderde t.o.v. geen)     | 30%    | Alle ongevallen                     | NAASRA (1998 – geciteerd Ogden, 1996)               |
| Middenberm (smalle verhoogde t.o.v. geen)        | 48%    | Alle ongevallen                     | NAASRA (1998 – geciteerd Ogden, 1996)               |
| Middenberm (brede t.o.v. geen)                   | 54%    | Alle ongevallen                     | NAASRA (1998 – geciteerd Ogden, 1996)               |
| Middenberm (installatie stalen afscherming)      | 15%    | Dodelijke ongevallen                | Johnson (1980 – geciteerd Ogden, 1996)              |
| Middenberm (installatie stalen afscherming)      | (-14%) | Niet-letselongevallen               | Johnson (1980 – geciteerd Ogden, 1996)              |
| Ribbellijnen (t.o.v. geen)                       | 70%    | Aantal enkelvoudige ongevallen      | Gisby (2003)  |
| Rijstrookverbreding van (2.40-3.70m) met 0.3 m   | 12%    | Alle ongevallen                     | Zegeer & Council (1992 – geciteerd Ogden, 1996)     |
| Rijstrookverbreding van (2.40-3.70m) met 0.6 m   | 23%    | Alle ongevallen                     | Zegeer & Council (1992 – geciteerd Ogden, 1996)     |
| Rijstrookverbreding van (2.40-3.70m) met 0.9 m   | 32%    | Alle ongevallen                     | Zegeer & Council (1992 – geciteerd Ogden, 1996)     |
| Rijstrookverbreding van (2.40-3.70m) met 1.2 m   | 40%    | Alle ongevallen                     | Zegeer & Council (1992 – geciteerd Ogden, 1996)     |
| Rijstrookverbreding van 1.70 m tot 3.40 m        | 22%    | Zware-letselongevallen              | TRB (1987 – geciteerd Ogden 1996)                   |
| Rijstrookverbreding van 3.00 m tot 3.70 m        | 22%    | Zware-letselongevallen              | TRB (1987 – geciteerd Ogden 1996)                   |
| Zijberm van 0.90 – 2.70 m (t.o.v. geen)          | 21%    | Alle ongevallen                     | Zegeer et al. (1981 – geciteerd Ogden, 1996)        |
| Zijberm, verhard, verbreding met 0.60 m per kant | 16%    | Alle ongevallen                     | Zegeer et al. (1986 – geciteerd Vogt & Bared, 1998) |
| Zijberm, verhard, verbreding met 0.60 m per kant | 8%     | Alle ongevallen                     | Miaou et al. (1993 – geciteerd Vogt & Bared, 1998)  |
|  |        |                                     |   |

### 5.3 Knooppunten

| <b>Maatregel</b>   | <b>Winst</b> | <b>Soort winst</b>  | <b>Bron</b>  |
|--|--------------|---------------------|--|
| Bajonetkruispunt (t.o.v. vierarmig kruispunt)                            | 80%          | Aantal ongevallen   | Australië: Hoque & Sanderson (1988 - geciteerd Ogden, 1996)  |
| Bajonetkruispunt (t.o.v. vierarmig kruispunt)                            | 47%          | Aantal ongevallen   | Australië: Nairn (1987 - geciteerd Ogden, 1996)              |
| Rotonde (t.o.v. kruispunt)   | 86%          | Aantal slachtoffers | Nederland: CROW (1993)                                       |
| Rotonde (t.o.v. kruispunt met verkeerslichten)                           | 50%          | Aantal ongevallen   | UK: County Surveyors' Society (1989 - geciteerd Ogden, 1996) |
| Verkeerslichten op compacte driearmige kruispunten (t.o.v. geen lichten) | 15%          | Letselongevallen    | Nederland: CROW (2002c)                                      |
| Verkeerslichten op compacte vierarmige kruispunten (t.o.v. geen lichten) | 30-40%       | Letselongevallen    | Nederland: CROW (2002c)                                      |
| Verkeerslichten  | 30%          | Fietsongevallen     | Nederland: CROW (2002c)                                      |
|  |              |                     |  |

## 5.4 Andere

| <b>Maatregel</b>                               | <b>Winst</b> | <b>Soort winst</b>    | <b>Bron</b>             |
|--|--------------|-----------------------|-------------------------|
| Linksafvak aan driearmige voorrangskruispunten | 60%          | Alle ongevallen       | Nederland: CROW (2002c) |
| Linksafvak aan vierarmige voorrangskruispunten | 50%          | Alle ongevallen       | Nederland: CROW (2002c) |
| Linksafvak (voor en na studie)                 | 36%          | Gewogen ongevallen    | Van der Dussen (2002)   |
| Linksafvak (voor en na studie)                 | 58%          | Letselongevallen      | Van der Dussen (2002)   |
| Linksafvak (voor en na studie)                 | (-15%)       | Niet-letselongevallen | Van der Dussen (2002)   |
|  |              |                       |                         |

## 6. TOETSINGSCRITERIA

---

### 6.1 Autowegen

| Kenmerk                       | Richtwaarde                   | Min-max       | Vlaamse norm/wet  | Opmerkingen   |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------|---|
| Bebording – met pechstrook    |                               | 3.60 – 9.00 m | 0.50 – 1.00 m     | Horizontale afstand tussen rand van bord en rand van schampkant                               |
| Bebording – zonder pechstrook |                               | 3.60 – 9.00 m | 1.50 – 3.00 m     | Horizontale afstand tussen rand van bord en rand van rijweg                                   |
| Bochtstraal                   | 500 m < X < 3000 m            | 400 – 3000 m  |                   |   |
| Buitenberm                    |                               |               | 0.75 m            | Maakt deel uit van de zijberm   |
| Fietspad                      | Geen                          |               |                   |   |
| Middenberm - breedte          |                               | 2.50 – 9.00 m | 3.50 m            |   |
| Middenberm - soort            |                               |               | Niet overrijdbaar |   |
| Openbaarvervoerhalten         | Geen                          |               |                   |   |
| Parkeergelegenheid            | Geen – gescheiden van rijbaan |               |                   |   |
| Redresseerstrook - breedte    | 0.40 m                        | 0.30 – 0.60 m | 0.50 m            | In de norm wordt dit de watergreppel genoemd.   |
| Rijstrook – aantal            | 2x2                           |               | 2x2               | 1x2 wordt vermeld in normen, maar wordt algemeen afgeraden; middenbermen worden nl aangeraden |
| Rijstrook - breedte           | 3.50 m                        | 3.00 – 3.70 m | 3.50 m            |   |

|                               |                |               |          |   |
|-------------------------------|----------------|---------------|----------|---|
| Snelheid - maximum toegelaten | 100 km/u       | 90 - 120 km/u | 120 km/u |   |
| Spoorwegovergang              | Ongelijkvloers |               |          |   |
| Tussenberm - breedte          | 6.00 m         | 4.50 - 6.00 m |          | Scheiding van fietspaden of ventwegen                   |
| Verkanting                    | ≥ 2.5%         | 2.5 - 8%      | 4-8%     | Norm: maximale verkanting afhankelijk van basissnelheid |
| Zebrapad                      | Geen           |               |          |   |
| Zijberm - breedte             |                | 0.90 - 6.00 m | 3.00 m   | Op autowegen is dit de vluchtstrook.                    |
|                               |                |               |          |   |

## 6.2 Andere wegen buiten bebouwde kom

| Kenmerk   | Richtwaarde        | Min-max       | Vlaamse norm/wet | Opmerkingen           |
|---|--------------------|---------------|------------------|-----------------------|
| Bochtstraal                                       | 500 m < X < 3000 m | 400 - 3000 m  |                  |                       |
| Buitenberm  |                    |               | 0.75 m           |                       |
| Fietspad (eenrichting & vrijliggend) - breedte    | 1.75 m             | Min 1.50 m    | 1.75 m           |                       |
| Fietspad (dubbelrichting & vrijliggend) - breedte | 2.50 m             | 2.00 - 4.90 m | 2.50 m           |                       |
| Fietspad (vrijliggende) - tussenberm              | 6.00 m             | 4.50 - 6.00 m | 1.50 m           | Scheiding van rijbaan |
| Middenberm - breedte                              |                    |               | 6.00 m           |                       |

|                                 |                                     |               |   |   |
|---------------------------------|-------------------------------------|---------------|---|---|
|                                 |                                     |               | 2.00 m indien niet meer plaats aanwezig         |   |
| Middenberm – soort              |                                     |               | Overrijdbaar                                    |   |
| Openbaarvervoerhalten           | Havens                              |               | Buiten de rijbaan                               |   |
| Redresseerstrook – breedte      | 0.30 m                              | 0.30 – 0.60 m |   |   |
| Rijrichtingscheiding            | Middenberm of asstreep              |               |   |   |
| Rijstrook – aantal              | 2x2 of 1x2                          |               | 2x2 of 1x2                                      |   |
| Rijstrook – breedte             | 3.50 m                              | 3.00 – 3.70 m | 3.50 m<br>Op secundaire wegen eventueel 3.00 m. |   |
| Snelheid – maximum toegelaten   | 80 km/u                             | 70 – 90 km /u | 90 km/u   |   |
| Spoorwegovergang – type         | Ongelijkvloers of bewaakte overgang |               |   |   |
| Spoorwegovergang – hoek met weg | 90°                                 |               |   |   |
| Verkanting                      | > 2.5%                              | 2.5 – 8 %     | 4 – 8 %   | Norm: maximale verkanting afhankelijk van basissnelheid |
| Zebepad                         |                                     |               | 0.50 x 4.00 m op 0.50 m van elkaar              | Op wegen met snelheid > 70 km/u                         |
| Zichtafstand                    | > 200 m                             |               |   |   |
|                                 |                                     |               |   |   |

## 7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

---

Een onderlinge vergelijking van wegen in verschillende landen is zeer moeilijk t.g.v. de verschillende benamingen, wetgevingen en ruimtelijke context. Een rurale weg in Australië oogt totaal anders dan een rurale weg in België. Het is dan ook soms moeilijk in te schatten of een bepaald wegkenmerk of een infrastructurele maatregel op een buitenlandse weg wel van toepassing kan zijn op een typische Vlaamse N-weg. Veel cijfers blijven daardoor dan ook echt richtcijfers. Enkel voortgezet onderzoek op de Vlaamse wegen zal ons een steeds beter beeld geven van onze situatie.

Aan kruispunten (zowel drie armige als vierarmige) is het raadzaam om linksafvakken te voorzien. Een overzicht van alle kruispunten zou kunnen gemaakt worden (bvb in GIS) met de specifieke kenmerken (vb aanwezigheid linksafvakken). Dit gecombineerd met het aantal ongevallen om de kruispunten kan een prioriteitenlijst gemaakt worden.

Het effect van een middenberm is zeer positief en dit gaande van een smalle geschilderde tot een brede verhoogde middenberm. Uit alle studies blijkt een verbetering van de verkeersveiligheid. Het type ongeval kan veranderen. Een toename van niet-letselongevallen kan het gevolg zijn van het toevoegen van stalen afschermingen maar over het algemeen merkt men een serieuze daling van het aantal letselongevallen.

Ribbellijnen hebben een zeer positieve invloed op de verkeersveiligheid. Een daling van het aantal ongevallen van 70% kan gehaald worden. Op autowegen kan deze maatregel zeker aangeraden worden, gezien de hogere snelheden. De locatie van de ribbellijn (midden of zijkant) kon niet direct uit de literatuur afgeleid worden.

De afstand van de bebording tot de rijweg is onvoldoende duidelijk bepaald voor de verschillende wegtypes. De Vlaamse norm ligt ruim onder de Amerikaanse norm. Verder risico-analyse onderzoek zal moeten uitmaken wat de ideale afstanden zijn per wegtype categorie.

Fietspaden dienen op wegen buiten de bebouwde kom steeds vrijliggend te zijn van de rijweg. De Vlaamse norm voor de breedte van de tussenberm ligt ruim onder de gevonden waarden in de internationale literatuur. Omdat, zoals eerder vermeld, wegen niet altijd makkelijk vergelijkbaar zijn, dient deze parameter zeker meegenomen te worden in het verder onderzoek.

Wat het type weg ook is; van zodra het een stroomweg is, dient een of andere vorm van wegberm voorzien te zijn. Dit kan gaan van een pechstrook op een autoweg tot een tussenberm tussen een rijweg en fietspaden. Een uitwijkstrook blijkt uit studies een heel positieve invloed te hebben op het aantal en de aard van de ongevallen.

Rotondes hebben een gunstige invloed op de verkeersveiligheid. Het vervangen van kruispunten door rotondes brengt spectaculaire verbeteringen aan het aantal ongevallen en slachtoffers. Bij studies van gevaarlijke kruispunten dienen rotondes steeds als een alternatief meegenomen te worden.

De inrichting van oversteekplaatsen voor voetgangers en fietsers is sterk afhankelijk van andere factoren op die plaats, zoals de maximaal toegelaten snelheid en het aantal rijstroken. Afhankelijk van de situatie volstaat een zebepad, moeten verkeerslichten geïnstalleerd worden of moet een ongelijkvloerse oversteekplaats voorzien worden.

## **8. LIJST MET AFKORTINGEN**

---

|       |   |
|-------|---|
| BIVV  | Belgische Instituut voor de Verkeersveiligheid          |
| DFT   | Department for Transport                                |
| FODMV | Federale Overheidsdienst Mobiliteit en Verkeer          |
| MOW   | Ministerie van Openbare Werken                          |
| NIS   | Nationaal Instituut voor de Statistiek                  |
| MVG   | Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap                   |
| Nvt   | Niet van toepassing                                     |
| OECD  | Organisation for Economic Cooperation and Development   |
| RVV   | Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens              |
| SWOV  | Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid |
| VMS   | Variable Message Sign                                   |

## 9. LITERATUURLIJST

---

### 9.1 Boeken en tijdschriften

Alberta Infrastructure (1999). *Highway geometric Design Guide*. Technical Standards Branch, Safety and Technical Services Division. Alberta Infrastructure. August 1999.

Algemeen reglement op de politie van het wegverkeer. België. Van kracht van 1 juni tot 31 december 2003.

BIVV (1991). *Verkeersveiligheid 1991*. Brussel.

BIVV (1992). *Verkeersveiligheid 1992*. Brussel.

BIVV (1993). *Verkeersveiligheid 1993*. Brussel.

BIVV (1994). *Verkeersveiligheid 1994*. Brussel.

BIVV (1995). *Verkeersveiligheid 1995*. Brussel.

BIVV (1996). *Verkeersveiligheid 1996*. Brussel.

BIVV (1997). *Verkeersveiligheid 1997*. Brussel.

BIVV (1998). *Verkeersveiligheid 1998*. Brussel.

BIVV (1999). *Verkeersveiligheid 1999*. Brussel.

BIVV (2000). *Verkeersveiligheid 2000*. Brussel.

BIVV (2001). *Verkeersveiligheid Statistieken 2001*. Brussel.

Boets, S. & Vanlaar, W. (2003). *Aanpak verkeersonveiligheid in de best presterende landen. Aanbevelingen aan de Vlaamse overheid en het Steunpunt Verkeersveiligheid bij Stijgende Mobiliteit op basis van een beschrijvend onderzoek*. BIVV in opdracht van het Steunpunt Verkeersveiligheid. Diepenbeek. RA-2003-05.

BVWV (2002). *Straßenverkehr-Ordnung*. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, september 2002.

Cardoso, J. & Costa, S. (1998). *Comparative analysis of road safety on express roads*. Safestar, Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (LNEC), april 1998.

Comte, S.L. & Jamson, A.H. (2000). *Traditional and innovative speed-reducing measures for curves: an investigation of driver behaviour using a driving simulator*. Safety Science, Volume 36, Issue 3, pp137-150, december 2000.

CROW (1993). *Rotondes*. Ede, CROW-publicatie 79, 1993.

- CROW (2002a). *Handboek Wegontwerp wegen buiten de bebouwde kom - Basiscriteria*. CROW-publicatie 164a, Ede.
- CROW (2002b). *Handboek Wegontwerp wegen buiten de bebouwde kom – Stroomwegen*. CROW-publicatie 164b, Ede.
- CROW (2002c). *Handboek Wegontwerp wegen buiten de bebouwde kom – Gebiedsontsluitingswegen*. CROW-publicatie 164c, Ede.
- DFT (Department for Transport). *Development of a rural road hierarchy for speed management*. 2001.  
[http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft\\_rdsafety/documents/page/dft\\_rdsafety\\_504681.hcsp](http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_rdsafety/documents/page/dft_rdsafety_504681.hcsp)
- Fildes, B.N. & Jarvis, J. (1994). *Perceptual countermeasures: literature review*. Rosebery (Australia), Roads and Traffic Authority of New South Wales RTA, Road Safety Bureau RSB. Consultant report CR. 4/94 crb 94.260.
- FOD Mobiliteit en Vervoer (2002). *Verkeerstellingen 2001, nr 20*, Directoraat-generaal Mobiliteit en Verkeersveiligheid, Directie Mobiliteit, Brussel.
- Giesen, Christian & Gysen, Steven (2003). *Ontwerp van een toolbox voor verkeersveiligheid. Onderzoek naar de intrinsieke veiligheid van de weg*. Faculteit Toegepaste Wetenschappen, Departement Burgerlijke Bouwkunde, Afdeling Verkeer, Katholieke Universiteit Leuven.
- Gisby, C. (2003). *Fatigue catches you unawares*. Nordic Road & Transport Research, Vol 15, No 2, p8-9, 2003.
- Government Contractor Project Team (GCPT, 2000). *At-grade incidents and fatalities continue to decline*. Better Roads: <http://www.betterroads.com/articles/brdec00a.htm>. December 2000.
- Hebenstreit B. von, Huerlimann, F.W., Joeri, H., Lindenmann, H.P. Weber, R., Simon, M. (1993). *Hilfsmittel zur Verdeutlichung der optischen Linienfuehrung Teilabschnitt Kurvenschranken, Teil II*. Zürich, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS).
- Infopunt Duurzaam Veilig Verkeer (IDVV, 2001). *Maatregel-Wijzer Verkeersveiligheid 'er is meer dan je denkt...'*, CROW, Ede, mei 2001.
- Jacobs, R. (2003). *Verkeersveiligheidsaudits en aanpak gevaarlijke punten*. OCW Mededelingen, Nr 54, 1 – 2003. Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw.
- Janssen, Ir. S.T.M.C. (1997). *Functionele eisen voor de categorisering van wegen*. R-97-34. SWOV, Leidschendam, 1997.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (1998). *Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen*. Departement Leefmilieu en Infrastructuur. Administratie Ruimtelijke Ordening, Huisvesting, Monumenten en Landschappen. Afdeling Ruimtelijke Planning. Brussel, 1998.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (1999). *Inplanting en inrichting van halteplaatsen voor openbaar vervoer langs gewestwegen*. MVG, Administratie Wegen en Verkeer. Dienstorder AWV 99/12 van 27 september 1999.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2000). *Standaardbestek 250 voor de wegebouw – versie 2.0*. MVG, Administratie Wegen en Verkeer, juli 2000.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2001). *Mobiliteitsplan Vlaanderen. Naar een duurzame mobiliteit in Vlaanderen*. MVG, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Mobiliteitscel, juni 2001.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2002a). *Vademecum Fietsvoorzieningen*. MVG, Administratie Wegen en Verkeer, Afdeling Verkeerskunde, maart 2002.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2002b). *Plaatsing van knipperlichten vóór driekleurige verkeerslichten*. MVG, Administratie Wegen en Verkeer. Dienstorder LIN/AWV 2002/6, 21 juni 2002.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2003a). *Vademecum Voetgangersvoorzieningen*. MVG, Administratie Wegen en Verkeer, Afdeling Verkeerskunde, 2003.

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2003b). *Sleet en vervorming. Water op het wegdek*. Uitweg nr 35, juli-augustus 2003.

Ministerie van Openbare Werken – Bestuur der Wegen (1959). *Wegennormen*. Omzendbrief BRA 167-316 800 van 15 december 1959.

Ministerie van Openbare Werken – Bestuur der Wegen (1978). *Dwarsprofielen der autosnelwegen en autowegen*. Omzendbrief BRA 531 – 449.900 van 6 februari 1978.

Ministerie van Openbare Werken – Bestuur der Wegen (1979). *Richtlijnen voor type dwarsprofielen der autosnelwegen en wegen buiten de bebouwde kommen*. Omzendbrief BRA 531 – 468.950 van 14 augustus 1979.

Ministerie van Openbare Werken – Bestuur der Wegen (1981). *Normen en richtlijnen. Economische besparingen in de werken*. Omzendbrief BRA 850 – 181/08054 bis van 11 augustus 1981.

Nilsson G. en Wenäll J. (1998). *Fixed roadside objects cause 100 fatalities each year*. Nordic Road and Transport Research No 1, 1998. Swedish National Road and Transport Research Institute.

- Noland, R.B. (2000). *Traffic fatalities and injuries: are reductions the result of 'improvements' in highway design standards*. Centre for Transport Studies; Dept of Civil and Environmental Engineering; Imperial College of Science, Technology and Medicine; London, November 2000.
- Noordzij, Drs. P.C. (1996). *Categorie, vormgeving en gebruik van wegen*. R-96-14. SWOV, Leidschendam, 1996.
- OECD (1990). *Behavioural adaptations to changes in the road transport system*. OECD Publicatie.
- OECD (1999). *Safety strategies for rural roads*. OECD Publications, Paris, France.
- Ogden, K.W. *Safer roads: A guide to road safety engineering*. Institute of Transport Studies, Dept of Civil Engineering, Monash University, Melbourne, Australia. Ashgate 1996.
- Paulsen, S. L. (2002). *Managing Traffic Flow Through Signal Timing*. Public Roads, U.S. Department of Transportation, January/February 2002.
- Projectbureau Energiebesparing GWW (2003). *De Led2-lamp. Gestandaardiseerd, betrouwbaar, economisch*. <http://www.energiebesparinggww.nl>.
- Raeymaekers, B. (2000). Lichthinder en lichtvervuiling in België. April 2000.
- Reformatoisch Dagblad (2000). *Rotondes leiden landelijk tot minder ongelukken*. 6 december 2000. <http://oud.refdag.nl/bin/001206bin41.html>
- Safestar (2002). *Safety Standards for Road Design and Redesign*. Contract No RO-96-SC.203. November 2002.
- Schimek, P. (1997). *The Dilemmas of Bicycle Planning*. U.S. DOT Volpe Center, DTS-49, Cambridge, USA. February 1997.
- Sloot, Marjolein (2002). *Naar minder slachtoffers op AHOB-overwegen*. *Wegen*, vol. 76, nummer 6, CROW, Ede.
- State of California (1996). *Traffic Manual*. State of California. Business, Transportation and housing agency. Department of Transportation. January 1996.
- TRB (1988). *Research pays off. Rumble strips alert drivers, save lives and money*. TR News 3 (135), pp 20-21. Washington DC (USA), Transportation Research Board.
- Van der Dussen P. (2002). Interview. *Verhoogde plateaus effectief en goedkoop bij terugdringen aantal ongevallen*. *Wegen*. Nr. 8, sep 2002.
- Van Geffen, M. (2001). *Structuur in eisen*. Dienst Weg- en Waterbouwkunde. MA-R-91009. Augustus 2001.

Vogt, A. and Bared, J.G. (1998). *Accident models for two-lane rural roads: segments and intersections*. Publication No FHWA-RD-98-133, U.S. Department of Transportation. October 1998.

Weight, H. (2003). *Highway – Rail Intersection Safety*. Springville, Utah.

Willems, J. (2002). *Verkeerstechniek*. 1e jaar Hogeschool voor Verkeerskunde, Diepenbeek.

## **9.2 Internet URL's**

Duurzaam Veilig Verkeer (DVV): <http://www.veiligverkeer.com>

Fietserbond vzw: <http://www.fietsersbond.be/>

Fietsvlaanderen: <http://www.fietsvlaanderen.be>

Het Verkeershoekje: <http://www.wegcode.be>

NIS: [http://statbel.fgov.be/port/mob\\_nl.asp](http://statbel.fgov.be/port/mob_nl.asp)

Platform Lichthinder: <http://www.platformlichthinder.nl>

Provincie Oost-Vlaanderen:

<http://www.oost-vlaanderen.be/mobiliteit/veiligheid/borden/index.cfm>