

## Verkeersveiligheid en drainerend asfaltbeton (ZOAB)

R-93-35

J.P.M. Tromp

Leidschendam, 1993

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV  
Postbus 170  
2260 AD Leidschendam  
Telefoon 070-3209323  
Telefax 070-3201261

## Samenvatting

Drainerende wegdekken van zeer open asfaltbeton (ZOAB) worden sinds 1987 op Nederlandse wegen toegepast. Als belangrijkste voordeel van ZOAB geldt - naast een reductie van de hoeveelheid geluid - het vrijwel ontbreken van waterlagen op het wegdek bij regen. Dit leidt tot de verwachting dat de verkeersveiligheid bij toepassing van ZOAB zal toenemen.

De Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van Rijkswaterstaat heeft de SWOV opdracht gegeven een ongevalanalyse uit te voeren om na te gaan in welke mate en op welke wijze de verkeersonveiligheid van drainerend asfaltbeton (ZOAB) verschilt van die van dicht asfaltbeton (DAB), in het bijzonder bij regen of nat wegdek.

Het onderzoek heeft bestaan uit een statistische analyse van ongevallen met letsel en met materiële schade op hoofdrijbanen van autosnelwegen, onderscheiden naar rijrichting en naar aantal rijstroken. Alleen die weggedeelten zijn onderzocht, waar geen in- of uitvoeringen, splitsingen en weefvakken aanwezig zijn.

Vanwege verschillen in samenstelling van de groep DAB- en ZOAB-wegsecties is het onderzoek gesplitst in onderzoek van *alle wegsecties* en onderzoek van een selectie hieruit: *paren wegsecties*. Voor deze paren is bij iedere ZOAB-wegsectie een naar weg- en verkeerskenmerken zo goed mogelijk gelijkende DAB-wegsectie gezocht. Het resultaat van beide onderzoeken te zamen heeft de basis gevormd voor conclusies.

Om de (complexe) invloed van verschillen in weg- en verkeerskenmerken tussen de groep DAB-secties en de groep ZOAB-secties te achterhalen, zijn statistische analysetechnieken en toetsingsmethoden toegepast.

In totaal bevat het analysebestand 5596 ongevallen op ca. 3700 kilometer DAB-wegsecties en 619 ongevallen op ca. 262 kilometer ZOAB-wegsecties.

Op de paren wegsecties zijn 433 ongevallen gebeurd op 199 kilometer DAB-wegsecties en 367 ongevallen op 151 kilometer ZOAB-wegsecties.

In dit onderzoek zijn (in hoofdzaak) 75 paren autosnelwegsecties met DAB en ZOAB op 53 locaties met twee rijstroken per rijrichting onderzocht.

Resultaat is dat drainerend asfaltbeton (ZOAB) net zo veilig is als normaal asfaltbeton (DAB). Dit resultaat vertoont een spreiding, zodat het verwachte werkelijke verschil in risico kan variëren tussen - 10 à 15 % (ZOAB veiliger) en + 10 à 15 % (DAB veiliger). Daarnaast is in dit onderzoek geen statistisch significant verschil gevonden in de risico's op de DAB- en ZOAB-wegsecties bij regen en bij het ontbreken van regen.

Mogelijk leidt het betere zicht op ZOAB bij nat wegdek of regen tot een hogere snelheid en kortere volgafstanden dan op DAB bij nat wegdek of regen. Aanbevolen wordt om deze aspecten van het verkeersgedrag door middel van metingen te onderzoeken.

Aanbevolen wordt ook onderzoek te doen naar de verkeersonveiligheid bij toepassing van drainerend asfaltbeton (ZOAB) op die gedeelten van autosnelwegen, waar in- en uitvoeringen en weefbewegingen plaatsvinden.

## Summary

### Road safety and porous asphalt (ZOAB)

Draining road surfaces made of (very) porous asphalt (ZOAB) have been used on Dutch roads since 1987. The principal advantage of ZOAB, aside from a reduction in noise level, is the virtual lack of water on the road surface during rainy periods. This would lead one to expect that road safety is promoted through the application of ZOAB.

The Civil Engineering Division (DWW) of the Department of Public Works commissioned the SWOV to carry out an accident analysis in order to assess to what degree, and in which manner, the road hazard associated with porous asphalt (ZOAB) differs from that of non-porous asphalt (DAB), in particular during rainy conditions or on wet road surfaces. The study consisted of a statistical analysis of accidents (resulting in death, injury or material damage only) registered on the main carriageways of motorways, distinguished according to driving direction and number of lanes. Only those sections of road which did not contain acceleration lanes, exit ramps, bifurcations or weaving sections were considered.

Due to differences in the composition of the selected DAB and ZOAB road sections, the study was divided into an examination of *all road sections* and an examination of a selection from this group: *pairs of road sections*. The aim was to select ZOAB road sections each of which could be matched as closely as possible to a DAB road section, similar as regards road and traffic characteristics. The combined result of both studies formed the basis for the conclusions.

In order to discover the (complex) influence of differences in road and traffic characteristics between the group of DAB road sections and the group of ZOAB road sections, statistical analysis techniques and testing methods were applied.

In total, the analysis database comprised 5596 accidents over approx. 3700 kilometres of DAB road sections, and 619 accidents over approx. 262 kilometres of ZOAB road sections.

For the road section pairs, 433 accidents were recorded on 199 kilometres of DAB road sections and 367 accidents were recorded on 151 kilometres of ZOAB road sections.

This study (primarily) considered 75 pairs of DAB and ZOAB motorway sections at 53 locations, with two lanes per carriageway.

The result of the study is that the safety of porous asphalt (ZOAB) is equivalent to that of standard non-porous asphalt (DAB). A spread in the result was shown, so that the anticipated actual difference in risk may vary between - 10 to 15% (ZOAB safer) and + 10 to 15% (DAB safer).

In addition, this study did not discover a statistically significant difference between the risks associated with the DAB and ZOAB road sections during either rainy or dry conditions.

Perhaps a better visibility on ZOAB roads during wet or rainy conditions causes motorists to drive at higher speeds and with less vehicle spacing than on DAB roads during wet or rainy conditions. It is recommended to study these aspects of traffic behaviour by means of measurements.

It is recommended to also conduct study into the road hazard associated with the application of porous asphalt (ZOAB) for those sections of motorway where vehicles enter, exit or weave.

# Inhoud

1. *Inleiding*
2. *Probleembeschrijving en onderzoeksvraag*
3. *Hypothesen*
4. *Opzet van het onderzoek*
  - 4.1. Keuze van onderzoekvariabelen
  - 4.2. Samenstelling van de steekproef
  - 4.3. Methodiek
  - 4.4. Gebruikte gegevensbestanden
5. *Beschrijving van het verzamelde materiaal*
  - 5.1. Alle wegsecties
  - 5.2. Paren wegsecties
6. *Statistische analyse en toetsing*
  - 6.1. HOMALS en CANALS, alle wegsecties
  - 6.2. WPM-analyse, alle wegsecties en paren wegsecties
  - 6.3. Verificatie van de hypothesen
7. *Conclusies en aanbevelingen*

*Literatuur*

*Afbeeldingen 1 t/m 4*

*Bijlagen I t/m IV*

## 1. Inleiding

Drainerende wegdekken van 'zeer open asfaltbeton' (ZOAB) worden sinds 1987 op Nederlandse wegen toegepast in plaats van het traditionele 'dichte asfaltbeton' (DAB). Als belangrijkste voordeel van ZOAB geldt het vrijwel ontbreken van waterlagen op het wegdek bij regen. Waterlagen geven een grotere kans op ongevallen doordat ze de grip van de banden op het wegdek verminderen en doordat opspattend water het zicht verslechtert. Bij ZOAB doen deze verschijnselen zich bijna niet voor. Dit leidt tot de verwachting dat de verkeersveiligheid bij toepassing van ZOAB zal toenemen. Daarnaast is ZOAB aanmerkelijk geluidsarmer. Het huidige beleid van Rijkswaterstaat is er dan ook op gericht om op den duur alle autosnelwegen van drainerend asfalt te voorzien.

Naar aanleiding van een ongeval op een weggedeelte met ZOAB op rijksweg 34 in april 1991 heeft het Ministerie van Justitie metingen laten verrichten. Daarbij bleek een voertuig op droog ZOAB, direct na de aanleg daarvan, een langere remweg te hebben dan op het normaal toegepaste DAB. Hieruit volgt dat het verkeersveiligheidseffect van ZOAB zowel positieve als negatieve kanten kan hebben en dat er sprake is van een 'per saldo'-situatie.

De Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van de Rijkswaterstaat heeft de SWOV opdracht gegeven een ongevallenanalyse uit te voeren om het totale effect van drainerende wegdekken op de verkeersveiligheid vast te stellen. DWW heeft de Dienst Verkeerskunde (DVK) van de Rijkswaterstaat verzocht dit project te begeleiden.

In deze rapportage wordt achtereenvolgens een probleembeschrijving gegeven en de onderzoeksvraag geformuleerd (Hoofdstuk 2). Op basis van deze probleembeschrijving en onderzoeksvraag worden te onderzoeken hypothesen geformuleerd (Hoofdstuk 3). Vervolgens wordt de opzet van het onderzoek toegelicht, een overzicht gegeven van het bij het onderzoek gebruikte basismateriaal en worden de gehanteerde onderzoek- en analysemethoden besproken (Hoofdstuk 4). In Hoofdstuk 5 wordt een beschrijving gegeven van het verzamelde data-materiaal. Hoofdstuk 6 bevat een weergave van de statistische analyses en een toetsing van de geformuleerde hypothesen. Hoofdstuk 7 bevat de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek.

Gedetailleerde beschrijvingen van de bestandsopbouw en van de statistische analyses zijn in de bijlagen opgenomen.

De statistische analyses van de data zijn uitgevoerd door de SWOV-medewerker J.M.J. Bos.

## 2. Probleembeschrijving en onderzoekvraag

Drainerend asfalt is een verhardingsmateriaal voor deklagen van wegen. Het bezit een groot percentage holle ruimte. Deze holle ruimten staan met elkaar in verbinding, waardoor het op het wegdek vallende regenwater direct door de open structuur naar de berm wordt afgevoerd. De holle ruimten kunnen geleidelijk dichtslibben met stof, zand, vuil en olieresten; daardoor neemt het drainagevermogen af. Dit dichtslibben is vooral een probleem op relatief stille wegen; op drukkeren wegen wordt de vervuiling tegengewerkt door de pompende werking van de vele passerende autobanden.

Drainerend asfalt zorgt - in vergelijking met dicht asfalt - voor een drastische reductie van de waterlagen op het wegdek en daarmee van de kans op aquaplaning en van de overlast door spat- en sproeiwater. Door het vrijwel ontbreken van waterlagen komen hinderlijke spiegelingen veel minder voor dan bij dicht asfalt en blijven markeringen beter zichtbaar, vooral bij duisternis.

Drainerend asfalt bezit ook een betere weerstand tegen (door zware voertuigen veroorzaakte) rijsporen, die bovendien niet met water vollopen.

Tegenover deze gunstige aspecten staan ook enige nadelen.

Bij een droog wegdek blijkt de remweg op drainerend asfalt langer te zijn dan op dicht asfalt. Dit komt omdat door de grovere macrotuur het contactoppervlak tussen band en wegdek kleiner is. Daarnaast wordt bij nieuw drainerend asfalt het steenskelet aan de bovenzijde nog omhuld door een bitumenfilm; hierdoor is de aanvangsstroefheid lager. Overigens slijt dit huidje na enige tijd, onder meer afhankelijk van de hoeveelheid verkeer. Metingen hebben uitgewezen dat de gemiddelde vertraging bij een remming met geblokkeerde wielen op nieuw ZOAB ca. 6 m/s<sup>2</sup> bedraagt, op 'oud' ZOAB ca. 7 m/s<sup>2</sup> en op DAB ca. 8 m/s<sup>2</sup> (Eikelboom e.a., 1993).

Tevens kunnen er bij nat wegdek problemen optreden bij de overgang van ZOAB-gedeelten naar normale gedeelten door het plotseling optreden van spat- en sproeiwater en de daarmee gepaard gaande vermindering van het zicht.

Bij toepassing van drainerend asfalt is bij nat wegdek het zicht beter. Dit kan tot hogere snelheden leiden dan in een zelfde situatie met dicht asfalt. Ook is het aannemelijk dat de volgafstanden door het betere zicht kleiner zullen zijn. Met de veronderstelde snelheidsverhoging zou dit leiden tot een hogere wegvakcapaciteit en daarmee tot een vermindering van de kans op congestie.

Een grondige bestudering van de verkeerskundige effecten van ZOAB is door de toenemende behoefte aan 'stille' wegdekken noodzakelijk geworden. De vraag doet zich daarbij voor of de vermeende grotere verkeersveiligheid van ZOAB bij nat wegdek ook in werkelijkheid aanwezig is.

De onderzoekvraag kan daarmee als volgt geformuleerd worden:

In welke mate en op welke wijze verschilt de verkeersonveiligheid van drainerend asfalt (ZOAB) van die van dicht asfalt (DAB), in het bijzonder bij regen of nat wegdek.

### 3. Hypothesen

Op basis van de eigenschappen van drainerende wegdekken zijn de volgende veronderstellingen aannemelijk:

- Bij *droog wegdek* wordt een negatieve invloed op de verkeersveiligheid verwacht door de langere remweg en door de lagere aanvangstroefheid.
- Bij *nat wegdek* wordt een positief effect verwacht: verbetering van het contact tussen band en weg, en verbetering van het zicht, waardoor eerder gereageerd kan worden in kritieke situaties met minder gevaar voor slippen. Vermoedelijk wordt dit tegengewerkt doordat de volgafstanden kleiner worden en de snelheden hoger. Dit alles zou effect kunnen hebben op de kans op een botsing, op de uiteindelijke botssnelheden en op de letseleernst.
- Bij een *overgang* van *dicht* asfalt naar *drainerend* asfalt bij nat wegdek verbetert het contact tussen band en wegdek en het zicht. Hier treden naar verwachting geen problemen op.
- Bij een overgang van *drainerend* asfalt naar *dicht* asfalt treedt plotseling spat- en sproeiwater op. Overdag kan dit op enige afstand vóór de overgang waargenomen worden. Als bij duisternis of door onoplettendheid de overgang niet waargenomen wordt, kunnen schrikreacties optreden. Ook neemt de kwaliteit van het contact tussen band en weg af. Vermoed wordt dat in het overgangsgedeelte door het mindere zicht een snelheidsaanpassing optreedt. Deze aanpassing vraagt enige tijd, zodat de snelheid vlak na de overgang op normaal asfalt te hoog kan zijn voor de omstandigheden. Hierdoor is dus een negatief effect te verwachten.

Met deze veronderstellingen worden de volgende hypothesen geformuleerd:

1. Bij droog wegdek zal de kans op een ongeval op ZOAB groter zijn dan die kans op DAB.
2. Bij nat wegdek zal de kans op een ongeval op ZOAB kleiner zijn dan die kans op DAB.
3. De gemiddelde letseleernst zal bij ongevallen op droog ZOAB hoger zijn dan bij ongevallen op droog DAB en bij ongevallen op nat ZOAB lager zijn dan bij ongevallen op nat DAB.
4. Bij overgangen van DAB naar ZOAB zal bij nat wegdek geen verschil in ongevallenkans optreden; bij overgangen van ZOAB naar DAB zal bij nat wegdek de kans op een ongeval in het korte DAB-traject achter de overgang groter zijn dan die kans op DAB.
5. Per saldo zal de kans op een ongeval op ZOAB kleiner zijn dan die kans op DAB.



## 4. Opzet van het onderzoek

### 4.1. Keuze van onderzoekvariabelen

In dit onderzoek is vastgesteld of er een effect van drainerende wegdekken op de verkeersonveiligheid aanwezig is.

Het onderzoek bestond uit een statistische analyse van ongevallen op 'normale' (dichte) asfaltverhardingen (DAB), op drainerend asfalt (ZOAB) en op een kort traject na overgangen tussen deze verhardingssoorten. Vergelijking levert een uitspraak op of het ongevallenbeeld op autosnelwegen met drainerend asfalt afwijkt van dat op autosnelwegen met een dichte asfaltverharding.

Gekozen is om de vergelijking tussen DAB en ZOAB te beperken tot hoofdrijbanen van autosnelwegen. Vervolgens is de keuze gemaakt om in eerste instantie alleen 'zuivere' wegvakken te onderzoeken. Dit zijn wegvakken zonder discontinuïteiten als in- en uitvoegstroken en weefvakken. Op dergelijke wegvakken is sprake van minder verstoringen van het verkeersproces. Hierdoor kan een eventueel effect van de verharding op de verkeersveiligheid beter bepaald worden.

Omdat aanwezigheid en jaar van aanleg van ZOAB bij de ene hoofdrijbaan bijna altijd verschilt van de andere hoofdrijbaan in een wegvak, is onderscheiden naar rijrichting: wegsecties. Een wegsectie begint bij een invoeging, splitsing of verandering van het aantal rijstroken en eindigt bij een uitvoeging, splitsing of verandering van het aantal rijstroken. Voor de wegsecties is een minimum lengte van 500 m gehanteerd.

Na een overgang van ZOAB naar DAB zal bij nat wegdek het zicht verminderen en een snelheidsaanpassing optreden; naar verwachting zal deze aanpassing enige honderden meters vergen. Voor de lengte van het traject na de overgang is daarom een lengte van 300 m gehanteerd.

Het aantal rijstroken per hoofdrijbaan kan verschillen tussen de wegsecties. Vanwege het verschil in verkeersproces en -gedrag is in het onderzoek onderscheid gemaakt naar wegsecties met twee rijstroken en wegsecties met meer dan twee rijstroken.

In dit onderzoek zijn zowel ongevallen met letsel en/of dodelijke afloop als ongevallen met uitsluitend materiële schade meegenomen. Hoewel de registratiegraad van u.m.s.-ongevallen niet hoog is - en verschillend voor lichte en zware voertuigen - is hier verondersteld dat deze op autosnelwegen redelijk dezelfde is en in ieder geval niet verschillend op DAB en ZOAB. Om verschillen in de ernst van de afloop van ongevallen op DAB en ZOAB te achterhalen, zijn tevens de aantallen slachtoffers beschouwd. Onderscheid is gemaakt naar toestand van het wegdek: droog tegenover nat (inclusief regen); en naar voertuigcategorie: personen- en bestelauto's (lichte voertuigen) tegenover vrachtwagens en bussen (zware voertuigen). Ongevallen op wegsecties in het jaar van aanleg van ZOAB zijn buiten beschouwing gelaten om de versturende invloed van wegwerkzaamheden uit te sluiten. In de winter kan vanwege de dan te lage temperatuur geen drainerend asfalt worden aangebracht. Hierdoor zal op de ZOAB-wegsecties de bitumenfilm - die zorgt voor een tijdelijke, relatief lage stroefheid direct na aanleg - al voor de onderzoeksperiode verdwenen zijn.

#### 4.2. Samenstelling van de steekproef

In het onderzoek zijn (bijna) alle wegsecties met twee of meer dan twee rijstroken op Rijksautosnelwegen opgenomen, ongeacht of er wel of geen ongevallen op die wegsectie zijn gebeurd. In 1991 was ongeveer 15% van het autosnelwegennet van ZOAB voorzien; het aantal ZOAB-secties is dan ook veel kleiner dan het aantal DAB-secties. Bovendien is ZOAB eerder aan te treffen op drukke gedeelten, onder meer samenhangend met de bestrijding van geluidhinder en met een nu niet meer gehanteerd intensiteitscriterium bij aanleg. Een en ander leidt er toe dat de samenstelling van de groep DAB-wegsecties verschilt van die van de groep ZOAB-wegsecties (zie voor meer details het laatste deel van par. 5.1).

In het onderzoek zijn voor ieder jaar apart (1990 en 1991) de weg-, verkeers- en ongevalgegevens van de wegsecties opgenomen. Een wegsectie komt dan ook zo vaak voor als er jaren in het onderzoek zijn opgenomen, tenzij op die wegsectie ZOAB is aangelegd: in het jaar van aanleg van ZOAB zijn de gegevens van de wegsectie weggelaten.

#### 4.3. Methodiek

De wegsecties verschillen in lengte, intensiteit en registratieperiode van ongevallen. De verschillen in expositie worden gecorrigeerd door het aantal ongevallen per jaar te betrekken op het aantal afgelegde voertuigkilometers per jaar. Voor verschillen in aandeel vrachtverkeer is geen correctie mogelijk.

Vergelijking van de wegsecties vindt bovendien per intensiteitsklasse plaats. Hiermee wordt vermeden dat drukke wegsecties vergeleken worden met minder drukke wegsecties.

In een eerste analyse zijn *alle wegsecties* waarvan gegevens konden worden verkregen, gezamenlijk onderzocht. Bij deze analyse zijn verkennende multivariate-analysetechnieken toegepast om de (complexe) invloed van verschillen in weg- en verkeerskenmerken tussen de groep DAB-secties en de groep ZOAB-secties te achterhalen. Deze verschillen kunnen namelijk eventuele verschillen in onveiligheid tussen DAB en ZOAB vertekenen. De gebruikte technieken - HOMALS en CANALS - zijn gebaseerd op wiskundige modellen: de oorspronkelijke data worden zodanig in een model gerangschikt dat een zo eenvoudig mogelijke beschrijving van die data ontstaat bij een minimum aan informatieverlies.

Voor de toetsing wordt eveneens gebruikt gemaakt van een wiskundig model (WPM).

De structuur van de statistische analyse is als volgt:

De eerste fase - een verkenning van de data met HOMALS - geeft een globaal inzicht in de samenhangen van de kenmerken in de data-set; welke kenmerken hangen samen en welke kenmerken zijn sterk bepalend.

De tweede fase - een gerichte verkenning van de data met CANALS - is gebaseerd op de inzichten die in de eerste fase zijn ontstaan. CANALS geeft de specifieke samenhangen, uitgedrukt in correlatiecoëfficiënten, tussen de verschillende kenmerken en telkens één gekozen criterium. Als criteria zijn achtereenvolgens gekozen: het risico en de soort verharding (DAB of ZOAB).

De derde fase - een toetsing met WPM - is gebaseerd op de inzichten uit de tweede fase: getoetst worden die kenmerken die volgens de CANALS-

analyse een sterke relatie hebben met het risico. De relatie tussen de kenmerken en het risico wordt gepreciseerd in termen van statistische significantie. De aantallen ongevallen zijn hierbij gewogen met de voertuigprestatie.

De gebruikte statistische technieken worden in Bijlage II (HOMALS), Bijlage III (CANALS) en Bijlage IV (WPM) toegelicht.

In verband met de in par. 4.2 genoemde verschillen in samenstelling tussen de groep DAB- en de groep ZOAB-wegsecties is een tweede analyse verricht op geselecteerde *paren wegsecties*.

Voor deze analyse is bij iedere ZOAB-wegsectie een naar weg- en verkeerskenmerken zo goed mogelijk gelijkende DAB-wegsectie gezocht.

Hierbij werd vooral gelet op dwarsprofiel en verkeersintensiteit.

Bij de paren treden nog kleine verschillen op in intensiteiten en aandelen vrachtverkeer en wat grotere verschillen in wegsectielengte. Door weging met de voertuigprestatie wordt voor intensiteit en lengte gecorrigeerd.

Bij de analyse van de paren wegsecties is alleen een toetsing met WPM uitgevoerd; verkennende technieken zijn hier niet nodig. De gebruikte statistische techniek wordt toegelicht in Bijlage V (WPM - paren wegsecties).

Het 'paren'-onderzoek levert in beginsel een zuiverder vergelijking op dan het onderzoek van 'alle wegsecties', maar er moet met kleinere aantallen worden gewerkt. De resultaten van de twee analyses vormen gezamenlijk de basis voor conclusies.

#### 4.4. Gebruikte gegevensbestanden

In het onderzoek zijn de volgende gegevens gebruikt:

- Alle door de politie geregistreerde ongevallen op Rijkswegen in 1990 en 1991.
- Locatiegegevens uit 1990 van autosnelwegen.
- Gegevens uit 1990 over wegsecties van autosnelwegen.
- Gegevens uit 1990 over intensiteiten en het aandeel vrachtverkeer op autosnelwegen (1990).
- Gegevens uit 1991 over de aanwezigheid en het jaar van aanleg van ZOAB op autosnelwegen.

Met deze gegevens is een analyse-bestand opgebouwd. Bij de opbouw van dit samengestelde bestand is de mogelijkheid open gehouden om later gegevens te kunnen toevoegen, bijvoorbeeld onderscheid naar verschillende soorten drainerend asfalt.

Voor de wijze van koppeling van de diverse gegevensbestanden en voor een weergave van de bestandsopbouw wordt verwezen naar Bijlage I.

Uit dit analysebestand is een aantal paren DAB- en ZOAB-wegsecties geselecteerd, de DAB-sectie bij voorkeur direct aansluitend aan of in hetzelfde intensiteits-telvak als de ZOAB-sectie gelegen. Per paar zijn het rijkswegnummer, het aantal rijstroken en de rijrichting gelijk. De motorvoertuigintensiteit en het aandeel vrachtverkeer zijn zoveel mogelijk gelijk (bij enkele paren verschilt de intensiteit meer dan 10% maar minder dan 20%). Voorts zijn beide wegsecties van een paar aan dezelfde zijde van belangrijke knooppunten van autosnelwegen gelegen.

## 5. Beschrijving van het verzamelde materiaal

### 5.1. Alle wegsecties

In totaal bevat het analysebestand over twee jaren 2373 wegsecties (definitie: zie par. 4.1) met twee en meer dan twee rijstroken.

De totale lengte bedraagt 3957,2 kilometer wegsectielengte: 3674,4 kilometer op DAB, 262,1 kilometer op ZOAB, 11,4 kilometer op overgangen van DAB naar ZOAB en 9,3 kilometer op overgangen van ZOAB naar DAB (Tabel 1).

In alle tabellen zijn tevens de afzonderlijke gegevens voor wegsecties met twee en met meer dan twee rijstroken vermeld.

	DAB Lengte	ZOAB Lengte	DAB --> ZOAB Lengte	ZOAB --> DAB Lengte
2 rijstroken	3392,8	178,2	8,4	6,9
> 2 rijstroken	281,6	83,9	3,0	2,4
Totaal	3674,4	262,1	11,4	9,3

Tabel 1. *Wegsectielengte - 'alle wegsecties'.*

De voertuigprestaties in kilometers per jaar zijn vermeld in Tabel 2.

	DAB Vtg.prest.	ZOAB Vtg.prest.	DAB --> ZOAB Vtg.prest.	ZOAB --> DAB Vtg.prest.
2 rijstroken	22970,4	1681,3	84,6	52,9
> 2 rijstroken	229,4	1401,9	66,9	55,6
Totaal	28199,8	3083,2	151,5	108,5

Tabel 2. *Voertuigprestatie in miljoenen kilometers - 'alle wegsecties'.*

Op deze wegsecties hebben 6268 ongevallen plaatsgevonden: 5596 ongevallen op DAB, 619 ongevallen op ZOAB, 39 ongevallen op overgangen van DAB naar ZOAB en 14 ongevallen op overgangen van ZOAB naar DAB (Tabel 3).

	DAB Ong.	ZOAB Ong.	DAB --> ZOAB Ong.	ZOAB --> DAB Ong.
2 rijstroken	4538	380	16	10
> 2 rijstroken	1058	239	23	4
Totaal	5596	619	39	14

Tabel 3. *Alle ongevallen - 'alle wegsecties'.*

In de Tabellen 4, 5 en 6 zijn de aantallen ongevallen op respect. droog wegdek, nat wegdek (inclusief regen) en bij regen vermeld.

	DAB Ong. droog	ZOAB Ong. droog	DAB --> ZOAB Ong. droog	ZOAB --> DAB Ong. droog
2 rijstroken	2876	231	8	5
> 2 rijstroken	699	171	13	2
Totaal	3575	402	21	7

Tabel 4. *Ongevallen op droog wegdek - 'alle wegsecties'.*

	DAB Ong.nat	ZOAB Ong.nat	DAB --> ZOAB Ong.nat	ZOAB --> DAB Ong.nat
2 rijstroken	1041	117	6	2
> 2 rijstroken	273	53	8	2
Totaal	1314	170	14	4

Tabel 5. *Ongevallen op nat wegdek (incl. 'regen') - 'alle wegsecties'.*

	DAB Ong. regen	ZOAB Ong. regen	DAB --> ZOAB Ong. regen	ZOAB --> DAB Ong. regen
2 rijstroken	631	69	2	2
> 2 rijstroken	175	35	5	2
Totaal	806	104	7	4

Tabel 6. *Ongevallen bij regen - 'alle wegsecties'.*

Het totale aantal slachtoffers op alle onderzochte wegsecties bedraagt 388: 354 op DAB, 29 op ZOAB, 4 op overgangen van DAB naar ZOAB en 1 op overgangen van ZOAB naar DAB (Tabel 7).

	DAB slacht- offers	ZOAB slacht- offers	DAB --> ZOAB slacht- offers	ZOAB --> DAB slacht- offers
2 rijstroken	318	18	0	1
> 2 rijstroken	36	11	4	0
Totaal	354	29	4	1

Tabel 7. *Slachtoffers - 'alle wegsecties'.*

De aantallen slachtoffers op ZOAB en de aantallen ongevallen op overgangen zijn dermate gering dat bij de indeling naar aantal rijstroken, in-

tensiteitsklassen en toestand van het wegdek de celvulling onvoldoende is. Daarmee blijkt het niet mogelijk te zijn om bruikbare uitspraken te doen over verschillen in letselernst bij ongevallen op DAB en ZOAB, noch over verschillen in onveiligheid naar verhardingsovergang.

Voor een aantal weg- en verkeerskenmerken zijn verschillen tussen de groep DAB- en de groep ZOAB-secties weergegeven:

In Afbeelding 1 is te zien dat de ZOAB-wegsecties voor zowel twee als voor meer dan twee rijstroken gemiddeld korter zijn; ook de spreiding van de lengte is kleiner dan bij DAB. Er zijn relatief meer ZOAB-wegsecties met de minimumlengte van 500 m.

In Afbeelding 2 is te zien dat de gemiddelde intensiteit op de ZOAB-wegsecties met twee rijstroken hoger is dan op de DAB-wegsecties met twee rijstroken. Voor wegsecties met meer dan twee rijstroken is dit omgekeerd.

In Afbeelding 3 is te zien dat voor tweestrooks-wegsecties de voertuigprestaties (lengte x intensiteit x dagen per jaar) op DAB en ZOAB gemiddeld zeer weinig van elkaar afwijken, maar dat de spreiding op ZOAB kleiner is.

Bij wegsecties met meer dan twee rijstroken is op ZOAB zowel het gemiddelde voertuigprestatie als de spreiding ervan lager dan op DAB.

In Afbeelding 4 tenslotte is te zien dat op ZOAB-secties, ongeacht het aantal rijstroken, het gemiddelde aandeel vrachtverkeer en de spreiding ervan kleiner is dan op DAB-secties.

Bij de statistische analyses met HOMALS en CANALS is onderzocht of en zo ja, in welke mate de genoemde verschillen een rol spelen.

## 5.2. Paren wegsecties

Het 'paren'-onderzoek levert een zuiverder vergelijking op dan het onderzoek van 'alle wegsecties', maar er moet met kleinere aantallen worden gewerkt.

Uit het analyse-bestand konden 83 paren wegsecties DAB-ZOAB worden geselecteerd, met 433 ongevallen op 199 kilometer DAB en 367 ongevallen op 151 kilometer ZOAB (= 59,3% van het oorspronkelijke aantal ongevallen en 57,6% van de oorspronkelijke lengte van ZOAB). Hiervan zijn 8 paren (5 locaties) secties met 3 rijstroken. In Tabel 8 zijn de totale lengte van deze paren wegsecties en de totale aantallen ongevallen weergegeven.

	DAB	ZOAB
Lengte (kilometers)	199,1	150,8
Alle ongevallen	433	367
Ongevallen op droog wegdek	288	220
Ongevallen op nat wegdek (incl. 'regen')	110	111
Onbekend	35	36

Tabel 8. *Lengte en ongevallen op paren wegsecties.*

## 6. Statistische analyse en toetsing

### 6.1. HOMALS en CANALS alle wegsecties

*HOMALS-analyse (zie par. 4.3 en Bijlage II)*

Onderzocht is in welke mate welke variabelen bij 'alle wegsecties' met elkaar samenhangen.

Het blijkt dat er een 'normaal' te noemen, sterke samenhang bestaat tussen het totale aantal ongevallen, de ongevallen met lichte voertuigen, de ongevallen met uitsluitend materiële schade en - iets minder sterk - het aantal ongevallen op droog wegdek. De verhardingssoort (DAB of ZOAB) blijkt geen enkel onderscheid naar het aantal ongevallen op wegsecties te bieden.

*CANALS-analyse (zie par. 4.3 en Bijlage III)*

Er zijn twee benaderingen toegepast: beide hebben de wegsecties als analyse-eenheden. In de eerste (hoofd)benadering is onderzocht welke variabelen - kenmerken van de wegsecties, waaronder DAB en ZOAB - de onveiligheid van de wegsecties bepalen. In de tweede benadering is omgekeerd onderzocht welke variabelen - onder meer het risico - bepalen of er DAB- dan wel een ZOAB-verharding op een wegsectie aanwezig is. Conclusie uit de eerste benadering is dat er geen verband is tussen het risico (het aantal ongevallen per voertuigkilometer) en de verhardingssoort (DAB - ZOAB).

Conclusie uit de tweede benadering is dat de DAB- en ZOAB-wegsecties van elkaar verschillen in het aantal rijstroken, de motorvoertuigintensiteit, en ook enigszins in het aandeel vrachtverkeer. Er is (wederom) geen verband tussen verhardingssoort en risico.

### 6.2. WPM-analyse, alle wegsecties en paren wegsecties

De WPM-analyse is geschied voor alle wegsecties met twee en meer dan twee rijstroken tezamen en voor paren wegsecties met twee rijstroken (zie par. 4.3 en Bijlage IV).

Voor het totaal van alle wegsecties is het resultaat dat het risico met de intensiteit verschilt tussen DAB en ZOAB. Merkwaardig hierbij is het hoge risico bij ZOAB in de op een na hoogste intensiteitsklasse: normaal vertoont het risico bij toenemende intensiteit een min of meer continu beeld (zoals bij DAB), maar bij ZOAB ligt het risico in de hoogste intensiteitsklasse ineens weer een stuk lager.

Voor de paarsgewijze bijeengezochte DAB- en ZOAB-wegsecties met twee rijstroken is het resultaat dat het risico eveneens met de intensiteit verschilt tussen DAB en ZOAB. Ook hier is het hoge risico bij ZOAB in de nu hoogste intensiteitsklasse opvallend.

Bij inspectie van de data blijkt dat in de desbetreffende cel twee wegsecties aanwezig zijn met een 'uitzonderlijk' hoog aantal ongevallen. Dit hoge aantal kan verklaard worden uit nogal van het gemiddelde afwijkende wegkenmerken. In dit geval is dan ook niet meer voldaan aan de eis dat het paar DAB- en ZOAB-wegsecties vergelijkbare weg- en verkeerskenmerken heeft.



Daarom is als rekenexercitie dit aantal ongevallen tot 'normale' proporties teruggebracht en zijn de beide WPM-analyses nogmaals uitgevoerd.

Resultaat is dat bij het totaal van alle wegsecties het beeld niet essentieel is veranderd. Bij de set gepaarde wegsecties is nu echter geen verschil meer aanwezig, zelfs indien het aantal ongevallen in de rekenexercitie minder dan aanvankelijk wordt verlaagd.

Er wordt van uitgegaan dat de set gepaarde wegsecties de meest zuivere vergelijking oplevert van de risico's bij DAB en ZOAB. Er kan dan in elk geval een zekere gevoeligheid van het resultaat voor de invloed van slechts een klein aantal extreem onveilige wegsecties geconstateerd worden.

Aangenomen wordt dat de extremiteit van de twee genoemde wegsecties is ontstaan buiten de factor ZOAB om (vanwege de genoemde weg- en verkeersomstandigheid).

*Conclusie* is dan dat er geen verschil in risico is tussen DAB en ZOAB. Verder blijkt een toename van de onveiligheid met stijgende intensiteit, zowel (en in gelijke mate) bij DAB als bij ZOAB.

Dat voor het totaal van alle wegsecties een afwijkend analyseresultaat ontstaat moet enerzijds worden geweten aan de onzuiverheid van de effectbepaling hier, en heeft anderzijds te maken met de grotere aantallen ongevallen waardoor - ook kleinere - effecten eerder significant zouden zijn.

Ook de invloed van 'regen' is onderzocht: resultaat is dat er - na correctie voor de twee genoemde, 'extreme' wegsecties - geen verschil in risico tussen DAB en ZOAB bij 'regen' of 'zonder regen' is gevonden. Wel zijn de risico's bij regen zowel voor DAB als voor ZOAB ruim het dubbele van die zonder regen.

Met behulp van het onderzoekmateriaal is - onder aannamen - een globale bandbreedte aan te geven waarbinnen het ZOAB-effect met redelijke zekerheid zal liggen. Berekend is een over alle intensiteitsklassen gemiddeld geschat ZOAB-effect van 0%. De grenswaarden van het 90%-s betrouwbaarheidsinterval liggen dan bij plus 10 à 15% (DAB veiliger dan ZOAB) en min 10 à 15% (ZOAB veiliger dan DAB).

Voor paren wegsecties met meer dan twee rijstroken zijn wegens te kleine aantallen wegsecties (8 paren of slechts 5 locaties) geen voldoende betrouwbare uitspraken mogelijk.

### 6.3. Verificatie van de hypothesen

Met bovenstaande conclusies kan een uitspraak worden gedaan over de geldigheid van de opgestelde hypothesen. Hierbij wordt aangenomen dat er voor DAB en ZOAB geen verschillen tussen droog en nat wegdek zullen zijn omdat er geen verschillen bij regen versus niet-regen zijn geconstateerd.

Hiermee wordt de eerste (in Hoofdstuk 3 geformuleerde) hypothese - bij droog wegdek zal de kans op een ongeval op ZOAB enigszins groter zijn dan die kans op DAB - verworpen.

De tweede hypothese - bij nat wegdek zal de kans op een ongeval op ZOAB kleiner zijn dan die kans op DAB - is eveneens verworpen.

De derde hypothese - de gemiddelde letselemst zal bij ongevallen op

droog ZOAB enigszins groter zijn dan bij ongevallen op droog DAB en bij ongevallen op nat ZOAB lager zijn dan bij ongevallen op nat DAB - is niet getoetst vanwege te geringe celvullingen.

De vierde hypothese - bij overgangen van DAB naar ZOAB zal bij nat wegdek geen verschil in ongevallenkans optreden; bij overgangen van ZOAB naar DAB zal bij nat wegdek de kans op een ongeval in het korte DAB-traject achter de overgang groter zijn dan die kans op DAB - is eveneens niet onderzocht wegens te geringe celvullingen.

De vijfde hypothese - per saldo zal de kans op een ongeval op ZOAB kleiner zijn dan die kans op DAB - is eveneens verworpen.

Hierbij moet worden opgemerkt dat een beperkte omvang van een onderzoek (zoals hier qua aantallen wegsecties en aantallen ongevallen) snel zal leiden tot het verwerpen van opgestelde hypothesen: het meetinstrument blijkt dan niet nauwkeurig genoeg te zijn om eventuele verschillen (van een bepaalde omvang) te detecteren.

## 7. Conclusies en aanbevelingen

Bij toepassing van zeer open asfaltbeton (ZOAB) treden op nat wegdek en bij regen nauwelijks waterlagen op, waardoor aquaplaning, spat- en sproeiwater en zichtbelemmering in veel mindere mate dan op het normale dicht asfaltbeton (DAB) voorkomen. Dit zou een positief effect op de ongevallenkans kunnen hebben. Het is echter mogelijk dat de verbetering van het zicht bij nat ZOAB leidt tot hogere rijsnelheden dan bij DAB. De veronderstelde verbetering van de verkeersveiligheid door het ontbreken van waterlagen op ZOAB zou gecompenseerd kunnen worden door een afname van de veiligheid door een hoger snelheidsniveau, door wellicht een grotere spreiding in de snelheden en door kortere volgafstanden. In dit onderzoek is de vraag aan de orde in welke mate de verkeers- onveiligheid van ZOAB verschilt van die van DAB, in het bijzonder bij regen of nat wegdek.

In dit onderzoek zijn de aantallen geregistreerde ongevallen vergeleken van paren wegsecties, waarvan de ene wegsectie een ZOAB-verharding heeft, en de andere - daarbij gezochte - wegsectie een DAB-verharding. Op de wegdekverharding na zijn deze paren wegsecties op alle voor de verkeersveiligheid belangrijke weg- en verkeerskenmerken vergelijkbaar. Het gaat over 75 paren autosnelwegsecties met DAB en ZOAB op 53 locaties met twee rijstroken per rijrichting. Op deze wegsecties vinden geen in- en uitvoeringen of weefbewegingen plaats. *De vergelijking leert dat bij deze paren wegsecties drainerend asfaltbeton (ZOAB) net zo veilig is als normaal asfaltbeton (DAB). Dit resultaat vertoont een spreiding, zodat het verwachte werkelijke verschil in risico kan variëren tussen min 10 à 15% (ZOAB veiliger) en plus 10 à 15% (DAB veiliger).* Met andere woorden: als de onveiligheid van ZOAB al van die van DAB verschilt, dan is te verwachten dat het verschil tot 10 à 15% beperkt zal blijven.

*Geconcludeerd wordt verder dat geen statistisch significant verschil in de risico's tussen DAB- en ZOAB-wegsecties bij regen bestaat, en evenmin bij het ontbreken van regen. Over verschillen in letselernst bij ongevallen op DAB en ZOAB kan geen uitspraak worden gedaan wegens (in statistische zin) te geringe aantallen slachtoffers in dit onderzoek. Hetzelfde is het geval ten aanzien van de verschillen in ongevallenkans tussen overgangen van DAB naar ZOAB en overgangen van ZOAB naar DAB, waarvoor wegens een te gering aantal overgangen geen uitspraak kan worden gedaan. Om eventuele verschillen in risico tussen DAB en ZOAB-wegsecties met meer nauwkeurigheid te kunnen bepalen, wordt aanbevolen dit onderzoek te herhalen en uit te breiden met gegevens uit meer jaren.*

In dit onderzoek zijn alleen wegsecties zonder in- en uitvoeringen, weefvakken en splitsingen onderzocht, met de bedoeling de effecten van ZOAB in een relatief eenvoudige, 'ongestoorde' situatie te onderzoeken. Op basis van dit onderzoek is het moeilijk een voorspelling te doen over de veiligheidsinvloed van ZOAB bij weggedeelten met weefvakken enz. Juist op dergelijke weggedeelten vinden veel manoeuvres als in- en uitvoegen en weven plaats. Ook hier zal ZOAB de opbouw van waterlagen beperken, ook hier zal er bij regen wellicht harder worden gereden. *Aanbevolen wordt onderzoek te doen naar de verkeersonveiligheid bij*

*toepassing van drainerend asfaltbeton (ZOAB) op die gedeelten van autosnelwegen, waar in- en uitvoegingen en weefbewegingen plaatsvinden.*

Mogelijk leidt het betere zicht op ZOAB bij nat wegdek of regen tot een hogere snelheid en kortere volgafstanden dan op DAB bij nat wegdek of regen. Deze veronderstellingen kunnen op eenvoudige wijze onderzocht worden door metingen van snelheid en volgafstand. Daarnaast kan het zijn dat op ZOAB bij regen en nat wegdek minder files voorkomen door deze kortere volgafstanden, hogere snelheden en dus een grotere capaciteit van de weg. *Aanbevolen wordt om deze aspecten van het verkeersgedrag door middel van metingen te onderzoeken.*

In dit onderzoek zijn relatief nieuwe ZOAB-gedeelten vergeleken met zowel nieuwe als oude DAB-wegvakken. Omdat ook ZOAB aan slijtage onderhevig is, bestaat de mogelijkheid dat in de toekomst het veiligheidsniveau van ZOAB enigszins zal dalen. De lagere aanvangsstroefheid van ZOAB is in het onderzoek buiten beschouwing gebleven, omdat de ZOAB-wegsecties pas ná het jaar van aanleg in het onderzoek zijn opgenomen. *Nader onderzocht zou kunnen worden wat deze veranderende effecten van de stroefheid in de tijd voor invloed hebben op de verkeersveiligheid.*

Vanwege de geringe omvang van het onderzoek is geen onderzoek mogelijk geweest naar eventuele verschillen in ernst van de afloop van ongevallen op DAB en ZOAB. Omdat echter uit de statistische analyses blijkt dat het aantal ongevallen met letsel geen of een zwak verband heeft met de soort verharding, is het niet aannemelijk dat de verschillen in letselernst groot zouden zijn.

## Literatuur

Eikelboom, J.; Wit, L.B. de & Heide, J.P.J. van der (1993). Aanvangsstroefheid ZOAB: stand van zaken. *Asfalt* (1993) 1: 23 -27. Vereniging van Bitumineuze Werken VBW-Asfalt, 1993.

SWOV (1987). Analyse van de verkeersonveiligheid van oudere fietsers en voetgangers. Deel II. Afbeeldingen, tabellen, bijlagen: Bijlage I. Het beschrijven van samenhang in kenmerken bij verkeersongevallen of slachtoffers van verkeersongevallen. R-87-9 II. SWOV, 1987. (HOMALS)

Oppe, S. (1980). Analyse van samenhangen tussen kwalitatieve verkeersveiligheidskenmerken. *Verkeerskunde* 31 (1980) 7: 364 -368; en 31 (1980) 12: 629 - 631. (CANALS, WPM)

Oppe, S. (1992). A comparison of some statistical techniques for road accident analysis. *Accident Analysis and Prevention* 24 (1992) 4: 397 - 423. (CANALS)



## Afbeeldingen 1 t/m 4

Afbeelding 1. *Verdeling van lengte - 'alle wegsecties'.*

Afbeelding 2. *Verdeling van intensiteit - 'alle wegsecties'.*

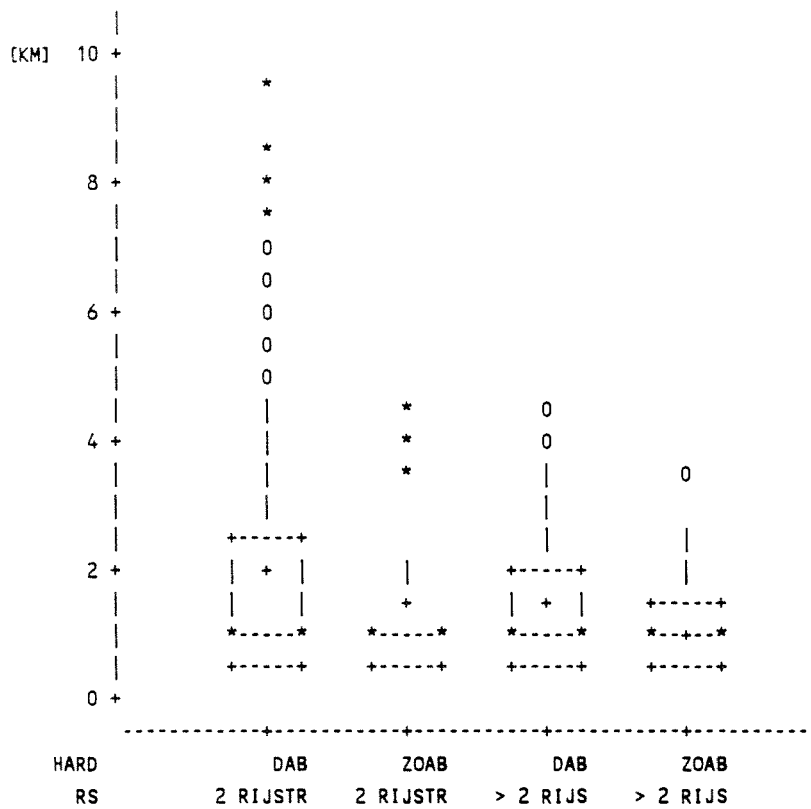
Afbeelding 3. *Verdeling van voertuigprestatie - 'alle wegsecties'.*

Afbeelding 4. *Verdeling aandeel zware voertuigen - 'alle wegsecties'.*





Variable=LENGTE



AFBEELDING 1. VERDELING VAN LENGTE - 'ALLE WEGSECTIES'

+ = GEMIDDELD; \*---\* = MEDIAAN; +---+ = 25- EN 75-PERCENTIEL

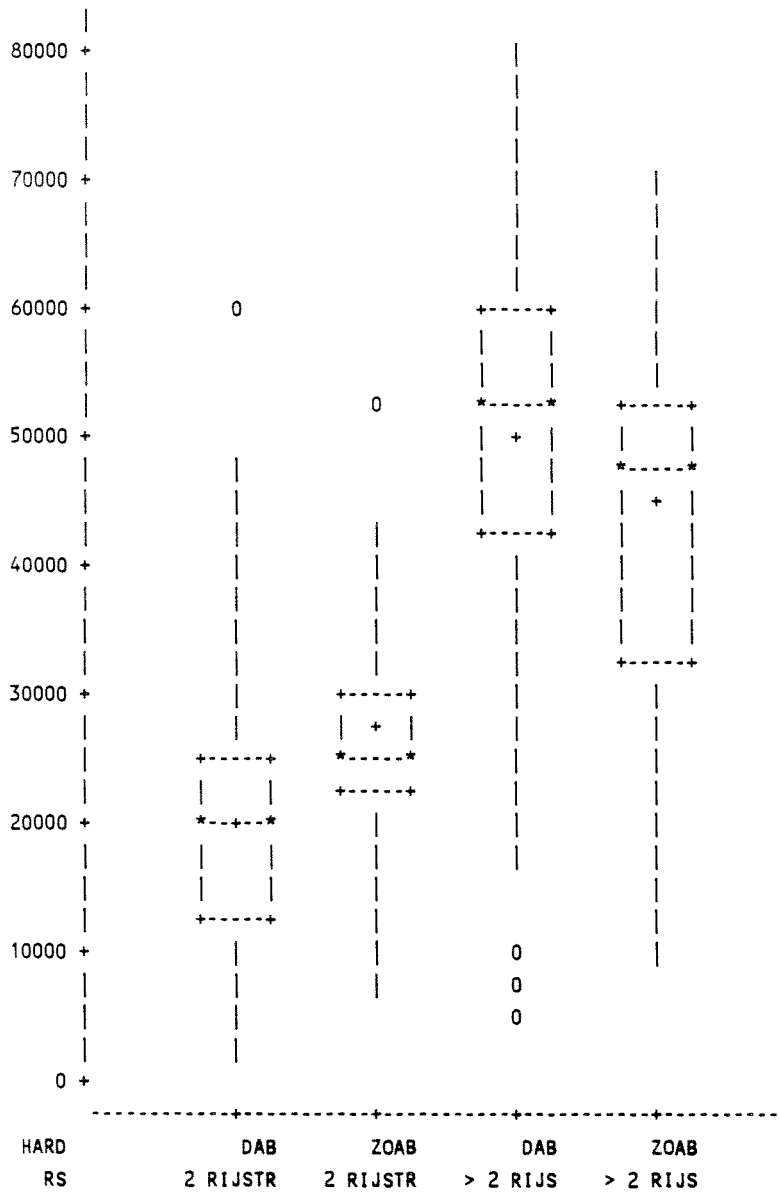
| = Tot 1,5 maal het verschil tussen 25- en 75-percentiel

0 = 1,5 tot 3 maal het verschil

\* = meer dan 3 maal het verschil

Variable=INT

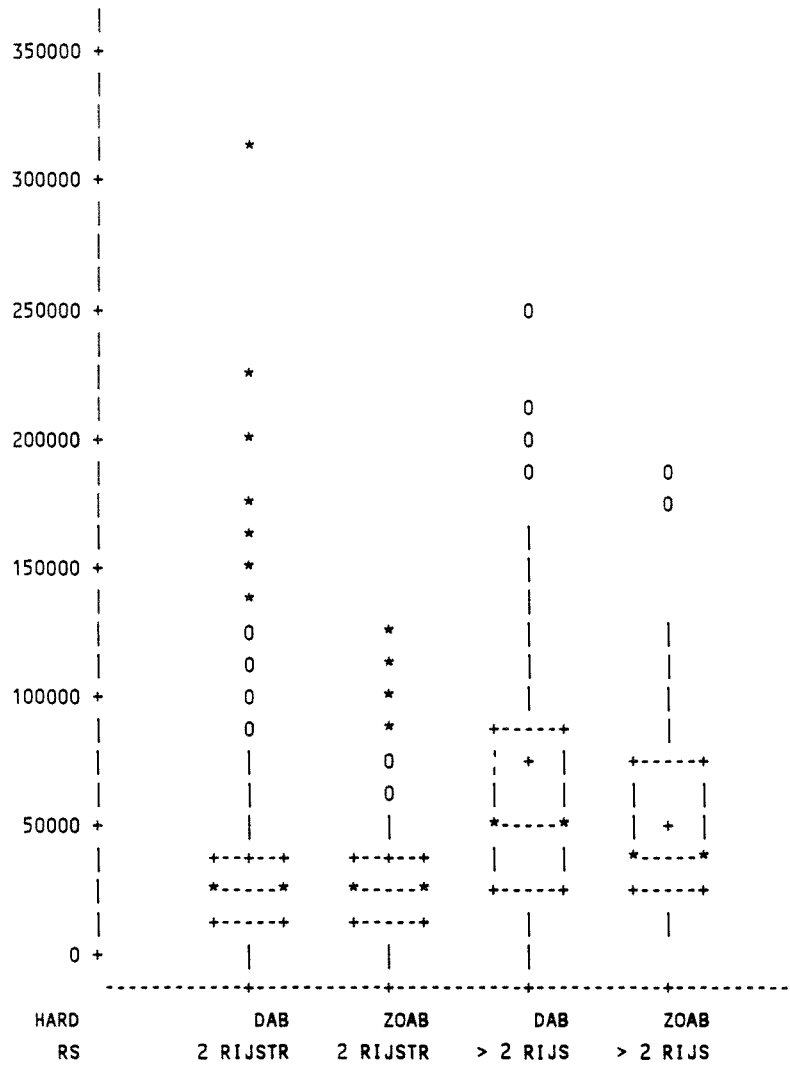
MVT-INTENSITEIT/ETMAAL (PER RIJRICHTING)



AFBEELDING 2. VERDELING INTENSITEIT - 'ALLE WEGSECTIES'

Variable=V\_PR

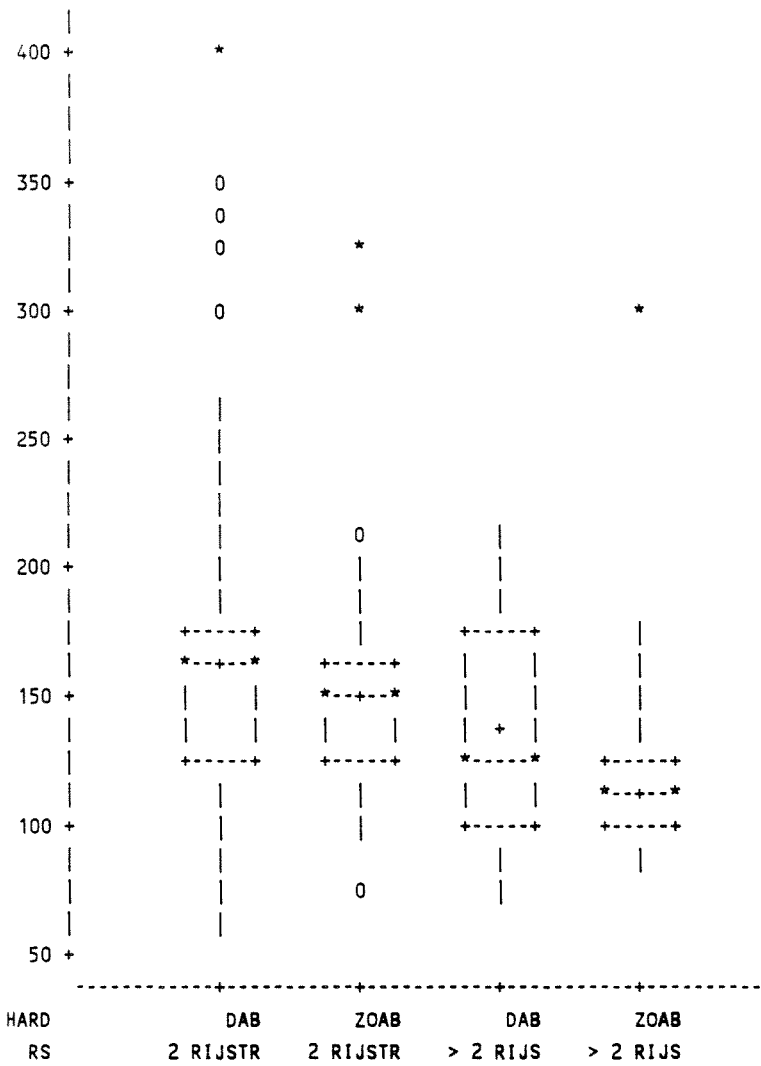
VTG.PREST. (PER DAG)



AFBEELDING 3. VERDELING VOERTUIGPRESTATIE - 'ALLE WESGECTIES'

Variable=VV  
 Weight= LENGTE

PROMILLAGE ZW. VERK.



AFBEELDING 4. VERDELING AANDEEL ZWARE VOERTUIGEN - 'ALLE WEGSECTIES'

## Bijlagen I t/m IV

Bijlage I. *Bestandsopbouw.*

Bijlage II. *HOMALS-analyse.*

Bijlage III. *CANALS-analyse.*

Bijlage IV. *WPM-analyse.*



## Bijlage I. Bestandsopbouw

Voor het onderzoek 'Drainerend asfalt' zijn de volgende bestanden gebruikt:

- Bestand 'Wegsecties' uit het DVK-WEGGEG-bestand 1990  
Wegsecties van (Rijks)autosnelwegen, onderscheiden naar richting, van invoeging of splitsing tot uitvoeging of splitsing; alleen de hoofdrijbanen. Inhoud: Rijkswegnummer, begin- en eindhectometerpaal, aantal rijstroken, telpuntnummer, richting.
- Bestand 'ZOAB-secties' uit het DWW-PROGNOSE-bestand 1991  
Weggedeelten, voorzien van een ZOAB-deklaag. Inhoud: Rijkswegnummer, begin- en eindhectometerpaal, jaar van aanleg ZOAB, richting.
- Bestand 'Intensiteiten' uit DVK-INWEVA-bestand 1990  
Rijkswegnummer, begin en einde telvak, telpunt, jaargemiddelde werkdag-etmaalintensiteit van motorvoertuigen, aandeel vrachtverkeer.
- Bestanden 'Ongevallen' uit DVK-VOR-bestand 1990, 1991  
U.m.s. en letsel-ongevallen op Rijkswegen, met ongevallen-, slachtoffer- en objectgegevens.
- Bestand 'Knopen' uit DVK-BRO-bestand 1990, 1991  
Wegvakken met knopen uit het VOR-locatienetwerk op volgorde in de richting van de weg gelegd.

DVK = Dienst Verkeerskunde Rijkswaterstaat, Rotterdam

DWW = Dienst Weg- en Waterbouwkunde Rijkswaterstaat, Delft

VOR = Dienst VerkeersOngevallenRegistratie, Heerlen

*Het analyse-bestand wordt als volgt opgebouwd*

### *1. Correctie wegsectiebestand*

Bij een dubbele hectometreering op een Rijksweg zijn beide wegsecties uit het bestand verwijderd (vanwege het correct kunnen toewijzen van ongevallen).

Bij autosnelwegen is dit niet voorgekomen.

### *2. Toevoegen intensiteiten aan wegsecties*

De 'Intensiteiten' zijn aan de 'Wegsecties' toegevoegd door middel van een koppeling via de variabele 'Telpunt'.

Er zijn correcties gepleegd bij de toekenning van een telpuntintensiteit aan aangrenzende wegvakken, omdat het door Rijkswaterstaat gehanteerde model voor toewijzing van op telpunten gemeten intensiteiten aan aangrenzende wegvakken niet altijd juist is gebleken.

### *3. Koppeling 'ZOAB-secties' aan 'wegsecties'*

Deze koppeling houdt in dat de wegsecties voorzien zijn van een variabele 'Verharding' met de volgende indeling:

1 = Dicht Asfaltbeton DAB

2 = Zeer Open AsfaltBeton ZOAB

3 = Overgang van DAB naar ZOAB

4 = Overgang van ZOAB naar DAB

#### *De koppeling gaat als volgt*

- Wegsecties en ZOAB-secties van minder dan 500 m zijn uit het bestand verwijderd.

- Wegsecties lopen van oprit of splitsing naar afrit of splitsing; ZOAB-secties lopen door langs op- en afritten.

- Er worden twee ZOAB-bestanden aangemaakt: 1990 en 1991. ZOAB-90 bevat geen wegvakken uit 1991.

Bij de koppeling is eerst bepaald of Rijkswegnummer en de richting (heen = oplopende hectometrering; terug = aflopende hectometrering) overeenkomt. Vervolgens is bepaald of een wegsectie geheel binnen of geheel buiten een ZOAB-sectie valt (HARD wordt dan respect 2 en 1). Is dit niet het geval, dan valt de wegsectie gedeeltelijk binnen de ZOAB-sectie en zijn er overgangen. De wegsectie is dan in 3 stukken geknipt: DAB, ZOAB en een overgang van 300 m lengte (van DAB naar ZOAB of omgekeerd).

Hierna zijn voor 1990 de ZOAB-wegsecties 1990 verwijderd (het jaar van aanleg) en voor 1991 de ZOAB-wegsecties 1991.

Aldus zijn twee (tussen)bestanden ontstaan met verhardingsgegevens uit 1990 en 1991.

#### *4. Bepalen richting ongeval*

De richting van bij een ongeval betrokken objecten is opgegeven van of naar de bij het ongeval behorende wegvakbegrenzende knoop A. Deze knoop A kan zowel het laagste als het hoogste wegvakbegrenzende knooppunt zijn. Uit het bestand met locatiegegevens van autosnelwegen, het zogenaamde 'knopen'-bestand, is bekend in welke volgorde de wegvakbegrenzende knopen in de richting van de weg liggen. Met een algoritme wordt bepaald of ongevalsknoop A de eerste of de tweede wegvakknop is. Met 'van' en 'naar' knoop A kan nu de absolute richting van het bij het ongeval betrokken object worden bepaald.

Voor autosnelwegen zal moeten gelden, dat bij een ongeval de richting van alle betrokken objecten gelijk zou moeten zijn. Uitzonderingen zijn spookrijders of eventueel een verkeerde notatie van de richting als een voertuig 180 graden geslipt is.

Het is gebleken dat op de bij dit onderzoek gebruikte wegsecties geen enkel ongeval voorkomt, waarbij de objecten een verschillende richting hebben. Hiermee is dan de toewijzing van de ongevallen aan de linker of rechter hoofdrijbaan voor 100 % zuiver.

#### *5. Koppeling ongevallen aan wegsecties*

De ongevallen (met de richting) zijn daarna per jaar gekoppeld aan de wegsectiebestanden uit 1990 en 1991.

#### *De koppeling heeft als volgt plaatsgevonden*

De hectometerpaal van het ongeval valt binnen de begin- en de eindhectometerpaal van een wegsectie; Rijkswegnummer, jaar en richting komen overeen.

Hierna zijn de twee bestanden voor 1990 en voor 1991 samengevoegd; in dit bestand komt een wegsectie twee maal met identieke gegevens voor als er zowel in 1990 als in 1991 ongevallen zijn gebeurd en de verharding in die twee jaren gelijk is gebleven.



## 6. *Naderhand toevoegen gegevens verharding*

Met deze wijze van bestandsopbouw kunnen gemakkelijk naderhand gegevens toegevoegd worden. Een voorbeeld kan dit verduidelijken:

Stel dat twee ZOAB-soorten onderscheiden worden, bijvoorbeeld ZOAB 0/11 en 0/16. Het ZOAB-bestand wordt dan verdeeld in wegsecties die de ene of de andere ZOAB-soort hebben (variabele  $Z = 1$  of  $2$ ). Bij de koppeling met het totale wegsectie-bestand wordt deze variabele meegenomen. Onderscheid is dan  $HARD = 2$  (ZOAB) en  $Z = 1$  of  $2$  (0/11 of 0/16).



## Bijlage II. HOMALS-analyse

### 1. Beschrijving HOMALS

HOMALS is een gegeneraliseerd programma voor principale componentenanalyse dat door het gebruik van herschaling van de kenmerken (andere volgorde en andere waarden van de klassen) ook toe te passen is op nominale en ordinale gegevens. Voor het vinden van een optimale oplossing wordt gebruik gemaakt van de kleinste-kwadratenmethode. Hierbij wordt een iteratief proces toegepast om de herschaling van de klassen te verbeteren en de gewichten van de herschaalde variabelen opnieuw vast te stellen, totdat de beste oplossing gevonden wordt.

Deze homogeniteitsanalyse geeft een eenvoudig beeld van complexe relatiesstructuren. Dit beeld wordt bepaald door de keuze van kenmerken die worden onderzocht. De objecten (wegsecties) worden in eerste instantie afgebeeld als punten in een ruimte die wordt opgebouwd uit niet-orthogonale dimensies die ieder een kenmerk vertegenwoordigen. De oplossing is een afbeelding in ortho-normale dimensies waarbij zo weinig mogelijk van de oorspronkelijke informatie verloren gaat. Deze oplossing wordt beschreven door de volgende getallen:

- Getallen die aangeven hoe goed de oorspronkelijke ruimte is af te beelden in een kleinere ruimte. Deze getallen - de 'eigenwaarden' - geven aan hoeveel procent van de totale variatie wordt verklaard door elke volgende dimensie die voor de eenvoudige beschrijving wordt gekozen.
- Getallen die aangeven hoe goed de gekozen dimensies overeenkomen met de oorspronkelijke kenmerken. Deze getallen - de 'discriminatie-maten' - staan in relatie tot de correlaties tussen de kenmerken en geven aan hoeveel variantie van de objecten op het oorspronkelijke kenmerk wordt verklaard na projectie op de nieuwe dimensie.
- Getallen die aangeven waar de individuele objecten in de nieuwe ruimte worden afgebeeld. Deze getallen - de objectscores - zijn in feite de coördinaten in de nieuwe ruimte van de punten die de objecten vertegenwoordigen. Objecten in het centrum van de afbeelding zijn 'doorsnee'-objecten en hebben dus veel gemeenschappelijke kenmerken, objecten aan de rand zijn het meest afwijkend.
- Getallen die aangeven welke objectscores de objecten in een kenmerk gemiddeld hebben op een dimensie. Voor elk kenmerk waarin de objecten in klassen ingedeeld zijn, geldt dat deze getallen - de 'categoriescore of categoriekwantificatie' - veel van elkaar verschillen als de klassen goed van elkaar zijn te onderscheiden, dus weinig overlap vertonen. Dit is het geval bij goed onderscheidende kenmerken. Klassen van kenmerken die goed onderscheiden en dicht bij elkaar liggen hebben veel objecten gemeen: zij vertegenwoordigen homogene groepen.

Hoe groter de afstand van de zwaartepunten van de kenmerken tot het nulpunt, des te groter het aandeel van een kenmerk in het onderscheid tussen de wegsecties. Daarnaast geldt dat hoe kleiner de afstand tussen de zwaartepunten van de kenmerken, des te meer samenhang er bestaat tussen die kenmerken.

Bij de grafische weergave van de afbeelding in bijvoorbeeld twee dimensies gaat uiteraard informatie uit de hogere dimensies verloren. Het beeld dat ontstaat moet dan ook steeds in samenhang met de discriminatiematen in de hogere dimensies beschouwd worden. Dit betekent dat de getoonde

samenhang tussen kenmerken in de grafische afbeelding in twee dimensies alleen dan ook in werkelijkheid aanwezig is als de discriminatiematen van die kenmerken in de hogere dimensies weinig verschillen.

## 2. HOMALS-analyse van alle wegsecties

De HOMALS-analyse heeft hier wegsecties als analyse-eenheden. HOMALS is een iteratief proces dat stopt als een bepaald convergentie-criterium is bereikt. In dit geval zijn vier dimensies voldoende geweest om een gewenste mate van inzicht te bereiken. Uit de grootte van de eigenwaarden (tabel) blijkt dat de oplossingsruimte tot in de vierde dimensie wordt gedomineerd door het aantal ongevallen met lichte voertuigen, het aantal ongevallen op droog wegdek, het aantal u.m.s.-ongevallen en het totale aantal ongevallen.

Op de eerste dimensie scoren ook nog de motorvoertuigprestatie en het aantal ongevallen op nat wegdek bij geen respect. wel regen. De verhardingssoort scoort op geen enkele dimensie.

In de grafische weergave zijn de eerste twee dimensies tegen elkaar uitgezet: op de horizontale as de discriminatiematen van de eerste dimensie, op de verticale as de discriminatiematen van de tweede dimensie (zie tabel). Het blijkt dat er een sterke samenhang bestaat tussen het totale aantal ongevallen, de ongevallen met lichte voertuigen, de ongevallen met uitsluitend materiële schade en - iets minder sterk - het aantal ongevallen op droog wegdek: deze variabelen in de rechter bovenhoek van de afbeelding liggen dicht bij elkaar en hebben een grote afstand tot het nulpunt. Zij zijn dus sterk bepalend voor het onderscheid tussen de wegsecties. De verhardingssoort ligt in de linker onderhoek, dicht bij het nulpunt en is daarmee van geen belang voor het onderscheid tussen de wegsecties.

*Conclusie* is dat de verhardingssoort (DAB of ZOAB) geen enkel onderscheid naar het aantal ongevallen op wegsecties biedt.

R= rijbaanrichting (1, +)

Ong = totale aantal ongevallen (A)

Vli = aantal ongevallen met lichte voertuigen (6)

Ums = aantal u.m.s.-ongevallen (9)

Dr = aantal ongevallen op droog wegdek (B)

Nat = aantal ongevallen op nat wegdek zonder regen (C)

Reg = aantal ongevallen bij regen (D)

Vpr = voertuigprestatie (in kilometers) (3)

Vzw = aantal ongevallen met zware voertuigen (7)

Ld = aantal ongevallen met letsel en/of dodelijke afloop (8)

Int = motorvoertuigintensiteit (5)

Rs = het aantal rijstroken (2)

Vv = aandeel vrachtverkeer (4)

Hard = verhardingssoort (14, +)

In de grafische weergave vallen de zwaartepunten van 'Hard' en 'R' samen, aangegeven door '+'.

HOMALS

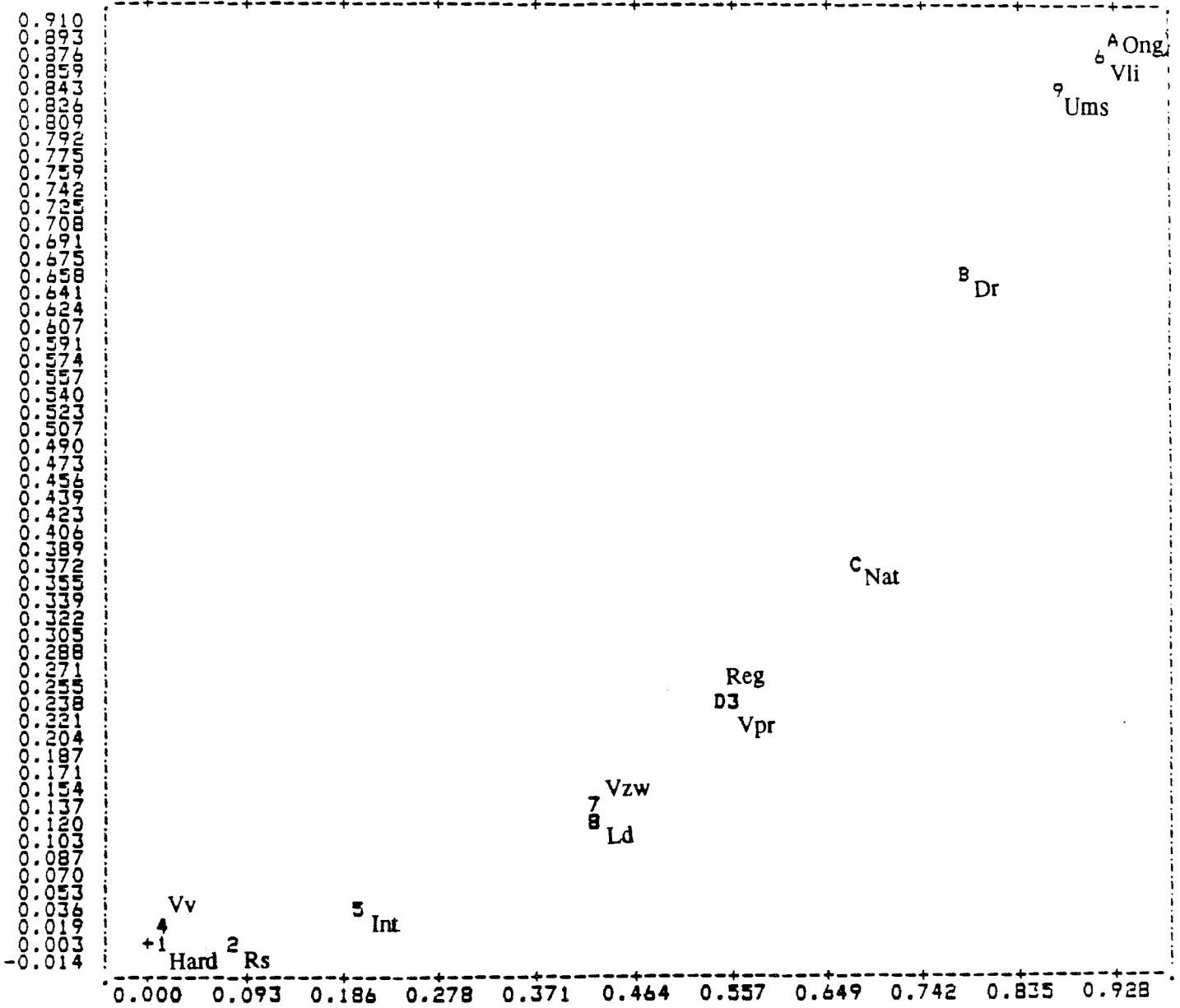
<u>DIMENSION</u>	<u>EIGENVALUE</u>
1	0.4642
2	0.3159
3	0.2349
4	0.1964

DISCRIMINATION MEASURES PER VARIABLE PER DIMENSION

		* DIMENSION				
		*	1	2	3	4
VARIABLES	*	*****	*****	*****	*****	*****
r	1	*	0.014	0.0003	0.0001	0.0006
rs	2	*	0.080	0.000	0.004	0.002
ypr	3	*	0.570	0.234	0.047	0.005
vv	4	*	0.015	0.023	0.002	0.001
inc	5	*	0.206	0.040	0.019	0.008
vli	6	*	0.917	0.870	0.851	0.788
vzw	7	*	0.428	0.136	0.013	0.001
ld	8	*	0.430	0.123	0.006	0.001
ums	9	*	0.887	0.838	0.793	0.711
ong	10	*	0.928	0.892	0.887	0.857
dr	11	*	0.789	0.654	0.534	0.341
net	12	*	0.683	0.375	0.097	0.035
reg	13	*	0.547	0.232	0.033	0.001
hard	14	*	0.004	0.001	0.001	0.001

HOMALS

THE PLOT OF THE DISCRIMINATION MEASURES ( \* = ORIGIN )



## Bijlage III. CANALS-analyses

### 1. Beschrijving CANALS

CANALS is een gegeneraliseerd programma voor canonische correlatie-analyse, waarmee alle mengvormen van metrische en niet-metrische kenmerken kunnen worden geanalyseerd. Bij de klassieke canonische correlatie-analyse worden voor afzonderlijke objecten - zoals wegsecties - zodanige lineaire combinaties van kenmerken in een eerste, onafhankelijke groep van kenmerken van die objecten berekend dat een maximale correlatie ontstaat met lineaire combinaties van kenmerken in een tweede, afhankelijke groep. Deze correlatie wordt een canonische correlatie-coëfficiënt genoemd. Bij deze klassieke analyse kan alleen met metrische gegevens gewerkt worden.

Bij CANALS worden de (ook nominale en ordinale) kenmerken op zodanige wijze herschaald, dat deze canonische correlatie-coëfficiënten worden gemaximaliseerd. De combinaties van kenmerken kunnen dan ook niet-lineair zijn. In het bijzonder worden hier die combinaties van weg- en verkeerskenmerken gegeven die de beste voorspelling geven van (combinaties van) kenmerken van ongevallen.

Voor het vinden van een optimale oplossing wordt gebruik gemaakt van de kleinste-kwadratenmethode. Hierbij wordt een iteratief proces toegepast om de herschaling van de klassen te verbeteren en de gewichten van de herschaalde kenmerken opnieuw vast te stellen, totdat de beste oplossing gevonden wordt.

### 2. CANALS-analyse van alle wegsecties

Er zijn twee benaderingen toegepast: beide hebben de wegsecties als analyse-eenheden. In de eerste (hoofd)benadering is onderzocht welke kenmerken van de wegsecties, waaronder DAB en ZOAB - de onveiligheid van de wegsecties bepalen. In de tweede benadering is omgekeerd onderzocht welke kenmerken - onder meer het risico - bepalen of er DAB- dan wel een ZOAB-verharding op een wegsectie aanwezig is.

#### *Kenmerken in de data-set:*

- 1 L weglengte
- 2 rs aantal rijstroken (2, >2)
- 3 vv aandeel vrachtverkeer
- 4 int mvt-werkdagintensiteit
- 5 hard wegdekverhardingssoort(DAB/ZOAB)
- 6 ong-vpr aantal ongevallen per mvt-verkeersprestatie
- 7 r rijbaanrichting (heen, terug)
- 8 vpr mvt-verkeersprestatie (= L \* int)
- 9 vli aantal ongevallen met lichte voertuigen
- 10 vzw aantal ongevallen met zware voertuigen
- 11 dr aantal ongevallen op droog wegdek
- 12 nat aantal ongevallen op nat wegdek zonder regen
- 13 reg aantal ongevallen bij regen
- 14 ld aantal ongevallen met letsel/dodelijke afloop
- 15 ums aantal u.m.s.-ongevallen
- 16 ong totaal aantal ongevallen

## 2.1. Eerste benadering: Risico

CANALS, eerste run:

In de eerste, onafhankelijke set zijn alle variabelen meegenomen, behalve de variabelen 7, 8 en 16. De aantallen ongevallen per mvt-verkeersprestatie (het risico, variabele 6) is als enige in de tweede, afhankelijke set meegenomen.

Alle herschalingen zijn ordinaal, alleen variabele 1: de weglengte, is nominaal herschaald.

*Uitkomst:*

De hoogste correlaties heeft de (afhankelijke) risicovariabele met de optimaal (onder ordinaliteitsrestriktie) herschaalde variabelen 9, 15, 11, 10, 14, 12 en 13: de aantallen ongevallen met lichte voertuigen (correlatie .95), de aantallen u.m.s.-ongevallen (corr .91), de aantallen ongevallen bij droog wegdek (corr .46), de aantallen ongevallen met zware voertuigen (corr .42), de aantallen ongevallen met letsel en/of dodelijke afloop (corr .42), de aantallen ongevallen op nat wegdek zonder regen (corr .41) en de aantallen ongevallen bij regen (corr .40).

De correlatie van de risicovariabele met variabele 5: de verhardingssoort, blijft hierbij ver achter (corr .03).

CANALS, tweede run:

In de eerste, onafhankelijke set de variabelen 1 t/m 5, de risicovariabele 6 in de tweede, afhankelijke set. Alle herschalingen zijn nominaal.

*Uitkomst:*

De hoogste correlaties heeft de risicovariabele met de optimaal herschaalde variabele 1: de weglengte (correlatie .38) en met de variabele 4: de motorvoertuig-intensiteit (corr .29), op afstand gevolgd door de variabele 2: het aantal rijstroken (corr .12).

De correlatie van de risicovariabele met de variabele 5: de verhardingssoort, blijft hier wederom ver achter (corr .025).

CANALS, derde run:

De variabelen 1 t/m 5 in de eerste, onafhankelijke set, de variabelen 1 t/m 4 en variabele 6 in de tweede, afhankelijke set. De variabelen 1 t/m 4 worden dus in de tweede set herhaald, de variabele 5: de verhardingssoort, zit alleen in de eerste (onafhankelijke) set, de risicovariabele 6 alleen in de tweede set. Op deze wijze wordt de invloed van alle variabelen 'uitgepartialiseerd', zodat een 'sec' effect van de verhardingssoort op de risicovariabele overblijft. Alle herschalingen zijn nominaal.

*Uitkomst:*

De correlatie (in de 5e dimensie) van de risicovariabele met de verhardingssoort bedraagt slechts 0.07.

*Conclusie* uit deze eerste benadering:

Er is geen verband tussen het risico (het aantal ongevallen per voertuigkilometer) en de verhardingssoort (DAB - ZOAB).



## 2.2. Tweede benadering: Aanwezigheid DAB of ZOAB

CANALS, vierde run:

In totaal dertien variabelen als in CANALS, eerste run (dus zonder de variabelen 7, 8 en 16), nu met de variabele 5: de verhardingssoort, in de tweede, afhankelijke set. Alle herschalingen zijn ordinaal, behalve voor de nominaal herschaalde variabelen 1: de weglengte, en 4: de motorvoertuig-intensiteit.

*Uitkomst:*

De hoogste correlaties vertoont de (afhankelijke) verhardingssoort-variabele met de optimaal herschaalde variabele 2: het aantal rijstroken (correlatie .21), de variabele 4: de motorvoertuig-intensiteit (corr .19) en de variabele 3: het aandeel vrachtverkeer (corr .14). De variabele 1: de wegsectielengte scoort nu slechts laag (corr .08).

Variabele 6: het risico discrimineert zoals verwacht wederom niet (corr .05).

*Conclusie* uit de tweede benadering:

De DAB- en ZOAB-wegsecties verschillen van elkaar vanwege het aantal rijstroken, de motorvoertuig-intensiteit, en ook enigszins vanwege het aandeel vrachtverkeer. Er is (wederom) geen verband tussen verhardingssoort en risico.

Bij de toetsing van deze uitslag - hier ontstaan uit de toepassing van verkennende analysetechnieken - moet rekening worden gehouden met het aantal rijstroken en de motorvoertuig-intensiteit. Hoewel de DAB- en ZOAB-wegsecties enigszins onderscheiden worden door het aandeel vrachtverkeer, leveren de uitkomsten van CANALS, tweede run, geen argumenten op om bij de toetsing rekening te houden met deze variabele. Omgekeerd zouden de uitkomsten van CANALS, tweede run, erop wijzen dat bij toetsing wel met de wegsectielengte rekening moet worden gehouden. Uit CANALS, vierde run, blijkt echter dat deze variabele geen onderscheid maakt naar DAB- en ZOAB-wegsecties, zodat ook deze variabele bij de toetsing achterwege mag blijven.



## Bijlage IV. WPM-analyse

### 1. WPM, beschrijving

WPM (Weighted Poisson Model) is een statistische modelbenadering voor toetsing van kruistabellen. Hiermee kunnen ook hogere-ordetabellen (onderverdeling van verscheidene kenmerken) geanalyseerd en getoetst worden.

In het model wordt verondersteld dat het aantal ongevallen het resultaat is van een kansverschijnsel dat met een Poisson-proces beschreven kan worden: de aantallen ongevallen in de cellen van een kruistabel zijn onafhankelijke, 'at random' verdeelde variabelen met Poisson-verdelingen. De parameters van de Poisson-verdelingen kunnen verschillen. Het aantal ongevallen in een cel van een kruistabel is dan een gemiddelde, vermenigvuldigd met een rij-effect maal een kolom-effect. Dit multiplicatieve model wordt door het nemen van de logaritme herleid tot een 'log-lineair' model en de cellen zijn gevuld door het gemiddelde plus de rij- en de kolomeffecten.

Indien de variabelen niet onafhankelijk zijn, kan dit model uitgebreid worden tot een model dat weergeeft hoe het aantal ongevallen in een cel van een kruistabel is opgebouwd uit een gemiddelde van alle waarnemingen, een rij-effect, een kolomeffect en een interactie-effect tussen rijen en kolommen.

De volgende stap is het toevoegen van expositiematen. Hiermee ontstaat een gewogen Poisson-model.

In WPM wordt het model herschreven in matrixvorm. Het is hierbij mogelijk zodanige vormen van deze matrix te kiezen dat contrasten tussen en binnen gegroepeerde klassen van kenmerken onderzocht kunnen worden. Voorbeeld: een kenmerk is ingedeeld in vier klassen; de twee hoogste kunnen dan als groep vergeleken worden met de twee laagste als groep: effect tussen groepen. De twee hoogste klassen kunnen ook onderling vergeleken worden: effect binnen een groep.

In WPM is toetsing van onafhankelijkheid mogelijk met behulp van de gemodificeerde minimum chi-kwadraat methode.

Het levert een uitspraak op over de significantie van de hoofdeffecten, de interactie-effecten en de opgegeven contrasten. Interpretatie begint altijd met de hoogste-orde-interactie. Indien deze significant is, kan een lagere-orde-effect dit hogere effect maskeren. Bij significantie van een effect kunnen geschikt gekozen contrasten inzicht bieden welke groep of klasse hierbij een rol speelt.

### 2. WPM-analyse

Primaire vraag van het onderzoek: is de verharding (DAB, ZOAB) indicatief is voor de onveiligheid van de weg.

Ter beantwoording van deze vraag vindt bij de analyses een vergelijking plaats tussen de risico's (de aantallen ongevallen per voertuigkilometer) voor condities met DAB en met ZOAB.

Om een eerlijke vergelijking mogelijk te maken dienen de situaties met DAB en met ZOAB op de andere (hoofd)aspecten van de onveiligheid goed met elkaar overeen te komen. Blijkens de eerder uitgevoerde HOMALS- en CANALS-analyses gaat het (na de gepleegde selectie van de

wegsecties) hier vooral om de (werkdag-etmaal)intensiteit van motorvoertuigen en in mindere mate om het aandeel vrachtverkeer. De invloed die deze kenmerken zullen hebben op de hoogte van het risico mag uiteraard niet worden toegeschreven aan het verschil in werking tussen DAB en ZOAB. Dit betekent dat een vergelijking van risico's per intensiteitsklasse moet worden gedaan. Het *veiligheidseffect* van de soort verharding zou dus afhankelijk van de verkeersintensiteit kunnen verschillen. Ook de variatie in vochtigheidstoestand van de verharding (bij regen, droog weer maar nat wegdek en bij droog wegdek) maakt onderdeel uit van het algehele veiligheidseffect.

Voor de analyses zijn twee sets gegevens beschikbaar. De eerste set omvat de aantallen ongevallen en de verreden voertuigkilometers voor het totaal van alle geselecteerde wegsecties. De tweede set is een selectie uit de eerste set, met paren wegsecties met DAB en ZOAB, met steeds paarsgewijze dezelfde weg- en verkeerskenmerken. Hiermee wordt de meest ondubbelzinnige vergelijking van risico's tussen condities met DAB en ZOAB bereikt.

Analyse van de aantallen ongevallen vindt plaats met behulp van log-lineaire modellen (WPM), met de verreden voertuigkilometers als ('error'-vrije) weegfactoren: in feite worden dan risico's beschouwd.

#### Analyses

De eerste uitgevoerde analyse gaat over het totaal van alle wegsecties. De wegsecties zijn vooraf gegroepeerd naar hun (werkdag-etmaal)intensiteit (klassen: <25.000; →30.000; →35.000; →40.000; ≥40.000) en de soort verharding (DAB of ZOAB).

**Resultaat:** Het risico verschilt met de intensiteit tussen DAB en ZOAB ( $\chi^2= 71.2$ ;  $v=4$ ).

Blijkens de standaardscores voor de contrasten vertonen de risico's in de laagste twee intensiteitsklassen geen interactie. Wel kan het risico hier bij zowel DAB als bij ZOAB licht toenemen met de intensiteit. Het resultaat wordt met onderstaande tabel samengevat (zie ook Annex 1).

Alle wegsecties		DAB	ZOAB
Int. < 30.000	Aantal ongevallen Risico Voertuigkilometers	3.347 ----- = .069 48.820.-	199 ----- = .071 2.793.-
→ 35.000		679 ----- = .082 8.296.-	95 ----- = .055 1.720.-
→ 40.000		236 ----- = .068 3.450.-	130 ----- = .148 880.-
≥ 40.000		1.334 ----- = .080 16.695.-	195 ----- = .064 3.054.-

N.B. Voertuigprestatie is per dag.

Merkwaardig in deze tabel is het hoge risico bij ZOAB in de derde intensiteitsklasse. Normaal vertoont het risico bij toenemende intensiteit een min of meer continu beeld (zoals bij DAB), maar bij ZOAB ligt het risico in de vierde en hoogste intensiteitsklasse ineens weer een stuk lager.

De tweede uitgevoerde analyse gaat over de set gegevens van paarsgewijze bijeengezochte DAB- en ZOAB-wegsecties met twee rijstroken. DAB-wegsecties zijn ingedeeld naar de intensiteitsklasse van de bijbehorende ZOAB-wegsecties. Er zijn nu slechts drie intensiteitsklassen gevormd (klassen: <27.000; →33.000; ≥33.000), omdat de aantallen ongevallen, en vooral de aantallen wegsecties, door de selectie belangrijk kleiner uitvallen. Deze concessie moet dus worden gedaan voor een analyse-opzet die hier de zuiverst haalbare bepaling oplevert van de invloed van de soort verharding op de veiligheid.

*Resultaat:* Het risico verschilt met de intensiteit tussen DAB en ZOAB ( $\chi^2= 13.9$ ;  $v=2$ ).

Het resultaat kan met de volgende tabel worden samengevat (zie ook Annex 2).

2-strooks gepaarde wegsecties		DAB	ZOAB
Int. < 27.000	Aantal ongevallen Risico Voertuigkilometers	104 ----- = .070 1.493.-	101 ----- = .074 1.372.-
→ 33.000		184 ----- = .098 1.870.-	108 ----- = .076 1.427.-
≥ 33.000		98 ----- = .087 1.122.-	87 ----- = .137 637.-

Opnieuw opvallend is het hoge risico bij ZOAB in de nu hoogste intensiteitsklasse.

Inspectie van de data laat zien dat de desbetreffende cel de gegevens bevat over slechts zes wegsecties, waarvan vijf over twee jaar. Op twee wegsecties (Rijksweg 28, nabij de Uithof, van km 4.4 tot km 7.7; heen en terug; lengte 3300 m; intensiteit 36.500) is een 'uitzonderlijk' hoog aantal van 75 ongevallen gebeurd. Op dit wegvak is het aandeel kop-staart-botsingen ongeveer 2,5 maal zo groot als het gemiddelde op autosnelwegen. De ongevallen vinden precies daar plaats waar door een over een bocht in de autosnelweg heen liggend viaduct de zichtlengte gereduceerd lijkt te zijn. In dit geval is dan ook niet meer voldaan aan de eis dat het paar DAB- en ZOAB-wegsecties vergelijkbare weg- en verkeerskenmerken heeft.

Brengen we als rekenexercitie dit aantal ongevallen tot 'normale' proporties terug (in dit geval 35, uitgaande van een gemiddeld risico van ca. .075), dan kunnen de beide beschreven WPM-analyses nogmaals uitgevoerd worden.

*Resultaat 1:* Bij het totaal van alle wegsecties verandert het beeld niet essentieel, nog steeds vinden we een significante interactie op het hoogste

ingevoerde niveau ( $\chi^2= 28.8$ ;  $v=4$ ) (zie Annex 3).

*Resultaat 2:* Bij de set gepaarde wegsecties is nu echter geen enkel effect meer significant. Dit blijkt zelfs nog het geval te zijn als we ons baseren op een gemiddeld risico voor de bedoelde twee wegsecties van .10, en bijgevolg een verlaging van het aantal ongevallen met 'slechts' 27 in plaats van 40 ( $\chi^2_{\text{totaal}} = 4.1$ ;  $v=2$ ) (zie Annex 4).

### *Conclusie*

Er is een zekere gevoeligheid van het resultaat aanwezig voor de invloed van slechts een klein aantal extreem onveilige wegsecties. Aangenomen wordt dat de extremiteit van de twee Uithof-wegsecties is ontstaan buiten de factor ZOAB om (vanwege de genoemde weg- en verkeersomstandigheid).

Conclusie is dan dat er geen verschil is in risico tussen DAB en ZOAB.

Verder blijkt dat er een significante veiligheidsinvloed van de gemiddelde intensiteit kan worden vastgesteld (standaardscore -2.2 voor het tweede contrast, Annex 4). Het gaat om een toename van de onveiligheid met stijgende intensiteit, zowel (en in gelijke mate) bij DAB als bij ZOAB.

Dat voor het totaal van alle wegsecties een afwijkend analyseresultaat ontstaat moet enerzijds worden geweten aan de onzuiverheid van de effectbepaling hier, en heeft anderzijds te maken met de grotere aantallen ongevallen waardoor (ook kleinere) effecten eerder significant zouden zijn.

### *Exploraties*

Nu uit de cijfers is geconstateerd dat de totale veiligheid nauwelijks zal worden beïnvloed door het verschil tussen DAB en ZOAB, kan worden bekeken of er effecten zijn in deelsegmenten van de verkeersveiligheid. DAB en ZOAB onderscheiden zich primair van elkaar op het punt van de vochtigheidstoestand van het wegdek. Het lijkt dan ook aannemelijk dat zich hier effecten kunnen voordoen.

Bij de (globale) berekeningen van verreden voertuigkilometers is alleen een onderscheid mogelijk naar de toestand: wel of geen regen. De opdroogtijd van een wegdek hangt - behalve van de soort verharding - onder meer af van wind, temperatuur en de hoeveelheid verkeer. Hierover is echter in kwantitatieve zin onvoldoende bekend.

Volstaan wordt het over 1990 en 1991 gemiddelde percentage regenduur van ca. 6,6% te gebruiken als verdeelsleutel (onafhankelijk van eventuele uurverdelingen van de regen) voor het totaal van de verreden voertuigkilometers. De rekenresultaten zullen zeker, en ook meer dan de totaalcijfers tot dusver, 'error'-variatie hebben.

De ongevallen zijn ingedeeld naar 'regen' versus 'overig' (inclusief sneeuw, mist en ijzel).

De eerste uitgevoerde analyse gaat weer over het totaal van alle wegsecties. De grenzen van de intensiteitsklassen zijn bijgesteld om kleine aantallen ongevallen - met name tijdens regen - te vermijden, omdat dan de aannamen voor de Poissonverdeling niet meer opgaan (nieuwe klassen: <28.000; →35.000; →42.000; ≥42000).

*Resultaat:* Er is geen significante hoogste-orde-interactie ( $\chi^2_{\text{totaal}} = 4.1$ ;  $v=3$ ). Ook de lagere-orde interactie-effecten met de regenvariabele zijn niet significant ( $\chi^2_{\text{Int} - \text{Rgn}} = 5.6$ ;  $v=3$  en  $\chi^2_{\text{DAB/ZOAB} - \text{Rgn}} = 1.3$ ;  $v=1$ ). De interactie tussen intensiteit en DAB/ZOAB is overigens wél significant, zoals ook eerder al was gebleken ( $\chi^2_{\text{Int} - \text{DAB/ZOAB}} = 44.7$ ;  $v=3$ ) (zie Annex 5).

Het betekent dat er tussen DAB en ZOAB geen verschil in risico is bij regen en zonder regen. Wel zijn de risico's bij regen zowel voor DAB als voor ZOAB ruim het dubbele van die zonder regen.

De tweede uitgevoerde analyse betreft de set paarsgewijze bijeengezochte DAB- en ZOAB-wegsecties van twee rijstroken.

*Resultaat:* De hoogste-orde-interactie is significant ( $\chi^2 = 10.2$ ;  $v=2$ ), zodat de risico's naar de intensiteit zich bij regen en zonder regen bij DAB anders ontwikkelen dan bij ZOAB (zie Annex 6).

Als rekenexercitie kunnen we de extreme onveiligheid van de twee Uithof-ZOAB-wegsecties opnieuw tot normalere proporties reduceren. Stellen we het risico bij regen op ca. .20 en dat bij niet-regen op ca. .10, dan valt het aantal ongevallen daar terug van 24 naar 6 bij regen, en van 51 naar 42 bij niet-regen; zoals eerder een totale verlaging van het aantal ongevallen met 27.

*Aanvullend resultaat 1:* Bij het totaal van alle wegsecties is er weinig veranderd (zie Annex 7).

*Aanvullend resultaat 2:* Bij de set gepaarde wegsecties zijn - net als in de eerdere rekenexercitie - zowel de hoogste-orde-interactie ( $\chi^2_{\text{totaal}} = .8$ ;  $v=2$ ) als de lagere-orde-interacties niet significant (zie Annex 8). Alleen de variabele regen of niet-regen vertoont nog een significante zelfstandige invloed ( $\chi^2_{\text{Rgn}} = 69.0$ ;  $v=1$ ). De afzonderlijke invloed van de intensiteitsvariabele is intussen verdwenen ( $\chi^2_{\text{Int}} = 1.2$ ;  $v=2$ ). Dit heeft stellig te maken met de tamelijk kleine aantallen ongevallen hier, maar niet minder ook met de grootte van effecten. De verschillen in risico naar intensiteitsklasse zijn beduidend kleiner dan die naar regen of niet-regen; gezien de eerdere uitkomsten zullen ze echter wel degelijk bestaan.

### *Conclusie*

Met dezelfde aannamen als eerder stellen we vast dat er geen onderscheid is tussen de risico's bij DAB en ZOAB, anders dan in het - onafhankelijk van elkaar naar intensiteit en regen of niet-regen verschillende - niveau.

### *Slobeschouwing*

Hoewel er een intensiteitseffect op de veiligheid is gebleken en de veiligheidsexpositie (motorvoertuigkilometers) in de intensiteitsklassen ongelijk tussen DAB en ZOAB verdeeld is, kunnen we - gelet op de tamelijke variatie in de getalwaarden van het risico - bij wijze van rekenexercitie de volgende gecomprimeerde overzichtstabel opstellen (in deze tabel is geen correctie toegepast op de Uithof-wegsecties).

Uit de cijfers van deze tabel mogen op zich geen conclusies worden getrokken over een eventueel verschil in verkeersveiligheid tussen DAB en

ZOAB: de tabel heeft daarvoor niet het correcte design. Zou het niettemin hier om een correcte tabel zijn gegaan, welke orde van grootte van verschil had dan nog gevonden kunnen worden.

TOTALEN		DAB	ZOAB
alle wegsecties	Aantal ongevallen Risico Voertuigkilometers	5.596 ----- = .072 77.261.-	619 ----- = .073 8.447.-
2-strooks gepaarde wegsecties		386 ----- = .086 4.485.-	296 ----- = .086 3.436.-

SUBTOTALEN bij regen		
alle wegsecties	806 ----- = .158 5.099.-	104 ----- = .186 558.-
2-strooks gepaarde wegsecties	65 ----- = .220 296.-	57 ----- = .251 227.-

Voor de set van gepaarde wegsecties laat zich berekenen dat een ZOAB-effect van  $-12\frac{1}{2}\%$  (-37 ongevallen op de 296 dus) bij een éézijdige overschrijdingskans van 5% nog juist significant (verschillend van nul) zou zijn bevonden.

Om op hetzelfde niveau van statistische betrouwbaarheid een effect van -10% te hebben kunnen vaststellen zou de steekproefomvang de helft groter moeten zijn geweest, aannemende dat de onderlinge verhouding van de cijfers niet verandert. Een effect van -5% vergt op dezelfde wijze een steekproef van ca.  $6\frac{1}{2}$  maal de huidige omvang.

Het zal duidelijk zijn dat in de totale steekproef van alle wegsecties, met zijn grotere aantallen, ook een kleiner ZOAB-effect nog zou zijn gevonden. Bij de aangehouden éézijdige overschrijdingskans van 5% zou een ZOAB-effect van -7% (43 ongevallen minder dan de op grond van het risico bij DAB verwachte 612) significant zijn geweest. We moeten hierbij wel de kanttekening maken dat in deze uitsluitend cijfermatige benadering van het probleem de goede onderlinge vergelijkbaarheid van de DAB- en ZOAB-situaties wordt verondersteld. Juist in de set van gepaarde wegsecties (afgezien van de ongebalanceerde verdeling van de voertuigkilometers) zal echter beter aan deze methodologische voorwaarde zijn voldaan. Soortgelijke berekeningen als waarvan hierboven sprake is, zijn ook uitvoerbaar om na te gaan wanneer over een eventueel effect bij regen een beslissende uitspraak aannemelijk zou worden.

Het onderscheidend vermogen van de toetsen zal wat teruglopen (de overschrijdingskansen zijn dan wat groter) als de aantallen (zoals blijkbaar nodig was) naar intensiteitsklassen worden ingedeeld.

Bij de uitgevoerde berekeningen moeten we tenslotte nog een aantekening maken: dat geen ZOAB-effect is gevonden, terwijl bijvoorbeeld voor het totaal van alle wegsecties een effect van -7% (bij een niet al te kritisch gekozen grootte van de overschrijdingskans - type I 'error' - overigens) als significant zou zijn aangemerkt, betekent niet dat het 'echte' effect niet



toch -7% of misschien zelfs meer (hoewel dan navenant onwaarschijnlijker) zou kunnen bedragen.

De gegeven berekeningen werden immers gebaseerd op feitelijk gevonden of te vinden aantallen. Deze aantallen leveren weliswaar de beste schatting op van het effect (een andere is er niet), maar ze zijn toch niet beter dan realisaties van een stochastische (Poisson)verdeling. Met andere woorden, ze kunnen (bijna) even goed afkomstig zijn uit een situatie met een wat kleiner of wat groter ZOAB-effect - type II 'error' -, hetgeen getalsmatig moeilijk of niet te onderscheiden is.

Met behulp van het onderzoekmateriaal kunnen we een uiterste poging doen een bandbreedte aan te geven waarbinnen het ZOAB-effect met redelijke zekerheid zal liggen.

Om in de tabel van totalen voor de tweestrooks gepaarde wegsecties de risico's bij DAB en ZOAB zo 'eerlijk' mogelijk te kunnen vergelijken moeten we vooraf twee exercities plegen (we noemden de problemen reeds):

- Ten eerste dient de expositie in met name de hoogste intensiteitsklasse bij ZOAB te worden opgetrokken (we verdubbelen de aantallen in deze cel) zodat de verdelingen van de voertuigkilometers over de intensiteiten voor DAB en ZOAB onderling meer in balans komen.

- Ten tweede moeten we een correctie toepassen op de selectie van de paren wegsecties. Op grond van de wegkenmerken ter plaatse zijn er kenmerkend termen aanwezig om zowel een weggedeelte ZOAB van 1 km lengte bij de Uithof geheel te laten vervallen (er zijn daar in de loop van de twee onderzoekjaren 35 ongevallen gebeurd), alsmede voor één der onderzoekjaren elk van de weggedeelten DAB en ZOAB van 0,7, resp. 0,9 km lengte bij Hattemerbroek (met 32, resp. 4 ongevallen). Deze weggedeelten hadden niet in de selectie mogen belanden, wat achteraf duidelijk maakt dat de criteria voor de selectie, al is deze nog zo zorgvuldig gebeurd, niet steeds voldoende toereikend zullen zijn geweest.

Na deze manipulaties blijken de risico's bij DAB en ZOAB beide op precies hetzelfde gemiddelde van .079 uit te komen. Het zijn de beste schattingen die we voor deze risico's kunnen bereiken. De grenswaarden van het 90%-s betrouwbaarheidsinterval om het aldus geschatte ZOAB-effect van 0% berekenen we op + en - 10 à 15%.

## LOG-LINEAIRE ANALYSE VOOR GEWOGEN POISSON VARIABELEN

BIJLAGE 1

ALLE WEGSEKTIES Int [25.;30.;35.;40.] DAB/ZOAB (ongeacht weer) 13/8-93 JBo

AANTAL VARIABELEN: 2  
 AANTAL KLASSEN: 5 2  
 DATA: 2410 101 937 98 679 95 236 130 1334 195  
 WEEGFACTOREN: 36063.000 1478.000 12757.000 1315.000 8296.000  
 1720.000 3450.000 880.000 16695.000 3054.000

## DESIGNMATRICES:

VAR 1 : 4 -1 -1 -1 -1  
 0 3 -1 -1 -1  
 0 0 2 -1 -1  
 0 0 0 1 -1  
 VAR 2 : 1 -1

## KLASSE-WAARDEN:

VAR 1 : -0.1076 -0.0168 -0.1123 0.2899 -0.0533  
 VAR 2 : -0.0207 0.0207

## GEOBSERVEERD - VERWACHT VOOR ELK EFFEKT :

NUL-GROEP 10 :  
 -273.857 -11.531 -15.859 -1.666 -80.727 -11.346 59.525  
 32.846 -73.054 -10.702  
 NUL-GROEP 01 :  
 -50.389 2.078 -19.598 2.017 -14.204 1.955 -4.944  
 2.672 -27.896 4.003  
 NUL-GROEP 11 :  
 17.210 -0.730 10.392 -1.104 131.499 -22.916 -104.225  
 39.919 164.714 -27.528

EFFEKTEN	RUWE SCORES	ST.SCORES	CHI-KWADRATEN	DFR
0 0	-8.1723	-114.2284	13048.1348	1
1 0	-0.1701	-2.3755	38.7658	4
2 0	-0.0713	-0.9666		
3 0	-0.2663	-3.6031		
4 0	0.3432	5.1517		
0 1	-0.0654	-0.9145	0.8362	1
1 1	0.0113	0.1582	71.2404	4 ←
2 1	0.0211	0.2863		
3 1	0.3831	5.1843 ←		
4 1	-0.4969	-7.4576 ←		

## SPECIFIEKE MODELLEN:

## LOG-LINEAIRE ANALYSE VOOR GEWOGEN POISSON VARIABELEN

BIJLAGE 2

PAREN =2 str. Int [27.-; 33.-] DAB/ZOAB (ongeacht het weer) 16/8-93 JBo

AANTAL VARIABELEN: 2  
 AANTAL KLASSEN: 3 2  
 DATA: 104 101 184 108 98 87  
 WEEGFACTOREN: 1493.000 1372.000 1870.000 1427.000 1122.000 637.000

## DESIGNMATRICES:

VAR 1 : 1 1 -2  
 1 -1 0  
 VAR 2 : 1 -1

## KLASSE-WAARDEN:

VAR 1 : -0.2027 -0.0173 0.2200  
 VAR 2 : -0.0404 0.0404

## GEOBSERVEERD - VERWACHT VOOR ELK EFFEKT :

NUL-GROEP 10 :  
 -23.479 -22.805 -3.225 -1.897 19.453 17.280  
 NUL-GROEP 01 :  
 -4.311 4.021 -7.611 4.298 -4.063 3.466  
 NUL-GROEP 11 :  
 1.322 -1.300 28.951 -20.194 -19.830 14.663

EFFEKTEN	RUWE SCORES	ST. SCORES	CHI-KWADRATEN	DFR
0 0	-5.9498	-61.7853	3817.4275	1
1 0	-0.3811	-3.8046	17.4654	2
2 0	-0.1853	-2.0087		
0 1	-0.0990	-1.0282	1.0572	1
1 1	0.3177	3.1718 ←	13.8802	2 ←
2 1	-0.1580	-1.7119 -		

## SPECIFIEKE MODELLEN:

ALLE WEGSEKTIES Int [25.;30.;35.;40.] DAB/ZOAB(I4:-40ong) (ongeacht weer)  
17/8-93 JBo

AANTAL VARIABELEN: 2  
 AANTAL KLASSEN: 5 2  
 DATA: 2410 101 937 98 679 95 236 90 1334 195  
 WEEGF: 36063.000 1478.000 12757.000 1315.000 8296.000 1720.000 3450.000  
 880.000 16695.000 3054.000

## DESIGNMATRICES:

VAR 1 : 4 -1 -1 -1 -1  
 0 3 -1 -1 -1  
 0 0 2 -1 -1  
 0 0 0 1 -1  
 VAR 2 : 1 -1

## KLASSE-WAARDEN:

VAR 1 : -0.0710 0.0198 -0.0757 0.1435 -0.0167  
 VAR 2 : 0.0159 -0.0159

## GEOBSERVEERD - VERWACHT VOOR ELK EFFEKT :

NUL-GROEP 10 :  
 -177.380 -7.469 18.406 1.934 -53.404 -7.506 31.621  
 12.100 -22.466 -3.291  
 NUL-GROEP 01 :  
 38.056 -1.628 14.801 -1.580 10.728 -1.532 3.734  
 -1.452 21.069 -3.136  
 NUL-GROEP 11 :  
 -72.013 2.944 -24.171 2.476 111.069 -18.660 -57.820  
 17.779 121.104 -19.512

EFFEKTEN	RUWE SCORES	ST.SCORES	CHI-KWADRATEN	DFR
0 0	-8.2880	-112.1938	12587.4473	1
1 0	-0.1123	-1.5547	9.4126	4
2 0	0.0034	0.0454		
3 0	-0.1606	-2.1191		
4 0	0.1602	2.2038		
0 1	0.0503	0.6812	0.4641	1
1 1	-0.0465	-0.6446	28.8508	4 ←
2 1	-0.0536	-0.7170		
3 1	0.2774	3.6610 ←		
4 1	-0.3139	-4.3169 ←		

## SPECIFIEKE MODELLEN:

PAREN=2str Int [27.;33.] DAB/ZOAB(I3:-27 ong) (ongeacht weer) 18/8-93 JBo

AANTAL VARIABELEN: 2  
 AANTAL KLASSEN: 3 2  
 DATA: 104 101 184 108 98 60  
 WEEGFACTOREN: 1493.000 1372.000 1870.000 1427.000 1122.000 637.000

## DESIGNMATRICES:

VAR 1 : 1 -2 1  
 1 0 -1  
 VAR 2 : 1 -1

## KLASSE-WAARDEN:

VAR 1 : -0.1412 0.0442 0.0970  
 VAR 2 : 0.0211 -0.0211

## GEOBSERVEERD - VERWACHT VOOR ELK EFFEKT :

NUL-GROEP 10 :  
 -15.846 -15.391 7.972 4.688 9.107 5.594  
 NUL-GROEP 01 :  
 2.179 -2.162 3.848 -2.311 2.054 -1.289  
 NUL-GROEP 11 :  
 -5.223 4.832 19.085 -12.518 -6.135 3.547

EFFEKTEN	RUWE SCORES	ST.SCORES	CHI-KWADRATEN	DFR
0 0	-6.1004	-60.6316	3676.1902	1
1 0	-0.0765	-0.8192	6.0395	2
2 0	-0.2382	-2.2187 ←		
0 1	0.0516	0.5131	0.2633	1
1 1	-0.1891	-2.0252	4.1122	2
2 1	0.0116	0.1085		

## SPECIFIEKE MODELLEN:

ALLE WEGSEKTIES Int [28.-;35.-;42.-] DAB/ZOAB Rgn/N.Rgn 13/8-93 JBo

AANTAL VARIABELEN: 3  
 AANTAL KLASSEN: 4 2 2  
 DATA: 404 2608 28 134 138 876 19 113  
 78 391 32 112 186 915 25 156  
 WEEGFACTOREN: 2923.000 41360.000 149.200 2111.000 847.000 11985.000  
 148.700 2104.000 393.000 5563.000 68.260 966.000 936.000 13252.000  
 191.400 2708.000

DESIGNMATRICES:  
 VAR 1 : 3 -1 -1 -1  
 0 2 -1 -1  
 0 0 1 -1  
 VAR 2 : 1 -1  
 VAR 3 : 1 -1

KLASSE-WAARDEN:  
 VAR 1 : -0.1102 -0.1671 0.3881 -0.1108  
 VAR 2 : -0.0374 0.0374  
 VAR 3 : 0.4952 -0.4952

GEOBSERVEERD - VERWACHT VOOR ELK EFJEKT :

NUL-GROEP 100 :  
 -47.125 -303.899 -3.320 -15.670 -25.191 -159.419 -3.547  
 -20.644 25.248 125.919 10.453 36.184 -21.844 -107.228  
 -2.987 -18.330  
 NUL-GROEP 010 :  
 -15.427 -99.483 1.047 4.941 -5.282 -33.428 0.716  
 4.170 -2.994 -14.931 1.194 4.133 -7.113 -34.915  
 0.937 5.749  
 NUL-GROEP 110 :  
 -18.915 -121.976 1.273 6.008 21.498 136.051 -3.583  
 -20.855 -28.065 -139.965 8.559 29.628 31.138 152.852  
 -5.111 -31.366  
 NUL-GROEP 001 :  
 157.967 -1671.411 11.130 -86.182 54.088 -561.622 7.615  
 -72.726 30.656 -250.856 12.692 -72.085 72.833 -586.612  
 9.958 -100.278  
 NUL-GROEP 101 :  
 -9.912 62.389 -0.698 3.217 -10.329 60.830 -1.454  
 7.877 8.715 -48.889 3.608 -14.049 -4.061 19.508  
 -0.555 3.335  
 NUL-GROEP 011 :  
 -13.798 86.045 0.940 -4.588 -4.724 28.913 0.643  
 -3.872 -2.678 12.914 1.072 -3.838 -6.362 30.199  
 0.841 -5.338  
 NUL-GROEP 111 :  
 -18.404 113.518 1.240 -6.120 1.739 -11.144 -0.248  
 1.425 -4.662 21.947 1.822 -6.681 15.975 -85.765  
 -2.389 13.405

EFFEKTEN	RUWE SCORES	ST.SCORES	CHI-KWADRATEN	DFR
0 0 0	-8.7092	-74.1303	5495.2993	1
1 0 0	-0.2545	-2.3075	58.4271	3
2 0 0	-0.4993	-3.9638		
3 0 0	0.7054	6.0995		
0 1 0	-0.1497	-1.2743	1.6239	1
1 1 0	-0.1055	-0.9569	44.7676	3
2 1 0	0.3759	2.9838		
3 1 0	-0.6906	-5.9711		
0 0 1	1.9806	16.8586	284.2118	1
1 0 1	-0.0559	-0.5069	5.5858	3
2 0 1	-0.1959	-1.5556		
3 0 1	0.1969	1.7023		
0 1 1	-0.1342	-1.1420	1.3042	1
1 1 1	-0.1028	-0.9317	4.1655	3
2 1 1	-0.0054	-0.0427		
3 1 1	-0.2082	-1.8004		

PAREN=2str Int [27.;33.] DAB/ZOAB Rgn/N.Rgn 18/8-93 JBo

AANTAL VARIABELEN: 3  
 AANTAL KLASSEN: 3 2 2  
 DATA: 21 83 16 85 33 151 15 93  
       11 87 26 61  
 WEEGFACTOREN: 98.600 1395.000 90.600 1282.000 123.400 1746.000  
           94.200 1333.000 74.000 1047.000 42.000 595.000  
 DESIGNMATRICES:  
 VAR 1 : -1 -1 2  
           1 -1 0  
 VAR 2 : 1 -1  
 VAR 3 : 1 -1

KLASSE-WAARDEN:  
 VAR 1 : -0.1846 -0.0497 0.2343  
 VAR 2 : -0.0690 0.0690  
 VAR 3 : 0.5600 -0.5600

GEOBSERVEERD - VERWACHT VOOR ELK EFFEKT :

NUL-GROEP 100 :  
 -4.359 -16.928 -3.345 -17.334 -1.709 -7.728 -0.791  
 -4.769 2.402 18.280 5.536 12.848  
 NUL-GROEP 010 :  
 -1.537 -5.968 1.101 5.703 -2.394 -10.827 1.034  
 6.237 -0.822 -6.253 1.768 4.102  
 NUL-GROEP 110 :  
 1.792 6.958 -1.500 -7.773 7.342 33.203 -4.350  
 -26.243 -4.567 -34.746 7.532 17.480  
 NUL-GROEP 001 :  
 9.219 -62.680 7.075 -64.182 14.364 -113.725 6.646  
 -70.187 4.931 -65.683 11.363 -46.166  
 NUL-GROEP 101 :  
 0.306 -1.206 0.235 -1.235 -2.131 9.062 -0.986  
 5.593 0.532 -4.242 1.225 -2.981  
 NUL-GROEP 011 :  
 -1.126 4.155 0.821 -4.477 -1.754 7.539 0.771  
 -4.896 -0.602 4.354 1.319 -3.220  
 NUL-GROEP 111 :  
 2.490 -10.938 -2.161 9.903 3.878 -19.834 -2.029  
 10.824 -3.209 19.091 5.782 -17.162

EFFEKTEN	RUWE SCORES	ST.SCORES	CHI-KWADRATEN	DFR
0 0 0	-6.9379	-38.2482	1462.9275	1
1 0 0	0.5740	3.0467	10.2193	2
2 0 0	-0.1907	-1.0954		
0 1 0	-0.2391	-1.3183	1.7379	1
1 1 0	-0.8191	-4.3474	21.1115	2
2 1 0	-0.2268	-1.3028		
0 0 1	1.9399	10.6944	114.3711	1
1 0 1	0.1160	0.6154	0.7935	2
2 0 1	0.1075	0.6176		
0 1 1	-0.1768	-0.9747	0.9501	1
1 1 1	-0.6029	-3.1998 ←	10.2570	2 ←
2 1 1	0.0001	0.0005		

SPECIFIEKE MODELLEN:

LOG-LINEAIRE ANALYSE VOOR GEWOGEN POISSON VARIABELEN

BIJLAGE 7

ALLE WEGSEKTIES Int [28.;35.;42.] DAB / ZOAB(I3: -18 R.ong, -9 N.R.ong)  
Reg/N.Reg 18/8-93 JBo

AANTAL VARIABELEN: 3  
AANTAL KLASSEN: 4 2 2  
DATA: 404 2608 28 134 138 876 19 113  
78 391 14 103 186 915 25 156  
WEEGFACTOREN: 2923.000 41360.000 149.200 2111.000 847.000 11985.000  
148.700 2104.000 393.000 5563.000 68.260 966.000 936.000  
13252.000 191.400 2708.000

DESIGNMATRICES:

VAR 1 : 3 -1 -1 -1  
0 2 -1 -1  
0 0 1 -1  
VAR 2 : 1 -1  
VAR 3 : 1 -1

KLASSE-WAARDEN:

VAR 1 : -0.0545 -0.1115 0.2211 -0.0551  
VAR 2 : 0.0182 -0.0182 VAR 3 : 0.4499 -0.4499

GEOBSERVEERD - VERWACHT VOOR ELK EFFEKT :

NUL-GROEP 100 :  
-22.677 -146.238 -1.598 -7.540 -16.329 -103.341 -2.299  
-13.382 15.572 77.660 2.876 20.531 -10.565 -51.863  
-1.445 -8.866  
NUL-GROEP 010 :  
7.306 47.112 -0.524 -2.474 2.501 15.830 -0.359  
-2.088 1.418 7.071 -0.267 -1.904 3.368 16.535  
-0.469 -2.878  
NUL-GROEP 110 :  
-43.148 -278.248 2.747 12.964 14.802 93.673 -2.333  
-13.581 -11.678 -58.242 1.878 13.403 22.246 109.203  
-3.454 -21.196  
NUL-GROEP 001 :  
146.560 -1482.135 10.326 -76.422 50.182 -498.022 7.065  
-64.490 28.442 -222.448 5.254 -58.808 67.573 -520.182  
9.239 -88.922  
NUL-GROEP 101 :  
8.415 -55.420 0.593 -2.858 -3.747 23.089 -0.528  
2.990 -1.428 6.992 -0.264 1.849 4.367 -21.950  
0.597 -3.752  
NUL-GROEP 011 :  
4.701 -30.670 -0.335 1.563 1.610 -10.306 -0.229  
1.319 0.912 -4.603 -0.170 1.203 2.167 -10.764  
-0.300 1.819  
NUL-GROEP 111 :  
-37.972 223.856 2.446 -12.626 -4.589 28.111 0.625  
-3.761 5.891 -31.762 -1.176 7.767 8.085 -41.485  
-1.156 6.784

EFFEKTEN	RUWE SCORES	ST.SCORES	CHI-KWADRATEN	DFR
0 0 0	-8.9318	-70.0921	4912.9077	1
1 0 0	-0.1260	-1.1059	12.6474	3
2 0 0	-0.3175	-2.4010		
3 0 0	0.3906	2.8917		
0 1 0	0.0729	0.5721	0.3273	1
1 1 0	-0.2341	-2.0548	14.8084	3
2 1 0	0.1941	1.4676		
3 1 0	-0.3758	-2.7817		
0 0 1	1.7997	14.1231	199.4622	1
1 0 1	0.0486	0.4262	0.5230	3
2 0 1	-0.0482	-0.3646		
3 0 1	-0.0590	-0.4367		
0 1 1	0.0468	0.3669	0.1346	1
1 1 1	-0.2072	-1.8191	4.5839	3
2 1 1	-0.1531	-1.1577		
3 1 1	0.0476	0.3527		

SPECIFIEKE MODELLEN:



PAREN=2str Int [27.;33.] DAB/ZOAB(I3:-18 R.ong,-9 N.R.ong) Rgn/N.Rgn

18/8-93 JBo

AANTAL VARIABELEN: 3  
 AANTAL KLASSEN: 3 2 2  
 DATA: 21 83 16 85 33 151 15 93  
       11 87 8 52  
 WEEGFACTOREN: 98.600 1395.000 90.600 1282.000 123.400 1746.000  
       94.200 1333.000 74.000 1047.000 42.000 595.000  
 DESIGNMATRICES:  
 VAR 1 : -1 -1 2  
           1 -1 0  
 VAR 2 : 1 -1  
 VAR 3 : 1 -1

KLASSE-WAARDEN:  
 VAR 1 : -0.0767 0.0582 0.0185  
 VAR 2 : 0.0389 -0.0389  
 VAR 3 : 0.4784 -0.4784

GEOBSERVEERD - VERWACHT VOOR ELK EFFEKT :

NUL-GROEP 100 :  
 -1.713 -6.652 -1.315 -6.812 1.894 8.565 0.876  
 5.286 0.210 1.601 0.155 0.960  
 NUL-GROEP 010 :  
 0.821 3.187 -0.655 -3.393 1.279 5.782 -0.615  
 -3.710 0.439 3.339 -0.337 -2.083  
 NUL-GROEP 110 :  
 -0.455 -1.766 0.342 1.771 4.360 19.719 -2.319  
 -13.991 -1.447 -11.010 0.950 5.867  
 NUL-GROEP 001 :  
 8.175 -51.230 6.274 -52.457 12.738 -92.950 5.894  
 -57.365 4.373 -53.684 3.232 -32.210  
 NUL-GROEP 101 :  
 1.966 -8.406 1.509 -8.607 0.660 -3.044 0.305  
 -1.878 -1.412 9.568 -1.044 5.741  
 NUL-GROEP 011 :  
 0.646 -2.589 -0.512 2.571 1.007 -4.697 -0.481  
 2.811 0.346 -2.713 -0.264 1.579  
 NUL-GROEP 111 :  
 0.874 -3.540 -0.700 3.478 1.361 -6.413 -0.656  
 3.797 -0.995 6.968 0.677 -4.543

EFFEKTEN	RUWE SCORES	ST.SCORES	CHI-KWADRATEN	DFR
0 0 0	-7.3118	-36.6534	1343.4741	1
1 0 0	0.0452	0.2037	1.2271	2
2 0 0	-0.1907	-1.0954		
0 1 0	0.1348	0.6757	0.4566	1
1 1 0	-0.2903	-1.3077	3.5335	2
2 1 0	-0.2268	-1.3028		
0 0 1	1.6573	8.3079	69.0215	1
1 0 1	-0.2837	-1.2778	1.9603	2
2 0 1	0.1075	0.6176		
0 1 1	0.1058	0.5302	0.2811	1
1 1 1	-0.2033	-0.9157	0.8395	2
2 1 1	0.0001	0.0005		

SPECIFIEKE MODELLEN: