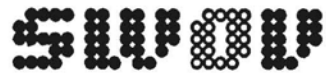


Ongevallen op nat wegdek

Wat kan de wegbeheerder er aan doen?



STICHTING WETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK VERKEERSVEILIGHEID SWOV

POSTBUS 71 2270 AB VOORBURG

Wat is en doet de SWOV ?

De Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV is in 1962 opgericht. Zij heeft tot taak, op grond van wetenschappelijk onderzoek, aan de overheid gegevens te leveren voor maatregelen die tot doel hebben de verkeersveiligheid te bevorderen. De uit dit wetenschappelijk onderzoek verkregen kennis wordt door de SWOV verspreid, hetzij in de vorm van afzonderlijke publikaties, hetzij in de vorm van artikelen in tijdschriften of door middel van andere communicatiemedia.

Het bestuur van de SWOV wordt gevormd door vertegenwoordigers van verscheidene ministeries, van het bedrijfsleven en van belangrijke maatschappelijke instellingen.

Het bureau van de SWOV wordt geleid door ir.E. Asmussen, directeur. Het bestaat o.a. uit de afdelingen: Wetenschapsbeleid, Onderzoek - coördinatie, Projectvoorbereiding en -begeleiding, Pre-crash onderzoek, Crash en Post-crash onderzoek, Methoden en technieken en Voorlichting.

De brochure *Ongevallen op nat wegdek* is samengesteld door de afdeling Voorlichting van de SWOV (M.P.M. Mathijssen en R. Maas).

De bouwstenen ervoor zijn aangedragen door ir.D. Stoelhorst (Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant) en de SWOV-medewerkers ir. J. Doornekamp, ir. L.H.M. Schlösser en ir. A.G. Welleman.

De brochure is op aanvraag gratis verkrijgbaar bij de SWOV, Postbus 71, 2270 AB Voorburg. Of telefonisch: 070 - 694121.

Voorwoord

De SWOV voert een grootscheeps onderzoek uit naar de verkeersonveiligheid in Noord-Brabant in opdracht van Gedeputeerde Staten van deze provincie en de minister van Verkeer en Waterstaat.

Behalve naar specifiek Brabantse problemen, wordt hierbij ook onderzoek gedaan naar meer algemene problemen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van parate kennis, die is verkregen uit eerder SWOV-onderzoek, uit literatuurstudie of uit praktijkervaring. Een van die problemen is het ontstaan van ongevallen op nat wegdek. Hierover is een interim-rapport uitgebracht. Hoewel het rapport toegespitst is op de situatie van de provinciale wegen in Noord-Brabant, is een groot deel van de informatie ook bruikbaar voor de wegbeheerders in andere provincies. De situatie in Noord-Brabant zal namelijk weinig verschillen van die in de rest van Nederland. Een aanwijzing hiervoor geeft het aantal ongevallen op nat wegdek in verhouding tot het totale aantal ongevallen. Deze verhouding blijkt in Noord-Brabant ongeveer hetzelfde te zijn als in geheel Nederland.

Bovenstaande overwegingen hebben voor de SWOV geleid tot publikatie van deze brochure, die speciaal bedoeld is voor de wegbeheerders in Nederland. Juist zij kunnen een daadwerkelijk

aandeel leveren in de bestrijding van ongevallen op nat wegdek. De brochure, met de achterin opgenomen lijst van aanbevolen literatuur, wil hun daarbij van dienst zijn. Daarnaast staat de SWOV te allen tijde open voor vragen of opmerkingen van lezers.

Een uitgebreide wetenschappelijke verantwoording van de inhoud van deze brochure is terwille van de leesbaarheid achterwege gelaten. Geïnteresseerden kunnen die vinden in een serie van drie artikelen, onder de titel "Ongevallen op nat wegdek", in het oktober-, november- en decembernummer van Verkeerskunde '79.

Ir.E.Asmussen
Directeur Stichting Wetenschappelijk
Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Ongevallen op nat wegdek: omvang en oorzaken

De kans om bij een ongeval betrokken te raken is op een nat wegdek meer dan twee maal zo groot als op een droog wegdek. De verhoging van het risico is het grootst voor inzittenden van personenauto's: zij hebben op nat wegdek een bijna drie maal zo grote kans op een ongeval als op droog wegdek. Bovendien vallen er onder deze groep verkeersdeelnemers ook in

absolute zin de meeste verkeersslachtoffers op nat wegdek: in de jaren 1974 t/m 1976 ongeveer 950 doden en meer dan 20 000 gewonden. De risicoverhoging voor auto-inzittenden is *binnen* de bebouwde kom minstens even groot als *erbuiten*. Bij het berekenen van de risicoverhogingsfactor is ervan uitgegaan dat de wegen 15% van de tijd nat waren.

Het hogere risico op nat wegdek wordt voor een deel verklaard uit het slijpen van voertuigen. Over dit onderwerp is uitvoerig studie verricht door de werkgroep 'Banden, Wegdekken en Slipongevallen'. Wanneer er een laagje water op de weg staat, wordt het contact tussen band en wegdek bemoeilijkt en neemt de wrijving af. Daardoor wordt het voor een

Doden 1974 t/m 1976	voetgangers	fietsers	bromfietsers	inzittenden pers.auto	rest	totaal
totaal	1 207	1 424	1 102	3 013	553	7 299
op nat wegdek	333	329	261	948	133	2 004
risicoverhogings- factor	2,2	1,7	1,8	2,6	1,8	2,1

Gewonden 1974 t/m 1976	voetgangers	fietsers	bromfietsers	inzittenden pers auto	rest	totaal
totaal	19 336	32 497	61 709	62 940	12 005	188 487
op nat wegdek	4 743	7 562	14 808	21 465	2 629	51 207
risicoverhogings- factor	1,8	1,7	1,8	2,9	1,6	2,1

Slippen is een van de belangrijkste oorzaken van ongevallen op nat wegdek.

bestuurder moeilijker zijn voertuig door sturen en remmen onder controle te houden en zal de kans op een ongeval toenemen. Nadere analyses hebben aangetoond dat ook het type weg, de verkeersintensiteit en het aandeel van de vrachtauto's in de totale verkeersstroom een rol spelen bij het ontstaan van ongevallen op nat wegdek. Maar de wrijving heeft verreweg de grootste invloed.

Alle factoren die bepalend zijn voor de wrijving tussen band en nat wegdek, zullen invloed hebben op het ontstaan van ongevallen. Die factoren zijn: de kwaliteit van het wegoppervlak, de gereden snelheid, het bandtype, de profieldiepte en plasvorming als gevolg van onvlakheid, verkantingsovergangen, hellingen of slechte waterafvoer naar de berm. De eerstgenoemde factor – de kwaliteit van het wegoppervlak – betreft de micro- en macroruwheid van het wegdek. Onder microruwheid worden oneffenheden van 0,1 tot 0,5 mm verstaan, onder macroruwheid oneffenheden van 1 tot 20 mm.

Naarmate de waterlaag op de weg dikker wordt, neemt de wrijving tussen band en wegdek af. Al bij 2 à 3 mm water op de weg wordt de beschikbare wrijving drastisch gereduceerd, zeker bij een hoge voertuigsnelheid en een geringe macroruwheid van het wegdek.

De overige factoren spelen dan nauwelijks nog een rol. Daarom is het van het grootste belang te voorkomen dat dergelijke waterlagen kunnen ontstaan.

Wanneer er slechts een dunne waterfilm op de weg ligt, wordt bij lage snelheden de grootte van de wrijving vooral bepaald door de microruwheid van het wegdek. Bij toenemende snelheid zal de wrijving dalen, maar minder naarmate de macroruwheid beter is. Op wegdekken met een minder goede macroruwheid valt met name ook de invloed van de profieldiepte van banden niet te verwaarlozen. De waterafvoer uit het contactvlak tussen band en wegdek geschiedt dan voor een groot deel via het bandprofiel. Hierdoor kan de wrijving toch hoog genoeg blijven. Uit SWOV-metingen is gebleken dat ongeveer anderhalf procent van de personenauto's in ons land één of meer banden heeft met een profieldiepte van minder dan 1 mm (de wettelijke norm). Ongeveer vijf procent heeft één of meer banden met een profieldiepte van minder dan 2 mm.

Is er eenmaal voldoende wrijving beschikbaar, dan is dat nog geen garantie dat die wrijving ook volledig benut wordt. Om dat te bereiken zijn diverse aanvullende maatregelen mogelijk. Die kunnen zowel gericht zijn op de mens (gedragsbeïnvloeding door



De taak van de wegbeheerder

signalering, snelheidslimieten en rijopleiding) als op het voertuig (een goed werkend remsysteem met anti-blokkeerinrichting).

Het vorige hoofdstuk gaf aan dat de kwaliteit van het wegdek van zeer groot belang is bij het bestrijden van slip-ongevallen. Het is de wegbeheerder die direct invloed kan uitoefenen op de belangrijkste factoren die de wrijving tussen band en wegdek bepalen. Voordat de wegbeheerder maatregelen gaat nemen ter vermindering van ongevallen op nat wegdek, zal hij de kosten en effecten ervan moeten afwegen tegen de kosten en effecten van andere verkeersveiligheidsmaatregelen. Om de beschikbare middelen zo doelmatig mogelijk te besteden, zal zijn voorkeur uitgaan naar die maatregelen die in verhouding tot de benodigde middelen het gunstigste effect hebben. Omdat meestal niet alle gegevens die voor zo'n besluitvorming eigenlijk nodig zijn, ook werkelijk voorhanden zijn, zal een beleid gevoerd moeten worden op grond van beperkte gegevens. De eerste vraag die beantwoord moet worden, is, of ongevallen op nat wegdek een aandachtsgebied voor het beleid moeten zijn of niet. Het is van belang te weten wat het maximale effect van maatregelen ter vermindering van ongevallen op nat wegdek kan zijn. In principe is het mogelijk de ongevallenkans op nat wegdek terug te brengen tot het niveau van de ongevallenkans op droog wegdek, waardoor het totale aantal ongevallen maximaal met 12-15% verminderd kan worden.

Wanneer de wegbeheerder besluit dat ongevallen op nat wegdek een aandachtsgebied vormen binnen zijn verkeersveiligheidsbeleid, dan zal hij prioriteiten moeten stellen. Hij kan dan:

- Normen instellen voor een aantal factoren die op nat wegdek de wrijving tussen band en wegdek beïnvloeden.
- Plaatsen opsporen waar relatief veel ongevallen op nat wegdek plaatsvinden.

Het instellen van normen

Voor een aantal factoren die de wrijving tussen band en wegdek beïnvloeden, kan de wegbeheerder normen instellen. Door metingen kan hij de werkelijke toestand van een wegdek aan de norm toetsen, waarna hij prioriteiten kan stellen. De plaatsen die het meest van de norm afwijken, komen het eerst voor maatregelen in aanmerking. De verschillende factoren waarvoor de wegbeheerder normen kan instellen, zijn:

- de stroefheid;
- variaties in de stroefheid naar tijd en plaats;
- de daling van de wrijving bij toenemende snelheid;
- de dikte van de waterlaag op de weg.

Alleen voor de hoogte van de stroefheid bestaat op dit moment een norm, zij het uitsluitend voor rijkswegen. De vastgestelde minimumwaarde voor die

wegen is 0,51 bij metingen volgens de methode van het Rijkswegenbouw-laboratorium.

In 1974 bleek meer dan tien procent van de rijkswegen niet aan die minimum-waarde te voldoen. Als dezelfde norm voor de overige wegen in ons land zou hebben gegolden, zou dertig tot veertig procent van deze wegen er niet aan hebben voldaan. Het is niet waarschijnlijk dat sindsdien een aanmerkelijke verbetering zou zijn opgetreden. Voor de andere factoren bestaan in het geheel geen normen. Wel is door het Rijkswegenbouwlaboratorium uitvoerig onderzoek gedaan naar de invloed van de dikte van de waterlaag op de weg. Daaruit is gebleken dat reeds bij een waterlaag van 2 à 3 mm de wrijving tussen band en wegdek drastisch vermindert. Er wordt dan ook aanbevolen maatregelen te treffen om te voorkomen dat zulke waterlagen kunnen ontstaan.

Bij het instellen van normen zal de wegbeheerder rekening moeten houden met verschillende aspecten van het verkeerssysteem, zoals: veiligheid, doorstroming, comfort, kosten en aanpassing van het milieu. Om al die aspecten tegen elkaar af te kunnen wegen wordt een systeem ontwikkeld: het rationeel wegbeheer. Het rationeel wegbeheer bevindt zich op dit moment in het stadium van theoretisering en de

eerste experimenten. Het kan nog wel enige tijd duren voordat het systeem volledig operationeel is.

Bij het stellen van prioriteiten op grond van normen zijn twee benaderingswijzen mogelijk. De eerste benaderingswijze gaat uit van het verwachtingspatroon van de voertuigbestuurder.

Als die in staat is op een goed wegdek bepaalde rem- en stuurmanoeuvres uit te voeren, zal hij geneigd zijn te denken dat hij dat ook op andere wegdekken kan. Daar komt bij dat kwaliteitsverschillen tussen diverse wegdekken voor hem vaak niet waarneembaar zijn. Om aan zijn verwachtingspatroon te moeten voldoen, zouden in theorie alle wegdekken uniforme kenmerken moeten bezitten. Maar in de praktijk zal een dergelijke aanpak niet eenvoudig te realiseren zijn.

Men kan er echter ook van uitgaan dat de noodzaak tot remmen en sturen niet voor elke wegcategorie en elk weggedeelte hetzelfde is. Op kruispunten, in bochten, op andere discontinuïteiten en op plaatsen met een slecht uitzicht moeten meer en forsere manoeuvres worden uitgevoerd dan op rechte stukken weg met goed uitzicht.

Op locaties van de eerste soort moeten de eigenschappen van het wegdek beter zijn dan elders. Dit om te vermijden dat er grotere concentraties ongevallen op nat wegdek plaats-

vinden. In deze benaderingswijze zouden sommige locaties aan hogere normen moeten voldoen dan andere.

Het opsporen van plaatsen met relatief veel ongevallen op nat wegdek
Dat op een bepaalde locatie relatief veel ongevallen op nat wegdek gebeuren, kan verschillende oorzaken hebben. Op kruispunten kan de beschikbare wrijving bijvoorbeeld onvoldoende zijn, doordat een slecht uitzicht het uitvoeren van forse manoeuvres noodzakelijk maakt. Het kan ook zijn dat zich plaatselijk plassen op de weg vormen, bijvoorbeeld bij verkantingsovergangen. Om de oorzaken op te sporen moeten de locaties met relatief veel ongevallen nader onderzocht worden. Allereerst zullen er stroefheidsgegevens over verzameld moeten worden. Daarnaast dienen ze visueel geïnspecteerd te worden. Deze inspectie dient voor het vaststellen van uitzichtbelemmerende omstandigheden, onregelmatigheden in het wegverloop, bochten, uitritten, bushaltes, afwezigheid van belijning, bakens of borden etc. Deze omstandigheden kunnen immers tot forse manoeuvres leiden.

De visuele inspectie dient tijdens regen te gebeuren, zodat ook vastgesteld kan worden of er plassen op de weg voorkomen. Aan de hand van de zo

verkregen informatie kunnen prioriteiten worden gesteld en kan per locatie of groep van identieke locaties beslist worden of en zo ja welke maatregelen genomen moeten worden.

Het voorgaande leidt samengevat tot de volgende aanbevelingen voor het beleid van de wegbeheerder:

Voor de korte termijn (1 à 2 jaar) kan hij locaties met een grote concentratie ongevallen op nat wegdek opsporen.

Als criterium kan hij het aantal ongevallen op nat wegdek in verhouding tot het totale aantal ongevallen gebruiken. Hierdoor kunnen juist die plaatsen worden aangepakt waar veel ongevallen op nat wegdek gebeuren. Omdat het een klein deel van het wegennet betreft, zullen de kosten relatief gering zijn.

Voor de middellange termijn (3 à 5 jaar) kan hij nagaan of de informatie, verkregen uit de aanpak op korte termijn, zich leent voor het trekken van generaliseerbare conclusies. Op grond daarvan kan hij locaties opsporen waar in de toekomst grotere concentraties ongevallen te verwachten zijn.

Voorts moet hij wegedeelten met een stroefheidskwalificatie 'gevaarlijk', 'zeer glad' en 'glad' in kaart brengen. Daarbij kan hij kijken naar de stroefheid van aanliggende wegvakken en naar locaties waar de stroefheid in achterenvolgende jaren sterk daalt. Parallel



hieraan kan hij locaties met een grote waterlaagdikte tijdens regen (2 à 3 mm) in kaart brengen. Met behulp van al deze gegevens kan hij een lijst van prioriteiten vaststellen.

Voor de lange termijn (5 à 10 jaar) kan de wegbeheerder gaan profiteren van het rationeel wegbeheer. In een afweging van objectieve criteria voor veiligheid, comfort, doorstroming en milieu worden normen vastgesteld voor een aantal factoren die de wrijving tussen band en wegdek beïnvloeden. Door

Op kruispunten, in bochten en op plaatsen met een slecht uitzicht is een goede kwaliteit van het wegdek vereist om ongevallen op nat wegdek te voorkomen.

toetsing van de werkelijke situatie aan de normen kan nagegaan worden welke plaatsen het eerst voor maatregelen in aanmerking komen.

Welke maatregelen kan de wegbeheerder nemen?

De wegbeheerder kan maatregelen nemen om ongevallen te voorkomen of om de ernst ervan te verminderen. Maatregelen ter vermindering van de ernst van ongevallen zijn niet specifiek werkzaam gedurende de tijd dat het wegdek nat is. Geleiderailconstructies, obstakelbeveiligers, botsvriendelijke lichtmasten enz. werken ook bij ongevallen op een droog wegdek. Het grootste effect is dus te verwachten van maatregelen ter voorkoming van ongevallen.

Zichtvermindering door neervallend en opspattend water, verblinding door weerkaatst licht van de zon of van auto-koplampen, minder goede zichtbaarheid van de markering en afname van de wrijvingskrachten tussen band en wegdek zijn factoren die kunnen bijdragen tot het ontstaan van ongevallen op nat wegdek. Zowel tijdens als na regenval worden deze factoren in ongunstige zin beïnvloed door de dikte van de op het wegdek aanwezige waterlaag. Het is de verantwoordelijkheid van de wegbeheerder om een weg zodanig te ontwerpen, te verharderen en te onderhouden dat plasvorming zoveel mogelijk voorkomen wordt. Waar plasvorming niet te vermijden is, moeten maatregelen getroffen worden om eventuele negatieve gevolgen ervan zo veel mogelijk te beperken.

Het ontwerp van de weg

De verantwoordelijkheid van de wegontwerper omvat de geometrie van de weg (tracé, langs- en dwarsprofiel), alsook de informatieverschaffing aan de weggebruiker. Om het ontstaan van ongevallen op nat wegdek zoveel mogelijk te voorkomen, zal de wegontwerper op een aantal zaken moeten letten.

De geometrie

De wegontwerper moet er naar streven dat de weggebruiker geen onverwachte stuurbewegingen hoeft te maken of drastisch snelheid moet minderen. De plaatsen waar de weggebruiker vaak moet remmen zijn: kruispunten, uitvoegstroken, plaatsen waar regelmatig files optreden. Men dient te vermijden dat deze locaties komen te liggen in bochten of op neerwaartse hellingen, omdat daar grotere wrijvingskrachten nodig zijn om te kunnen remmen, terwijl de beschikbare wrijvingskrachten er juist geringer zijn. Met name op plaatsen waar de weggebruiker vaak moet remmen of sturen, moeten gesloten waterlagen op het wegdek vermeden worden. Daarvoor is een goede combinatie van dwars- en langshelling van het wegdek nodig, bijvoorbeeld bij verkantingsovergangen. Op die plaatsen mag geen wateropstuwing door de wind kunnen

plaatsvinden. Ook thermoplastische markeringen mogen niet de waterafvoer niet belemmeren.

De informatieverschaffing

Zichtvermindering en verblinding zijn vaak belemmeringen voor de weggebruiker die op een nat wegdek rijdt. Onder die omstandigheden is goede informatie over de vormgeving van de weg, en in het bijzonder over discontinuïteiten daarin (bochten, gelijkvloerse kruisingen enz.), erg belangrijk. Informatieverschaffing door middel van duidelijke borden, bebakening en markering stelt de weggebruiker in staat de vóór hem gelegen wegsituatie te voorspellen. Daardoor kan onverwacht remmen of sturen in veel gevallen worden voorkomen.

De verharding van de weg

Gegeven de geometrie van de weg (tracé, langs- en dwarsprofiel) kunnen ook voor de verhardingsconstruكتور een aantal aandachtsggebieden worden aangegeven. Een goede keuze van de te gebruiken materialen bewerkstelligt dat geen waterlagen ontstaan, dan wel dat de dikte daarvan beperkt blijft. Daarnaast kan aan het verhardingsoppervlak een zodanige micro- en macroruwheid worden gegeven dat de

ongunstige invloed van een toch aanwezige waterlaag op de wrijving tussen band en wegdek minimaal blijft.

Zeer open asfaltbeton

De allerbeste oplossing is het vermijden van elke waterlaag, ongeacht de dikte. Dat kan bereikt worden als het water dat op de verharding valt, direct door het oppervlak heen wordt afgevoerd en in de bovenste verhardingslaag wordt geborgen. Dit vereist een toplaag met een zeer hoog percentage holle ruimte. Wil het water door de laag heen naar de berm afgevoerd kunnen worden, dan dienen de holle ruimten met elkaar in open verbinding te staan.

Er bestaat een bitumineus verhardingsmateriaal dat aan deze eisen voldoet. Het wordt meestal zeer open asfaltbeton genoemd.

In Nederland is dit materiaal vooral onderzocht op initiatief van de Stichting Studiecentrum Wegenbouw en van het Rijkswegebouwlaboratorium. De conclusie is dat zeer open asfaltbeton een materiaal is dat op grote schaal kan worden toegepast om wateroverlast te bestrijden. Daarbij wordt niet alleen gedacht aan de krachten die tussen band en wegdek kunnen worden overgebracht. Vooral ook de drastische reductie van de overlast ten gevolge van spat- en stuifwater en de relatief goede reflectie-eigenschappen bij

regenachtig weer verdienen vermelding.

Tegenover deze gunstige aspecten staan echter ook enige bedenkingen. Zo blijken de holle ruimten geleidelijk dicht te slibben met stof, zand, vuil en olieresten. Daardoor neemt het drainagevermogen af. De wrijvingskrachten tussen band en wegdek worden er echter nauwelijks door beïnvloed. Een ander probleem is de gladheidsbestrijding 's winters. Vooral bij sneeuwval vergt een weggedekte



De aanwezigheid van water op de weg leidt niet alleen tot een vermindering van de beschikbare wrijving; het opspattend water kan ook het zicht sterk verminderen.

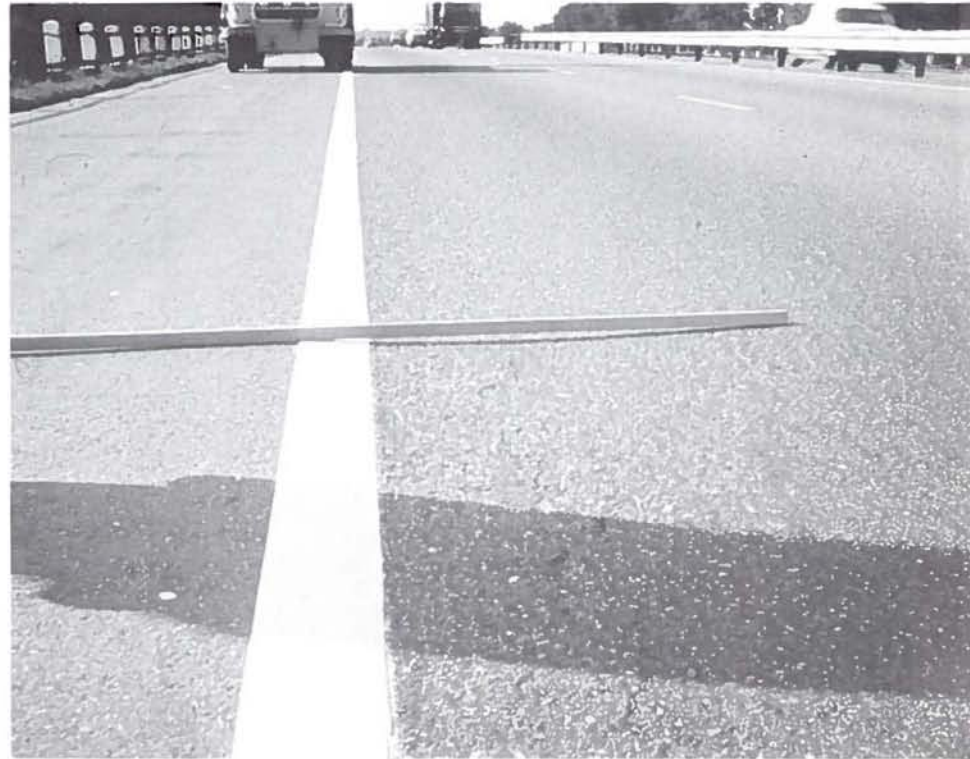
met een toplaag van zeer open asfaltbeton extra aandacht. In een groot aantal gevallen waarin van wateroverlast sprake is of kan zijn,

verdient toepassing van zeer open asfaltbeton desondanks overweging. De aanlegkosten ervan zullen nauwelijks hoger zijn dan die van de gewoonlijk toegepaste mengsels van asfaltbeton.

Keuze mengselsamenstelling met het oog op rijspoorvorming

Bij toepassing van de gebruikelijke verhardingsmaterialen is het onvermijdelijk dat tijdens of kort na regenval op sommige plaatsen een gesloten waterlaag op het wegdek aanwezig is. De verhardingsconstructeur kan de dikte van de waterlaag beperken op het moment dat hij kiest uit de beschikbare materialen. Deze keuze heeft namelijk een belangrijke invloed op het tempo en de mate waarin zich rijsporen zullen vormen. Juist in rijsporen ontstaan vaak waterlagen met een grote dikte. Zo is bij een rijspoordiepte van 17 mm en een dwarshelling van 2,5 procent de dikte van de waterlaag in het rijspoor in theorie 5 à 6 mm! Een dergelijke waterlaag reduceert de wrijvingskrachten tussen band en wegdek in zeer sterke mate. (Een rijspoordiepte van 17 mm is voor rijkswegen nog net toegestaan; een dwarshelling van 2,5 procent is voorgeschreven voor nieuw aan te leggen wegen.)

Ter beperking van rijspoorvorming en daarmee van de wateroverlast is het onder andere noodzakelijk om meer stabiele asfaltbetonmengsels toe te



passen of zelfs cementbetonmengsels.

De macroruwheid van het verhardingsoppervlak

In Nederland wordt als maat voor de macroruwheid van een verhardingsoppervlak meestal de textuurdiepte gehanteerd. Dit is de gemiddelde diepte van de ruimtes tussen de oneffenheden van een wegdek. Met het toenemen van deze textuurdiepte wordt de waterlaag op het verhardingsoppervlak dunner, zij het slechts weinig.

In rijsporen kunnen dikke waterlagen ontstaan, die het contact tussen band en wegdek ernstig bemoeilijken.

Dit is dan ook niet het belangrijkste argument om bij de samenstelling van het mengsel voor de top laag te streven naar een grote textuurdiepte. Veel belangrijker is dat het kanalenstelsel dat hierdoor ontstaat kan

zorgen voor een snelle waterafvoer uit het contactvlak tussen band en wegdek. Als het grootste deel van het water uit het contactvlak is afgevoerd, zal zich tussen het rubber van de band en de steentjes aan het oppervlak van de verharding een vliesdunne waterfilm bevinden. In dat geval wordt de omvang van wrijvingskrachten tussen band en wegdek hoofdzakelijk bepaald door de energieverliezen die optreden bij het indrukken en weer uitzetten van het rubber van de band, de zgn. hysteresis. Deze hysteresis is groter naarmate de textuurdiepte groter is. Uit de resultaten van metingen door het Rijkswegenbouwlaboratorium blijkt dat de wrijvingskrachten tussen een band en een nat wegdek bij alle snelheden en bij nagenoeg elke waterlaagdikte groter zijn naarmate de textuurdiepte toeneemt.

De microruwheid van het verhardingsoppervlak

De vliesdunne waterfilm die zich ook bij een goede macroruwheid nog op het verhardingsoppervlak kan bevinden, kan doorbroken worden door kleine, scherpe punten in het wegdek. De punten zullen het loopvlakrubber van de band binnendringen, waardoor adhesiekrachten kunnen worden overgebracht tussen band en wegdek.

Bij de keuze van de steenmaterialen voor de top laag moet ook rekening worden gehouden met de afname van de ruwheid van het verhardingsoppervlak ten gevolge van polijsting door het verkeer.

De genoemde aandachtsgebieden voor de verhardingsconstructeur zijn niet locatiegebonden. Het ligt voor de hand dat toepassing van de maatregelen voor nieuw aan te leggen wegen in eerste instantie zal worden overwogen voor locaties waarvan verwacht mag worden dat de weggebruiker er vaak moet remmen en sturen. Voor te reconstrueren weggedeelten moet de aandacht vooral uitgaan naar locaties waar ongevallen op nat wegdek hebben plaatsgevonden.

Het onderhoud van de weg

Bij nieuw aan te leggen en te reconstrueren wegen is het mogelijk zowel bij de geometrische vormgeving als bij het ontwerp van de verhardingsconstructie rekening te houden met de meest recente kennis over wegontwerp en verhardingstechnologie. Het grootste gedeelte van de bestaande wegen in Nederland zal niet met deze kennis in overeenstemming zijn. Wanneer onvolkomenheden in de

weggeometrie en in de opbouw en samenstelling van de verhardingsconstructie de veiligheid van de weggebruiker ongunstig beïnvloeden, zullen deze onvolkomenheden door de wegbeheerder opgeheven moeten worden. Bij de bestrijding van wateroverlast op wegdekken staat de wegbeheerder zeker niet met lege handen. Een aantal maatregelen zal nu de revue passereren.

Het verwijderen van rijsporen

Indien de wateroverlast voornamelijk komt door rijsporen, kunnen de volgende maatregelen worden overwogen.

1. *Uitvullen.* Een belangrijke eis aan de te gebruiken materialen is, dat een wegdek wordt gerealiseerd dat ook bij hogere rijnsnelheden stroef is. Materialen die een textuurloos of dicht oppervlak opleveren voldoen bij nat wegdek niet aan die eis.
2. *Vlakfrezes van het verhardingsoppervlak.* Deze maatregel, die steeds meer opgang doet, is mogelijk als de verharding voldoende draagvermogen heeft en nog in een goede constructieve staat verkeert. Bedenk echter dat de spoorvorming na het vlakfrezes weer doorzet.
3. *Het aanbrengen van een nieuwe top laag.* Indien de verharding naast onvlakheid van het oppervlak ook constructieve gebreken vertoont, wordt in veel

gevallen een nieuwe toplaag aan- gebracht. Omdat de nieuwe laag niet overal even dik zal zijn en de verkeers- belasting niet op elke plaats in het dwarsprofiel even groot is, kan al vrij spoedig na aanleg van de nieuwe laag opnieuw onvlakheid optreden. Dat is afhankelijk van de stabiliteit van het verhardingsmateriaal, zowel van de nieuwe toplaag als van de daaronder gelegen verhardingsconstructie. Als vóór het aanbrengen van de nieuwe toplaag het verhardingsoppervlak wordt vlakgefreesd, zal het opnieuw optreden van onvlakheid langer uit- blijven. Ook het uitfrezen van de gehele oude toplaag kan worden overwogen.

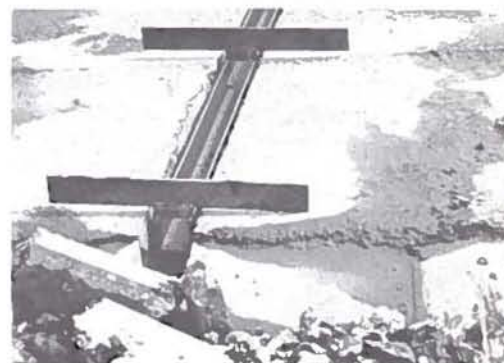
Het aanbrengen van dwarsgootjes
Als wateroverlast ontstaat ten gevolge van afstroming langs lijnen die onge- veer parallel lopen aan de wegas, dus over grote lengte, kan de aanleg van dwarsgootjes een oplossing bieden. De aanleg van dergelijke gootjes be- hoeft, mits zorgvuldig uitgevoerd, geen probleem op te leveren. De kosten van de ze oplossing zijn zeer acceptabel. Bij een goede constructie van de goot- jes is de voelbare hinder voor het verkeer verwaarloosbaar; van een ver- meend vergelijkbaar effect als van rij- ijlzers bij viaducten is tot nu toe niets gebleken. Voor een goed functioneren van de gootjes is regelmatige reiniging gewenst.

Dwarsgootjes zorgen vooral bij ver- kantingsovergangen voor een goede waterafvoer naar de berm. In het wegdek wordt een sleuf gemaakt die gedeeltelijk wordt opgevuld met een kunsthars- slurry. Daarin wordt een stalen profiel bevestigd. De dwarsstrips op het profiel maken een juiste plaatsing mogelijk; ze worden na de plaatsing verwijderd. De gootjes leveren geen voelbare hinder op voor het wegverkeer.



Het verbeteren van de macroruwheid
Indien een verhardingsoppervlak geen constructieve gebreken vertoont, maar wel een onvoldoende macroruwheid heeft, kunnen diverse maatregelen worden overwogen.

Frezen van dwarsgroeven is er één van. Behalve dat de wrijvingskrachten tussen band en wegdek toenemen, worden door het aanbrengen van de groeven de reflectie eigenschappen van het (natte) verhardingsoppervlak verbeterd. De effectieve levensduur van deze groeven, aangebracht in asfaltbetonmengsels, is gering. Vooral bij hoge verkeersintensiteiten en als het mengsel weinig grote stenen bevat. De levensduur van de groeven is uiter- aard veel groter als ze zijn aangebracht in een cementbetonverharding. (Ook langsgroeven zullen de wrijving tussen band en wegdek vergroten. Ze zijn goedkoper aan te brengen dan dwarsgroeven. Toch wordt deze



oplossing niet aanbevolen vanwege de negatieve invloed op het rijgedrag van motorrijders.)

Zoals al eerder gesteld, verhindert zeer open asfaltbeton dat gesloten waterlagen op het verhardingsoppervlak ontstaan. Daarnaast geeft dit materiaal een goede macroruwheid aan het verhardingsoppervlak. Dit laatste effect kan waarschijnlijk ook bereikt worden met dunnere lagen (2 à 3 cm) zeer open asfaltbeton. Hiermee wordt momenteel geëxperimenteerd.

Een veel bekender maatregel dan de twee hiervoor behandelde, is het uitvoeren van een oppervlaktebehandeling. Hierbij wordt, vooral uit kostenoverwegingen, meestal eerst gedacht aan een behandeling met een bitumineus bindmiddel. Toepassing ervan vindt op grote schaal plaats. Door een onzorgvuldige uitvoering of plotselinge weersverandering kan zo'n oppervlaktebehandeling echter volkomen mislukken. Direct na de aanleg geven niet of nog niet gebonden steentjes bovendien kans op breuk van autoruiten. Een ander bezwaar is dat de levensduur van een dergelijke oppervlaktebehandeling sterk bekort kan worden door lange perioden met hoge temperaturen.

Kunsthars als bindmiddel ondervangt een deel van deze bezwaren. Met name



als een steenmateriaal met hoge polijstwaarde gebruik wordt, ontstaat een blijvend grove en scherpe textuur. Vanwege de hoge kosten van een oppervlaktebehandeling met kunsthars als bindmiddel zal toepassing vooral nog beperkt blijven tot zorgvuldig geselecteerde wegsituaties. Kruisingsvlakken van verkeersaders, bijvoorbeeld.

Informatieverschaffing

De informatieverschaffing op een lang

Dwarsgroeven maken niet alleen de macroruwheid van een wegdek beter, maar verbeteren ook de reflectie. In asfaltbetonmengsels hebben ze echter een korte levensduur.

de weg vereist voortdurend onderhoud om, met name onder ongunstige weers- en lichtgesteldheid, een goede zichtbaarheid van de bodem en de

De bestrijding van ongevallen op bestaande wegen

bebakening te garanderen. Herstel- en reinigingswerkzaamheden moeten regelmatig plaatsvinden.

Markeringen hebben vooral bij ongunstige licht- en weersomstandigheden een belangrijke verkeersgeleidende functie. Toepassing van thermoplastische markeringsmaterialen is bedoeld om de markering ook bij nat wegdek goed zichtbaar te maken. Wel moet er voor gewaakt worden dat deze markering niet de afstroming van regenwater belemmert. Vooral op langshellingen kan zich naast zo'n markering een flinke hoeveelheid water verzamelen die hellingafwaarts stroomt. Op dergelijke plaatsen moet de markering dan ook bestaan uit een verfstreep, tenzij de thermoplast op geregelde afstanden wordt onderbroken. Het opsporen van dergelijke plaatsen vereist regelmatige inspectie van wegen bij regenval en kort daarna. Ook om andere redenen wordt zo'n inspectie aanbevolen. Op die wijze kunnen namelijk plaatsen worden opgespoord waar onnodig water op de verharding blijft staan. Te denken valt aan diepe rijsporen, aan te hoge bermkanten, aan onzorgvuldig uitgevoerde langs- en dwarsraden enz.

Hoe op bestaande wegen ongevallen op nat wegdek bestreden kunnen worden, kan worden geïllustreerd aan de hand van de strategie die Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant heeft ontwikkeld. Voor de korte termijn wordt gestreefd naar verbetering van weggedeelten waar in het recente verleden relatief veel ongevallen op nat wegdek hebben plaatsgevonden. Op grond van een inspectie van deze plaatsen, in combinatie met stroefheidsgegevens, zijn aanbevelingen voor maatregelen gedaan. Het opsporen van deze plaatsen heeft zich beperkt tot provinciale wegen buiten de bebouwde kom. Over de provinciale wegen binnen de bebouwde kom zijn geen stroefheidsgegevens voorhanden en bovendien is de problematiek er gecompliceerder. Het beleid op langere termijn is erop gericht weggedeelten op te sporen en te verbeteren, waar nu nog weinig of geen ongevallen op nat wegdek gebeuren maar in de toekomst wel verwacht mogen worden.

Op korte termijn

Voor het vinden van locaties die tijdens en na regenval relatief gevaarlijk zijn, zijn met de computer de plaatsen opgespoord waar in 1976 (het laatste jaar waarover gegevens beschikbaar waren) een ongeval op nat wegdek is

gebeurd. Vanaf elk van de plaatsen waar een ongeval heeft plaatsgevonden, zijn wegvakken met een vaste lengte van 2 km uitgezet. Vervolgens is nagegaan hoeveel ongevallen op nat wegdek er op elk van die wegvakken hebben plaatsgevonden. Om toevallige invloedsfactoren zoveel mogelijk uit te schakelen zijn alleen wegvakken met vier of meer ongevallen op nat wegdek geselecteerd. Om geen vertekend beeld te krijgen, is bovendien nagegaan hoeveel van die ongevallen op kruispunten hebben plaatsgevonden. Van de zo geselecteerde wegvakken is het volgende quotiënt bepaald: ongevallen op nat wegdek / ongevallen op nat + droog wegdek. Op grond van de grootte van dit quotiënt én van het absolute aantal ongevallen op nat wegdek zijn de wegvakken vervolgens in de gevaarlijkheidsklassen A t/m F ingedeeld. De minst gevaarlijke klassen, E en F, zijn voorlopig buiten beschouwing gelaten. Voor de wegvakken die in 1976 in de klassen A t/m D vielen, is nagegaan in welke klassen zij in 1975 en 1974 vielen. De wegvakken die in elk van de drie jaren in de klassen A t/m D vielen, vormden een uiteindelijke selectie van twaalf wegvakken die in aanmerking kwamen voor een inspectie. Door de ondergrens voor het absolute aantal ongevallen op nat wegdek op vier

te stellen werd over de periode 1974 t/m 1976 een consistent beeld verkregen. Zou het minimum op drie of minder gesteld zijn, dan zou de statistische betrouwbaarheid geringer geweest zijn.

De uiteindelijk geselecteerde twaalf locaties zijn in november 1978 geïnspecteerd, waarbij op de volgende kenmerken is gelet:

- soort verharding; staat waarin de verharding verkeerde; hoogte van de stroefheid;
- afwatering;
- verkeersintensiteit en -afwikkeling;
- discontinuïteiten (kruispunten, uitritten, bushaltes);
- uitzichtbelemmerende omstandigheden.

In bijna alle gevallen werd een combinatie van diverse ongunstige kenmerken gevonden. De conclusie is dat ongevallen op nat wegdek vooral plaatsvinden op locaties die ook bij goed weer en droog wegdek gevaar voor de weggebruiker opleveren.

Dat de gehanteerde methode zeer selectief werkt, blijkt uit het feit dat de geselecteerde wegvakken slechts enkele procenten van de totale onderzochte weglengte uitmaken, terwijl er toch ongeveer een derde van alle nat wegdekongevallen plaatsvindt.

Op middellange termijn

Om weggedeelten op te kunnen sporen waar nu nog weinig of geen ongevallen op nat wegdek plaatsvinden maar in de toekomst wel verwacht kunnen worden, zou men moeten beschikken over normen voor de volgende factoren die verband houden met de wrijving:

- de stroefheid;
- variaties in de stroefheid naar tijd en plaats;
- de daling van de wrijving bij toenemende snelheid;
- de dikte van de waterlaag op de weg.

Omdat voor geen van deze factoren voor provinciale wegen normen zijn vastgesteld en onderzoek hiernaar op korte termijn niet tot resultaten zal leiden, moet op dit moment voor een pragmatische aanpak worden gekozen. Met behulp van stroefheidsrapporten kunnen lijsten worden opgesteld van de wegvakken die niet aan de stroefheidsnorm voor rijkswegen (0,51) voldoen. Van deze wegvakken worden vervolgens de verkeersintensiteit, het quotiënt van ongevallen op nat wegdek en ongevallen op nat + droog wegdek, alsook de verhardingssoort vastgesteld. Voor elk van deze kenmerken kan een klasse indeling worden opgesteld, waarbij elke klasse gewaardeerd wordt met een cijfer.

Per wegvak wordt voor elk van de vier

genoemde kenmerken een klasscijfer vastgesteld, dat vermenigvuldigd wordt met een weegfactor. De zo verkregen cijfers worden voor elk wegvak opgeteld. Het wegvak dat op deze wijze het hoogste getal krijgt, komt het eerst in aanmerking voor verbetering.

Vermeld dient nog te worden, dat bij de Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant sinds 1976 een proef loopt, waarbij de stroefheidsachteruitgang van verschillende wegverhardingen bij verschillende intensiteiten wordt onderzocht. Verder zullen de plaatsen waar de stroefheidswaarden worden gemeten, in kaart gebracht moeten worden. Afhankelijk van de intensiteit en de trendontwikkeling van de stroefheid, kunnen dan preventieve maatregelen getroffen worden. Deze aanpak wordt op dit ogenblik voorbereid.

In de toekomst zal nog een vijfde kenmerk worden toegevoegd, namelijk de dikte van de waterlaag op de weg. Omdat het verzamelen van de gegevens over deze invloedsfactor de nodige tijd vergt, is hij voorlopig buiten beschouwing gelaten. Inmiddels worden de benodigde gegevens verzameld door de kantonniers, die immers hun wegvak het best kennen.

Voor de *stroefheid* kan de volgende indeling worden gebruikt:

0,46 – 0,50	klasse 1
0,41 – 0,45	klasse 2
0,36 – 0,40	klasse 3
<0,36	klasse 4

Voor de *verkeersintensiteit* (in voertuigen per etmaal)

<5000	klasse 1
5001 – 6000	klasse 2
6001 – 7000	klasse 3
7001 – 8000	klasse 4
8001 – 9000	klasse 5
9001 – 10000	klasse 6
>10000	klasse 7

Voor het *ongevallenquotiënt* kunnen de klassen A t/m F gehanteerd worden zoals ook in de vorige paragraaf gebeurd is. Alleen worden de letters nu vervangen door cijfers:

klasse F wordt	klasse 1
klasse E wordt	klasse 2
klasse D wordt	klasse 3
klasse C wordt	klasse 4
klasse B wordt	klasse 5
klasse A wordt	klasse 6

Voor de *verhardingssoort* kunnen de volgende klassen worden gebruikt:

beton	klasse 1
asfalt	klasse 2
klinkers	klasse 3
keien	klasse 4

Aanbevolen literatuur

- Blaauw G.J. & Godthelp, J. Het rijgedrag van motorrijders op verschillende wegdekken. *Verkeerskunde* 29 (1978) 2 (februari): p.119-123.
- Brevoord, G.A. De verkanting in bogen en de overgang van de verkanting. *Wegen* 48 (1974) 9 (september): p.267-273.
- Brevoord, G.A. De belaatbare minimum boogstraal bij een negatieve verkanting. In: Mexico 1975, 15e Internationale Wegencongres, de Nederlandse bijdrage: p.118-120. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1975.
- Cate, A.J. ten. Bruikbare stroefheidscoëfficiënten voor het ontwerp van bogen. *Wegen* 48 (1974) 8 (augustus): p.229-234.
- Dijks, A. Versuch über die kleinst zulässige Profiltiefe von Personenwagenreifen. *Automobiltechnische Zeitschrift* 75 (1973) 1 (januari): p.1-6.
- Dijks, A. Invloedsfactoren op de slipweerstand van autobanden op natte wegdekken. *Wegen* 49 (1975) 9 (september): p.263-270.
- Dopper, R.H.W. den. Actualiteiten en verslagen van buitenlandse congressen. *Wegen* 51 (1977) 12 (december): p.398-401.
- Eldik Thieme, H.C.A. van. Het gedrag van banden op natte wegdekken. I. De wrijvingscoëfficiënt van banden op natte wegdekken. *De Ingenieur* 83 (1971) 24 (18 juni): p.V15-V25.
- Elsenaar, P.M.W. Stroefheid van wegdekken. In: Voorzittingen voor het wegverkeer op hoofdverkeerswegen. Preadviezen Congresdag 1970: p.42-111. Vereniging Het Nederlandsche Wegencongres, 's Gravenhage, 1970.
- Elsenaar, P.M.W. De relatie tussen wegoppervlak en de stroefheid. In: Verslag Verkeerstechnische Leergang 1973: p.58-75. Koninklijke Nederlandse Toeristenbond ANWB, 's Gravenhage (z.j.).
- Hanscom, F.R. Human factors in skidding: Causation and prevention. In: Skidding accidents, wet-weather accident experience, human factors, and legal aspects. *Transportation Research Record* 623: p.40-47. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1976.
- Koeman, T.D. De relatie tussen weersomstandigheden en verkeersintensiteiten. *Recreatievoorzieningen* 10 (1978) 5 (mei): p.269-272.
- Kop, A.R. Afwerking van het oppervlak van een betonweg. *Wegen* 49 (1975) 6 (juni): p.204-208.
- Morris, R.S. et al. Field study of driver visual performance during rainfall. Texas Transportation Institute, Texas A & M University, College Station Texas, 1977.
- Paar, H.G. De relatie tussen de stroefheid van wegdekken en de ongevalkans. In: Verslag Verkeerstechnische Leergang 1973: p.49-56. Koninklijke Nederlandse Toeristenbond ANWB, 's-Gravenhage (z.j.).
- Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen. 14e jaargang nr. L202, 6 september 1971 (71/320/EEG).
- Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen. 18e jaargang nr. L236, 8 september 1975 (75/524/EEG).
- RWS. Richtlijnen voor het ontwerpen van autosnelwegen. Rijkswaterstaat, 's Gravenhage, 1975.
- RWS. Eisen 1978 voor bouwstoffen in de wegenbouw. Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1978.
- RWS. Voorschriften voor uitvoering en controle van wegverhardingen 1978. Staatsuitgeverij, 's Gravenhage, 1978.
- RWS/RWL. (H Schram & J M Arnst). Textuurdieptemetingen op rijkswegen. Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1971.
- RWS/RWL. Kunstharisproefvakken op rijksweg 4 Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1972.

- RWS/RWL. Verslag der werkzaamheden 1976. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1977.
- RWS/RWL. Stroef maken van gladde asfaltwegen met overmaat bindmiddel in het oppervlak. Wegwijzer nr. 14. Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1978.
- RWS/RWL Stroef maken van door polijsting glad geworden wegen. Wegwijzer nr. 15. Rijkswegenbouwlaboratorium, Delft, 1978.
- Schlösser, L.H.M. et al. Ongevallenonderzoek en onderzoek naar de factoren die de wrijvingscoëfficiënt tussen band en wegdek bepalen. In: Mexico 1975, 15e Internationale Wegcongres, de Nederlandse bijdrage: p.124-136. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1975.
- Schulze, K.H. et al. Skidding accidents, friction numbers and the legal aspects involved. Report of the PIARC Technical Committee on Slipperiness and Evenness. Transportation Research Record 623: p.1-10. National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1976.
- Schreuder, D.A. Zichtbaarheid van wegmarkeringen op natte wegen; een literatuurstudie. Stichting Studiecentrum Wegenbouw/Studiecentrum Verkeerstech-niek, Arnhem, 1978.
- SCW (C van de Fliert). Kunstharsen in de wegenbouw; een literatuurstudie. Mededeling 16. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1965.
- SCW (A.J. van Neste). Kunstharsen op stalen en houten brugdekken. Mededeling 18. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1968.
- SCW. Spoor- en ribbelforming bij bitumineuze constructies. Mededeling 23. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1969.
- SCW. Oppervlaktebehandeling. Mededeling 25. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1970.
- SCW. Rationeel wegbeheer; verslag jaarvergadering 30 oktober 1973; jaarverslagen van de werkgroepen. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1973.
- SCW. (D Hogervorst). Kunstharsslijtlagen op brugdekken. Mededeling 33. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1974.
- SCW. International Symposium on Porous Asphalt. Record 2. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1976.
- SCW. Asfaltdekken met gemodificeerde oppervlaktextuur. Mededeling 42. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1977.
- SWOV (L.H.M. Schlösser). Verkeersongevallen en wegdekstroefheden; een onderzoek naar de statistische relatie tussen de stroefheid van het wegdek en de relatie van onveiligheid. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1975.
- SWOV. Banden en Wegdekken; experimenteel multifactoronderzoek naar de factoren die de rem- en spoorkrachten tussen autobanden en natte wegdekken beïnvloeden. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1976.
- SWOV (S Oppe). Multiplicative models of analysis; a description and use in analysing accident ratios as a function of hourly traffic volume and road surface skidding resistance. R-77-11. Institute for Road Safety Research SWOV. Voorburg, 1977.
- SWOV. De verkeersonveiligheid in de provincie Noord-Brabant IV; het aspect stroefheid in het verkeersveiligheidsonderzoek in Noord-Brabant. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV, Voorburg, 1978.

- SWOV (A Blokpoel et al.) .Prof'eldiepten van personen - autobanden in Nederland; bevindingen bij een aantal metingen in november 1976. Publikatie 1979-1N. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeers - veiligheid SWOV, Voorburg, 1979.
- Welleman,A.G. De verkantingsovergang bij regenval. Wegen 50 (1976) 5 (mei) : p.143-155.
- Welleman,A.G. Water op de weg. Publikatie L. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Arnhem, 1977.
- Westerduin,B. Richtlijnen voor het ontwerpen van we - gen buiten de bebouwde kom .In: Wegontwerp en weg - verlichting tegen de achtergrond van de verkeers - veiligheid. Preadviezen Congresdag 1974. p 4 1- 110. Vereniging Het Neder landsche Wegencongres, 's Gra - venhage, 1974.
- Zwan,J.Th van der & Gerardu J J A. Frezen van asfalt - betonverhardingen (voorlopige titel). OTAR, 1979.