FIETSBERAAD
PUBLICATIE NUMMER 2

Verhardingskeuze voor fietsverbindingen: asfalt, beton of tegels?

Uitgebreide samenvatting
van het gelijknamige onderzoeksrapport van KOAC•WMD

FIETS BERAAD

Het Fietsberaad is een groep verkeerskundigen, voornamelijk werkzaam bij gemeenten, kaderwetgebieden, provincies en adviesbureaus. Het Fietsberaad is medio 2001 ingesteld door het ministerie van Verkeer en Waterstaat en vooralsnog voor vijf jaar aan de slag gegaan. Het beraad opereert zelfstandig, onafhankelijk en kritisch en komt vijf à zes keer per jaar bijeen. Het secretariaat is ondergebracht bij CROW, kenniscentrum voor verkeer, vervoer en infrastructuur.

Doelstelling

Het Fietsberaad helpt de bij verkeersbeleid betrokken ambtenaren van gemeenten, kaderwetgebieden en provincies (en bijgeval hun bestuurders en beslissers) en medewerkers van adviesbureaus om voorzieningen voor fietsverkeer te realiseren en te onderhouden. Het beraad doet dit door kansen, knelpunten en bedreigingen voor het fietsgebruik te analyseren en oplossingen te zoeken. Knelpunten en oplossingen kunnen inhoudelijk van aard zijn, maar ook procesmatig, bestuurlijk, intersectoraal of maatschappelijk. Het Fietsberaad helpt zijn doelgroepen door kennis, statistische gegevens, ervaringen en andere informatie te (laten) verzamelen en in toepasbare vorm schriftelijk en mondeling te verspreiden. Verder draagt het Fietsberaad bij aan de afstemming van (landelijke) activiteiten die een relatie hebben met fietsbeleid; hiervoor werkt het samen met beleidsinstanties en kennisorganisaties. Tot slot bevordert het beraad de aandacht voor fietsverkeer in relevante beroepsopleidingen.

Leden van het beraad

- Dick Buursink — voorzitter
- Ruud Diteweg — gemeente Utrecht
- Louis Eggen — gemeente Den Haag
- Cor van der Klaauw — gemeente Groningen
- Wim Mulder — gemeente Apeldoorn
- Wim Salomons — gemeente Enschede
- Eveline Vet — gemeente Beverwijk
- Vacature gemeente
- Linda de Klein — provincie Noord-Brabant
- Paul van Weenen — provincie Utrecht
- Kees Slabbekoorn — waterschap Zeeuwse Eilanden
- Herman Weijers — ministerie van Verkeer en Waterstaat
- Ineke Spapé — adviesbureau SOAB
- Henk van Zeijl — Goudappel Coffeng
- Otto van Boggelen — Fietsersbond
- Ben van Westing — NS Fiets/NS Stations
- Wilma Slinger — Kennisplatform VERDI
- Theo Michels — CROW

Verhardingskeuze voor fietsverbindingen: asfalt, beton of tegels?

Uitgebreide samenvatting van het gelijknamige onderzoeksrapport van KOAC•WMD[1]

FIETSBERAAD

KOAC WMD

C•R•O•W

[1] Van het rapport zijn gratis exemplaren verkrijgbaar bij het Fietsberaad (zie de colofon achterin deze publicatie) en te bestellen bij CROW (Postbus 37, 6710 BA Ede, fax: (0318) 62 11 12, e-mail: *crow@crow.nl*). Het rapport staat ook op de website *www.fietsersbond.nl/asfaltoftegels* en vanaf 1 januari 2003 op de eigen website van het Fietsberaad.

Inhoud

Voorwoord

1 Inleiding *7*
1.1 Het onderzoek *7*
1.2 Leeswijzer *8*

2 (On)vlakheid, trillingen en comfort(gebrek) *9*
2.1 Meetapparatuur *9*
2.2 De geanalyseerde data *11*
2.3 Uitkomsten van de analyse *12*
2.4 De mate van voorkomen van verhardingssoorten *15*

3 Factoren die de keuze van de verhardingssoort beïnvloeden *17*
3.1 Politieke keuzen, ruimtelijke ordening en verkeerskunde *18*
3.2 Eisen en waardering van gebruikers *18*
3.3 Dimensionering van verhardingen *19*
3.4 Bomen *19*
3.5 Kabels en leidingen *20*
3.6 Kosten *21*
3.7 Afwegingstabel *22*
3.8 Tot slot *23*

Voorwoord

Het Fietsberaad heeft als doelstelling de bij verkeersbeleid betrokken ambtenaren van gemeenten, kaderwetgebieden, provincies en waterschappen en medewerkers van adviesbureaus te helpen voorzieningen voor fietsverkeer te realiseren en te onderhouden. Vakmensen vormen dus de belangrijkste doelgroep van het beraad. Vakmensen die eraan kun nen bijdragen dat fietsers vlot en veilig van A naar B kunnen komen; en liefst ook comfortabel. Als het om comfort gaat speelt de verharding een belangrijke rol. Net als automobilisten en buspassagiers stellen fietsers prijs op een vlakke verharding, waarop ze kunnen rijden zonder schokken en stoten, met zo weinig mogelijk trillingen[2]. Voor fietsers is zo'n vlakke verharding extra van belang, onder andere omdat zij het energieverlies als gevolg van schokken en trillingen zelf moeten compenseren door harder te trappen. Dat is toch anders dan wat meer druk op een gaspedaal.

Op de keuze van de verhardingssoort zijn veel factoren van invloed. Dat maakt de besluitvorming vaak ingewikkeld. Hoewel fietsers een vlakke asfalt- of betonverharding comfortabeler vinden dan tegels of klinkers, wordt lang niet altijd aan hun voorkeur voldaan. Daarvoor kunnen goede redenen zijn, maar vaak spelen ook minder rationele factoren een rol. Omdat het Fietsberaad de feiten boven tafel wil halen, heeft het aan KOAC•WMD uit Apeldoorn opdracht gegeven een inventarisatie te maken van de kennis over de factoren die van invloed zijn op de keuze van verhardingen waarvan fietsers gebruikmaken. Die inventarisatie is uitgevoerd onder de hoede van CROW. De resultaten zijn inmiddels beschikbaar in de vorm van een ruim honderd pagina's tellend onderzoeksrapport *Verhardingskeuze voor fietsverbindingen: asfalt, beton of tegels?*. Deze Publicatie nummer 2 geeft een uitgebreide samenvatting van dit KOAC•WMD-rapport.

Ik realiseer me dat deze publicatie wel veel nuttige informatie bevat, maar geen panklare antwoorden geeft op de vraag welke verhardingssoort onder bepaalde omstandigheden de voorkeur verdient. Zoals zo vaak blijft dat vooral een kwestie van zorgvuldig nadenken, per project rekening houdend met de plaatselijke randvoorwaarden, waaronder de politieke afweging van prioriteiten. Maar voortaan kan ook de feitelijke informatie uit deze brochure en het daarachter liggende rapport een rol spelen.

Fietsers zullen het zonder meer waarderen dat de keuze vaker op asfalt of beton valt dan op tegels of straatstenen. Dat blijkt zonneklaar uit de waardering die ze de verschillende verhardingen op provinciale fietspaden geven. Van de asfalt- en cementbetonverhardingen krijgt 90% een ruime voldoende, een 7. Tegels en straatstenen krijgen die waardering slechts in 7% van alle gevallen. Dat zijn cijfers die boekdelen spreken. Cijfers ook waarmee wat kan worden gedaan. Dwingende redenen om asfalt niet toe te passen zijn namelijk maar beperkt in aantal, terwijl er voor het vaker toepassen van asfalt volop ruimte lijkt te zijn. Dat geldt voor fietspaden maar ook, en waarschijnlijk nog meer, voor belangrijke fietsverbindingen door verblijfsgebieden waar gemotoriseerd verkeer en fietsers nu gezamenlijk de rijbaan gebruiken. Asfalt in verblijfsgebieden vraagt wellicht om discussie over 'Duurzaam Veilig', fietsverkeer in en door verblijfsgebieden en daarbijbehorende infrastructurele oplossingen en verhardingssoorten. Laten we die discussie maar voeren.

Dick Buursink, voorzitter Fietsberaad

[2] In het kader van de Fietsbalans heeft de Fietsersbond mensen op straat gevraagd hoe belangrijk een goed wegdek is voor fietsers. Uit de antwoorden blijkt dat een comfortabel wegdek voor fietsers op de derde plaats komt, na minder overlast door auto's en de directheid van routes.

1 Inleiding

De keuze van de verhardingssoort is van grote invloed op het comfort voor fietsers. Wie wel eens fietst – en anno 2002 geldt nog steeds: wie doet dat niet? – weet uit ervaring dat open verhardingen of elementenverhardingen, zoals tegels en straatstenen, meer trillingshinder veroorzaken dan gesloten verhardingen, zoals asfalt en beton[3]. Dit is objectief meetbaar. Fietsers vinden gesloten verhardingen dan ook prettiger en comfortabeler. Maar er is meer dan comfort. Bij aanzienlijke groepen fietsers veroorzaken de trillingen zelfs pijn, bijvoorbeeld in de handen, rug of andere lichaamsdelen. Denk aan reumapatiënten, herniapatiënten, mensen met prostaatklachten en zwangere vrouwen. Niet onbelangrijk is daarnaast dat trillingen energie kosten. Energie die fietsers liever gebruiken om vooruit te komen.

Bij de keuze van de verharding heeft de wegontwerper/-beheerder echter behalve met de voorkeur van de gebruiker, ook met tal van andere aspecten te maken. Een belangrijke rol spelen natuurlijk de kosten van aanleg, beheer en onderhoud. Van invloed hierop zijn onder andere de draagkracht en zettingsgevoeligheid van de ondergrond en de belasting door het verkeer. Bij het verkeer op fietspaden moet niet alleen met fietsers worden gerekend, maar ook met onderhoudsvoertuigen voor gladheidsbestrijding en weg-, groen- of slootbeheer, (oneigenlijk) gebruik door bijvoorbeeld hulpdiensten, kruisend zwaar verkeer bij inritten, enzovoorts. Verder moet de verhardingskeuze passen binnen het beleid inzake ‘Duurzaam Veilig’, ‘Duurzaam Bouwen’ en dergelijke. Bovendien moet de wegontwerper/-beheerder rekening houden met de kans op schade door boomwortels en met de ondergrondse infrastructuur, zoals riolering, kabels en leidingen. Tenslotte spelen ook esthetische aspecten een rol bij de verhardingskeuze, bijvoorbeeld in historische kernen.
Er komt dus heel wat kijken bij de keuze van verhardingen voor fietsverbindingen.

De vele factoren die een rol spelen kunnen leiden tot een beleid als (bijvoorbeeld): ‘In principe asfalt vanwege het fietscomfort, maar elementen bij bomen (vanwege de beluchting van de wortels) en in geval van kabels en leidingen onder de fietsverbinding. En mooie keitjes in de binnenstad.’ Zo’n beleid is soms wel wat kort door de bocht. Het kan betekenen dat, onder vergelijkbare omstandigheden, de ene gemeente asfalt toepast en de andere gemeente tegels. Dit zou erop kunnen duiden dat vaker dan nu voor asfalt kan worden gekozen.

1.1 Het onderzoek

Instanties die bij fietsbeleid zijn betrokken, zoals het Fietsberaad en de Fietsersbond, hebben de indruk dat een keuze voor een vlakke, comfortabele verharding soms wordt geblokkeerd door (oneigenlijk of overdreven gebruik van) argumenten als ‘schade door boomwortels’ en ‘bereikbaarheid van kabels en leidingen’. Vooral in geval van kabels en leidingen wordt nogal eens beweerd dat een gesloten verharding technisch niet kan of juridisch onmogelijk is, terwijl er geen sprake is van een werkelijke onmogelijkheid, maar slechts van financiële of organisatorische problemen. Deze indrukken vormden voor het Fietsberaad aanleiding voor het uitvoeren van onderzoek. Om de feiten boven tafel te halen.

[3] Een open verharding of elementenverharding is een verharding met een niet-aaneengesloten structuur, dus bestaande uit losse elementen als straatstenen of tegels. Een dergelijke verharding is in enige mate ‘open’ voor gassen en vloeistoffen, zoals lucht, zuurstof en (regen)water. Toch stroomt regenwater grotendeels (circa tweederde deel) over het verhardingsoppervlak af. Een gesloten verharding is een verharding met een aaneengesloten structuur, zoals asfalt- of cementbeton (doorgaand of in grote platen – enkele tot tientallen m^2) al dan niet voorzien van een oppervlakbehandeling (een dunne slijtlaag op verhardingen, bestaande uit een (meestal bitumineuze) kleeflaag die is afgestrooid met steenslag of fijn grind). Een dergelijke verharding is over het algemeen gesloten voor gassen en vloeistoffen, en regenwater stroomt over het verhardingsoppervlak af. Een uitzondering is zeer open asfaltbeton (ZOAB, meestal met 20-25% holle ruimte), dat vanwege zijn porositeit goed doorlatend is voor gassen en vloeistoffen.

KOAC•WMD, instituut voor materiaal- en wegbouwkundig onderzoek in Apeldoorn, is nagegaan in hoeverre er mogelijkheden zijn om vaker asfalt toe te passen waar nu nog voor tegels wordt gekozen. Dat is gebeurd onder de hoede van CROW, met het Fietsberaad als initiatiefnemende en financierende instantie.
KOAC•WMD heeft nauwgezet geïnventariseerd wat de verschillende invloedsfactoren op de verhardingskeuze voor fietsverbindingen zijn, welke kennis over die factoren beschikbaar is en welke leemtes die kennis vertoont. Overigens dient hier nadrukkelijk te worden opgemerkt dat in de praktijk de keuze voor een bepaalde verhardingssoort vaak zeker niet alleen wordt bepaald door feitelijke informatie, maar evenzeer door vermeende kennis, (plaatselijk) beleid gebaseerd op politieke keuzes en plaatselijke ervaringen en gewoonten. Deze invloeden zijn niet altijd expliciet en aantoonbaar.
KOAC•WMD heeft tevens een analyse gemaakt van de trillingsniveaus die optreden op verschillende verhardingssoorten. Bovendien is aangegeven wat het aandeel is van die verhardingssoorten op belangrijke fietsverbindingen.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 van deze uitgebreide samenvatting van het KOAC•WMD-rapport behandelt de feitelijke probleemstelling. Enerzijds betreft die de relaties tussen de (on)vlakheid van verschillende verhardingssoorten, al dan niet in geval van schade, de trillingen die fietsers daarvan ondervinden en het comfort(gebrek) dat zij als gevolg daarvan ervaren. Anderzijds geeft de frequentie waarin de verschillende verhardingssoorten voorkomen een indruk van de omvang van de problematiek en de ruimte voor mogelijkheden daarin verbetering te brengen.
Hoofdstuk 3 geeft eerst een overzicht van de factoren die van invloed zijn op de keuze van de verhardingssoort. Vervolgens worden de belangrijkste factoren behandeld. Een en ander mondt uit in een afwegingstabel: een poging een hulpmiddel te verschaffen bij het kiezen van de juiste verhardingssoort voor een bepaalde locatie onder bepaalde omstandigheden.

2 (On)vlakheid, trillingen en comfort(gebrek)

In het algemeen geldt dat met toenemende onvlakheid van het wegdek de trillingen toenemen die via de fiets op het lichaam van de fietser worden uitgeoefend. De kenmerken van de fiets (zoals massa, bandenspanning, stijfheid en vering van het frame, vering van het zadel) bepalen in hoeverre de trillingen als gevolg van onvlakheid worden doorgegeven aan het lichaam van de berijder.
Twee soorten onvlakheid zijn voor deze studie van belang:

- oneffenheden en onvlakheid volgens CROW-systematiek voor wegbeheer: randen van tegels of straatstenen, boomwortelschade, verzakkingen, onvlakke aansluitingen, verkeersdrempels, enzovoorts;
- textuur (of ruwheid): bezemstructuur in cementbeton, oppervlaktextuur van asfaltbeton, straatstenen of betontegels.

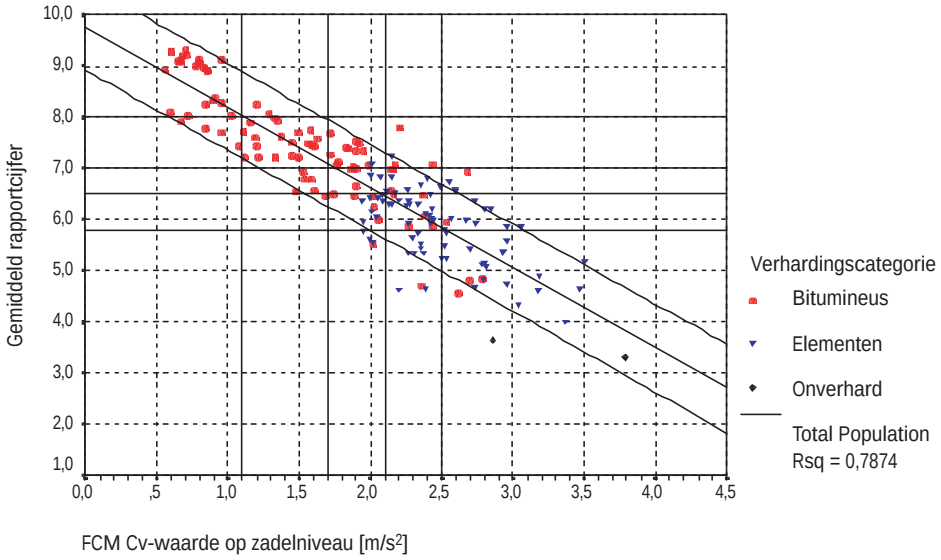
Voor het beoordelen van het effect van trillingen op het menselijk lichaam geldt de norm NEN-ISO 2631 *'Evaluation of human exposure to whole-body vibration'*. Deze norm onderkent vier aspecten van een trilling die van belang zijn voor het effect ervan op een menselijk lichaam, namelijk de intensiteit, de frequentie, de richting en de tijdsduur. Bij het stijgen van het trillingsniveau wordt eerst een afname van het comfort ervaren, vervolgens vermindert het prestatievermogen door vermoeiing en tenslotte komen de gezondheid en veiligheid in gevaar. Voor het beoordelen van het comfort van de weggebruiker is in de KOAC•WMD-studie primair gebruikgemaakt van de frequentie- en tijdsgewogen gemiddelde trillingsversnelling (volgens NEN-ISO 2631-1), dus met m/s^2 als dimensie. In dit onderzoek zijn alleen verticale trillingen beschouwd. Hoe langer de blootstelling aan een trilling hoe groter het effect ervan. Wanneer het totaaleffect beperkt moet blijven, wordt het toelaatbare trillingsniveau dus lager bij toenemende blootstellingsduur.

2.1 Meetapparatuur

Voor de KOAC•WMD-studie is gebruikgemaakt van de resultaten van metingen met de Fietscomfortmeter van KOAC•WMD en van de resultaten van metingen met de meetfiets van de Fietsersbond.

Figuur 1. Fietscomfortmeter

De Fietscomfortmeter (FCM) is rond 1995 ontwikkeld. De FCM bestaat uit een voertuig met een langsvlakheidsmeetsysteem, een systeem voor video-opname en een registratiesysteem voor het visueel beoordelen van verhardingsschade. Zie *Figuur 1*. De metingen worden uitgevoerd met een rijsnelheid van 15 km/uur.
Op 7 juni 1997 heeft KOAC•WMD een panelrating uitgevoerd, waarbij de gemeten trillingsversnellingen op 93 wegvakken van 100 m lengte zijn gecorreleerd aan het rapportcijfer dat aan die wegvakken werd toegekend door een panel van 109 fietsers van beide seksen en allerlei leeftijden. De wegvakken bestonden voor 54% uit bitumineuze verhardingen (asfaltbeton en verhardingen met een oppervlakbehandeling met een bitumineuze kleeflaag), voor 45 procent uit elementen en voor 1% uit een puinverharding. De resultaten van de panelrating staan weergegeven in *Figuur 2.* Uit deze figuur blijkt dat er een goede correlatie bestaat tussen de gemeten trillingen en de comfortwaardering van de fietsers, waarbij de bitumineuze en elementenverhardingen 'op één lijn liggen'. Ook blijkt uit de figuur dat de bitumineuze verhardingen gemiddeld minder trillingen en hogere rapportcijfers opleveren dan de elementenverhardingen[4].



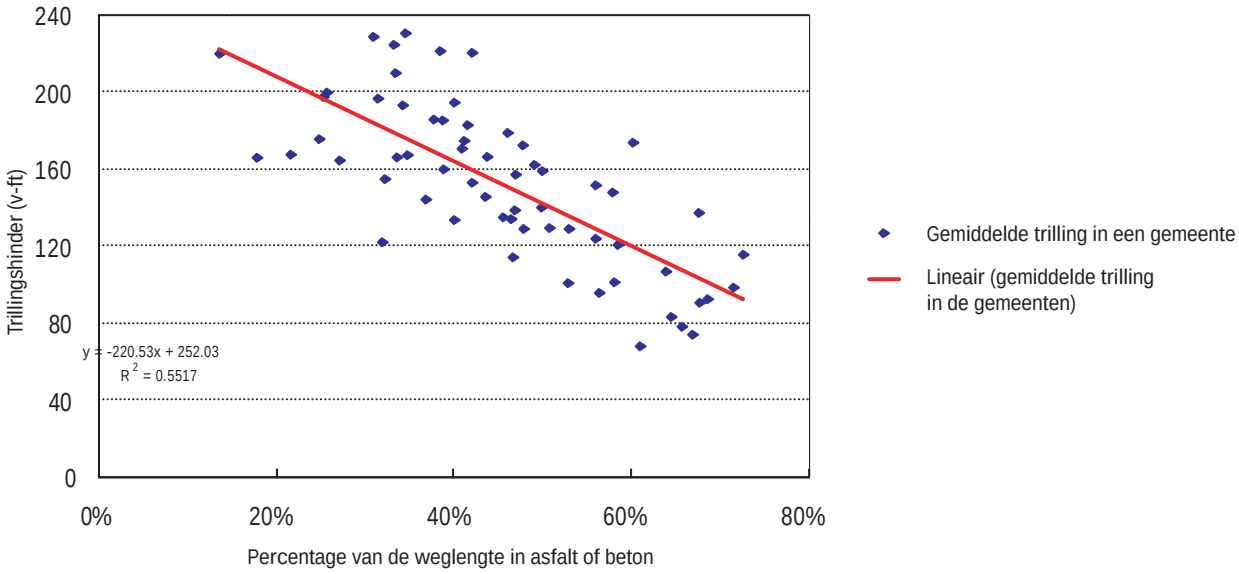
Figuur 2. Correlatie FCM Cv-waarde met paneloordeel.
Diagonale lijnen: regressielijn met 85% betrouwbaarheidsinterval. Horizontale en verticale lijnen: Cv-waarden overeenkomend met rapportcijfers 8, 7, 6 1/2 en 6-

In 2000 is de Fietsersbond de Fietsbalans gestart. In dit project worden van alle deelnemende gemeenten de prestaties op fietsgebied bepaald. De Fietsbalans beoordeelt een gemeente op tien aspecten. Met speciale meetfietsen worden snelheid, trillingshinder en geluidshinder geregistreerd, naast videobeelden van de situatie. Zie *Figuur 3.* Die metingen worden uitgevoerd op circa 30 tot 40 km weg per gemeente, kriskras door de gemeente, op de meest gebruikelijk fietsroutes tussen karakteristieke punten zoals het station, een winkelcentrum, een aselect gekozen woning, de bibliotheek en dergelijke.

In 2000 zijn 59 gemeenten beoordeeld met de Fietsbalans, in 2001 nog eens 31. Uit de resultaten van 2000 is door de Fietsersbond een relatie gelegd tussen de trillingshinder en het verhardingstype. Zie *Figuur 4.* Uit de figuur blijkt dat de gemiddelde trillingshinder afneemt met een toenemend aandeel asfalt- en cementbeton in de gemeten verhardingslengte.

[4] Eerder onderzoek, uit 1993, uitgevoerd door de CROW-werkgroep Fietspadenbeheer kwam tot vergelijkbare resultaten na combinatie van visuele inspecties van de verhardingskwaliteit, een panelrating door een groep fietsers en trillingsmetingen met behulp van een tandemfiets met versnellingsopnemer. Ook bij dit onderzoek gaven fietsers de hoogste waardering aan asfaltbeton en bleek er een goede correlatie te bestaan tussen de gebruikerswaardering en de gemeten comfortindex (trillingen). Elementenverhardingen scoorden ook hier gemiddeld slechter, al lijken de gebruikers hierop meer trillingen te accepteren dan op verhardingen van asfalt- en cementbeton.

Figuur 3.
Meetfiets van de Fietsersbond voor de Fietsbalans



Figuur 4. Trillingshinder versus aandeel asfalt- of cementbeton (uit Fietsbalans 2000)

2.2 De geanalyseerde data

KOAC•WMD heeft sinds 1997 meer dan 5000 km fietspad bemeten met de Fietscomfortmeter, voornamelijk voor provincies. Het betreft dus vrijwel uitsluitend fietspaden buiten de bebouwde kom. Voor dit onderzoek is uiteindelijk gebruikgemaakt van circa 36.700 meetvakken met een totale bemeten weglengte van 3654 km, verdeeld over de verschillende verhardingssoorten en typen fietsvoorziening zoals weergegeven in *Tabel 1*. Het lijkt waarschijnlijk dat het bestand representatief is voor alle provinciale fietspaden in Nederland.

	weglengte (in km)				weglengte (percentage van totaal)			
fietsvoorziening / verhardingssoort	onbekend	fietspad	parallelweg	**totaal**	onbekend	fietspad	parallelweg	**totaal**
asfaltbeton	70,2	1682,1	90,3	**1842,6**	1,9	46,0	2,5	**50,4**
betontegels	0,1	186,6	0,0	**186,7**	0,0	5,1	0,0	**5,1**
cementbeton	0,4	438,3	0,0	**438,7**	0,0	12,0	0,0	**12,0**
oppervlakbehandeling	6,4	1041,0	103,0	**1150,4**	0,2	28,5	2,8	**31,5**
straatstenen	0,1	31,3	4,3	**35,7**	0,0	0,9	0,1	**1,0**
totaal	**77,2**	**3379,3**	**197,6**	**3654,1**	**2,1**	**92,5**	**5,4**	**100,0**

Tabel 1. Bemeten weglengte KOAC•WMD, naar type fietsvoorziening en verhardingssoort

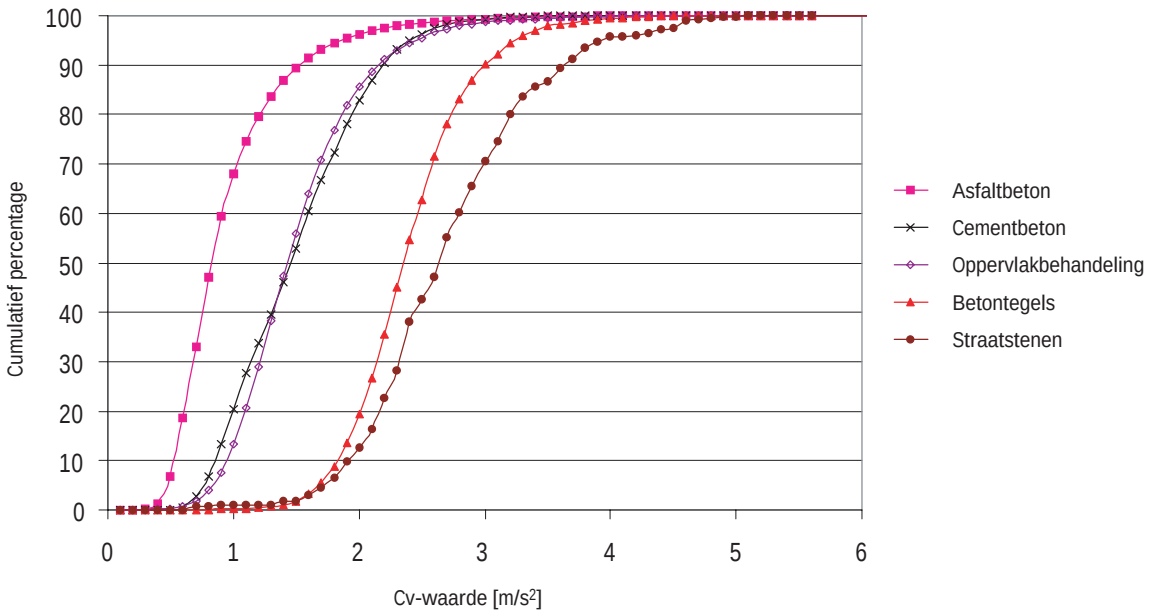
Uit het totale bestand meetgegevens van de Fietsersbond is voor dit onderzoek de grootste groep data geselecteerd, waarbij met dezelfde testfiets en berijder is gemeten, om eventuele invloeden van variatie in de meetconfiguratie uit te sluiten. Dit betreft 15 gemeenten die in 2001 zijn bemeten. Na verwijdering van de wegvakken waarbij de meetsnelheid buiten het bereik van 15-21 km/uur viel, bleef 460 km meetlengte over. Zie *Tabel 2.* De procentuele verdeling van de geselecteerde wegvakken over de cellen komen goed overeen met de verdeling van alle wegvakken in de 90 gemeenten die in 2000 en 2001 zijn bemeten. Er mag dan ook verwacht worden dat het hier geanalyseerde bestand representatief is voor heel Nederland.

	bemeten weglengte (in km)					bemeten weglengte (percentage van totaal)				
verhardingssoort fietsvoorziening	asfalt/ beton	klinkers	tegels	overig	**totaal**	asfalt/ beton	klinkers	tegels	overig	**totaal**
fietspad	49,3	2,6	62,5	0,4	**114,8**	10,7	0,6	13,6	0,1	**24,9**
fietsstrook	34,8	7,6	1,8	0,0	**44,2**	7,6	1,6	0,4	0,0	**9,6**
gemengd profiel	101,7	99,0	0,8	0,2	**201,7**	22,1	21,5	0,2	0,0	**43,8**
solitair fietspad	40,3	2,9	9,8	0,1	**53,1**	8,7	0,6	2,1	0,0	**11,5**
overig				46,9	**46,9**				10,2	**10,2**
totaal	**226,1**	**112,1**	**74,9**	**47,6**	**460,7**	**49,1**	**24,3**	**16,3**	**10,3**	**100,0**

Tabel 2. Bemeten weglengte Fietsersbond, naar verhardingssoort en type fietsvoorziening

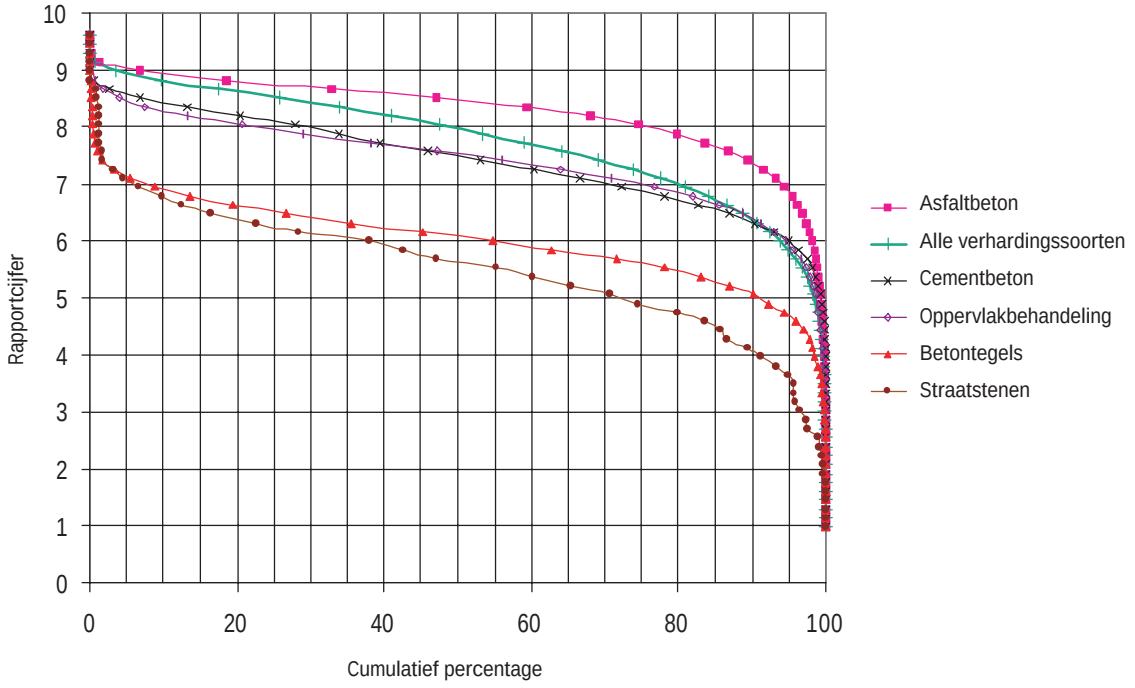
2.3 Uitkomsten van de analyse

Van de dataset van KOAC•WMD zijn in *Figuur 5* per verhardingssoort de cumulatieve frequentieverdelingen van de gemeten trillingsniveaus weergegeven.



Figuur 5. Cumulatieve frequentieverdeling van gemeten trillingsversnellingen per verhardingssoort in de geanalyseerde dataset van KOAC•WMD (3654 km)

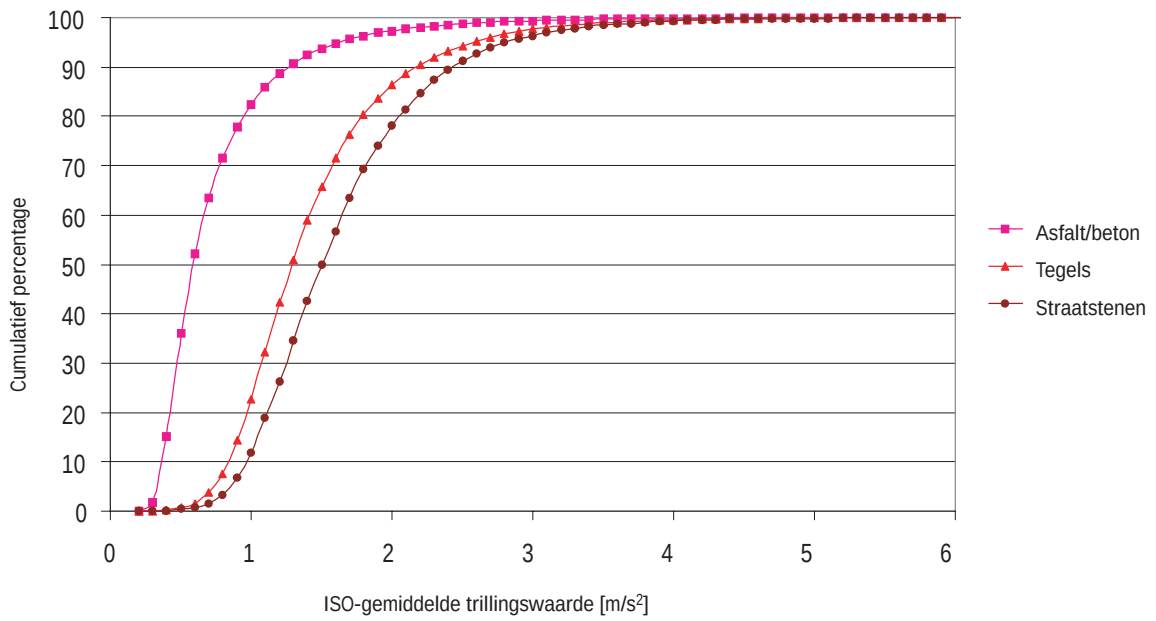
Duidelijk is te zien dat asfalt het laagste trillingsniveau kent. Cementbeton en oppervlakbehandeling, die elkaar weinig ontlopen, leveren meer trillingen. Betontegels en straatstenen leveren de hoogste trillingsniveaus, waarbij straatstenen maar weinig slechter scoren dan betontegels.
Om de resultaten van de trillingsmetingen meer inzichtelijk te maken, heeft KOAC•WMD op basis van de panelrating een relatie opgesteld tussen de FCM-comfortwaarden (per wegvak van 100 m) en rapportcijfers van 0 tot 10. (In formulevorm is deze relatie: rapportcijfer = 9,77 - 1,57 x FCM-comfortwaarde.)
Dit leidt tot het in *Figuur 6* weergegeven beeld.



Figuur 6. Cumulatieve frequentieverdeling van rapportcijfers op basis van gemeten trillingsversnellingen per verhardingssoort in de geanalyseerde dataset van KOAC•WMD

Circa 95% van het asfalt scoort een 7 (ruim voldoende) of hoger en circa 75% zelfs meer dan een 8 (goed). Cementbeton en oppervlakbehandeling halen voor 70% meer dan een 7, doch slechts voor circa 25% meer dan een 8. Van alle gesloten verhardingen scoort minder dan 5% lager dan een 6 (voldoende). Van de betontegels en straatstenen haalt slechts 7% meer dan een 7 en 40-55% scoort lager dan een 6.

Van de geanalyseerde dataset van de Fietsersbond zijn de cumulatieve frequentieverdelingen van de ISO-gewogen gemiddelde trillingsniveaus per seconde per verhardingssoort weergegeven in *Figuur 7*. Duidelijk is te zien dat asfalt/beton het laagste trillingsniveau kent. Tegels en straatstenen leveren in het algemeen het hoogste trillingsniveau, waarbij straatstenen slechter scoren dan tegels.



Figuur 7. Cumulatieve frequentieverdeling van gemeten trillingsversnellingen per verhardingssoort in de geanalyseerde dataset van de Fietsersbond (hier beperkt tot asfalt/beton, tegels en straatstenen, tezamen 416 km van de geanalyseerde 460 km)

Conclusie

Zowel uit de analyse van de gegevens van KOAC•WMD als die van de Fietsersbond blijkt dezelfde rangschikking van verhardingssoorten, als het gaat om de volgorde van toenemende trillingen en daarmee afnemend comfort:

- asfalt
- oppervlakbehandeling of cementbeton
- betontegels
- straatstenen

De verschillen tussen de beide open verhardingen (betontegels en straatstenen) en het asfalt zijn groot: de beste 10% open verhardingen scoren net zo goed als 90% van het asfalt. Vertaald naar rapportcijfers scoort asfalt een 8,5, cementbeton en oppervlakbehandeling beide een 7,5, betontegels een 6+ en straatstenen een 6-. (De rapportcijfers betreffen mediaanwaarden: de waarde waarbij 50% van de meetwaarden beter is en 50% slechter.)

Schade en oneffenheden

Schade aan de verharding en oneffenheden als gevolg van verzakkingen, boomwortels en dergelijke leiden tot meer trillingen. Dat zou kunnen betekenen dat de comfortniveaus van de verschillende verhardingssoorten samenhangen met verschillen in de hoeveelheid schade en oneffenheden. Dit blijkt niet het geval. Ook indien alleen verhardingen zonder duidelijke (en als zodanig geregistreerde) schade worden beschouwd, blijkt dezelfde rangschikking van de verhardingssoorten. Blijkbaar is het comfortniveau een min of meer ‘intrinsieke’ eigenschap van de verhardingssoort.
Ook in geval van schade en oneffenheden aan verhardingen blijft bovenstaande rangorde in stand. Wel nemen de verschillen tussen open en gesloten verhardingen iets af. Dit wil zeggen dat het comfortniveau op gesloten verhardingen (verhoudingsgewijs) meer verslechtert door schade dan op open verhardingen.

2.4 De mate van voorkomen van verhardingssoorten

De vraag in welke mate fietsers met de verschillende verhardingssoorten worden geconfronteerd, kan met de beschikbare gegevens ten dele worden beantwoord.

Uit *Tabel 1* blijkt dat 94% van de grotendeels buiten de bebouwde kom gelegen provinciale fietspaden en parallelwegen is voorzien van gesloten verhardingssoorten die doorgaans qua vlakheid goed scoren (50% asfalt, 32% oppervlakbehandeling, 12% cementbeton).

Uit *Tabel 3*, die betrekking heeft op 90% van alle wegvakken die in 2000 en 2001 door de Fietsersbond zijn bemeten, blijkt dat 54% van het areaal aan fietsverbindingen binnen de bebouwde bestaat uit gesloten verhardingen en 46% uit open verhardingen. Het gemengd profiel (fietsers op de rijbaan voor alle verkeer) vormt bijna de helft van alle bemeten fietsverhardingen en is ruwweg half/half verdeeld over asfalt en klinkers. De bulk van de open verhardingen wordt gevormd door tegels op fietspaden (15%) en klinkers in gemengd profiel (25%).

	bemeten lengte (in km)					bemeten lengte (percentage van totaal)				
verhardingssoort fietsvoorziening	asfalt/ beton	klinkers	tegels	overig	**totaal**	asfalt/ beton	klinkers	tegels	overig	**totaal**
fietspad	368	26	415	2	**811**	13,3	0,9	15,0	0,1	**29,3**
fietsstrook	297	45	19	0	**361**	10,7	1,6	0,7	0,0	**13,0**
gemengd profiel	620	674	9	2	**1305**	22,4	24,4	0,3	0,1	**47,2**
solitair fietspad	212	18	55	4	**289**	7,7	0,7	2,0	0,1	**10,4**
totaal	**1497**	**763**	**498**	**8**	**2766**	**54,1**	**27,6**	**18,0**	**0,3**	**100,0**

Tabel 3. Verdeling fietsverhardingen binnen de bebouwde kom over verhardingssoort en type fietsverbinding (Metingen Fietsersbond 2000 en 2001.)

Mogelijkheden voor meer gesloten verhardingen voor fietsverkeer

De kernvraag achter het KOAC•WMD-onderzoek is hoeveel open verhardingen zouden kunnen worden vervangen door een gesloten verharding. Min of meer doorslaggevende redenen waarom dat niet zou kunnen, betreffen de aanwezigheid van kabels en leidingen of boomwortels onder de verharding. Voor fietspaden lijkt het onwaarschijnlijk dat die redenen bij alle tegelpaden een doorslaggevende rol hebben gespeeld. Waarschijnlijk kan een aanzienlijk deel van deze tegelpaden (eenderde, tweederde?) worden geasfalteerd.
Het aandeel gesloten verhardingen binnen de bebouwde kom zou daarmee 5 tot 10 procentpunten stijgen.
Kwantitatief lijkt voor fietsers meer winst te kunnen worden geboekt op de klinkerstraten met gemengd profiel, die binnen de bebouwde kom bijna een kwart van het areaal aan fietsverbindingen vormen. Dat betreft voornamelijk woonstraten en woonerven, waarvoor vanuit 'Duurzaam Veilig' echter juist wordt gepleit voor een klinkerverharding. Om hier een hoger aandeel gesloten verhardingen te krijgen, dient waarschijnlijk de aanleg van aparte fietsstroken of zelfs van (vrijliggende) fietspaden te worden overwogen.

3 Factoren die de keuze van de verhardingssoort beïnvloeden

De belangrijkste door KOAC•WMD geïnventariseerde factoren die de keuze van de verhardingssoort voor fietsverbindingen beïnvloeden, zijn de volgende:

Politieke keuzen
- fiets versus auto versus openbaar vervoer
- prioriteiten binnen het geheel van fietsverbindingen
- investering bij aanleg versus kosten van beheer en onderhoud

Ruimtelijke ordening/verkeerskunde
- planologische positie (binnen/buiten bebouwde kom, verblijfsgebied)
- type fietsverbinding (hoofdroute/stroomfunctie, ontsluitingsfunctie, recreatief fietspad)
- 'Duurzaam Veilig' (elementen voor verblijfsgebieden, asfalt alleen voor ontsluitingswegen)

Functionele eisen aan de verharding (vanuit de gebruiker)
- vlakheid van de verharding (vanwege comfort en rolweerstand)
  - oneffenheden en onvlakheid
  - textuur
- afwatering, plasvorming (bijvoorbeeld als gevolg van spoorvorming)
- stroefheid van de verharding, inclusief eventueel opliggend vuil, algengroei en dergelijke
- gladheid van de verharding bij winterse omstandigheden (en de mogelijkheden tot gladheidsbestrijding)
- ruwheid van de verharding (vanwege verwonding bij vallen)
- zichtbaarheid
- beschikbaarheid van de verharding (onder andere onderhoudsfrequentie en -snelheid)

Dimensionering van verhardingen
- verkeersbelasting (naast fietsers ook zwaar verkeer)
- uitvoeringsaspecten bij aanleg
- draagkracht ondergrond
- zettingsgevoeligheid ondergrond
- drainage, vorst en dooi

Schaderisico's
- risico op verhardingsschade door overbelasting (oneigenlijk gebruik door zwaar verkeer)
- risico op verhardingsschade door grondwaterstandsverlaging door bomen
- risico op verhardingsschade door boomwortelgroei
- risico op schade aan beplanting
- risico op verhardingsschade door ondergraving door dieren
- risico op verhardingsschade vanuit de fundering (spatten, 'bloemkolen', reflectiescheuren)
- risico op gevolgschade (door losliggende tegels en dergelijke)

Kabels en leidingen
- bereikbaarheid ondergrondse infrastructuur
- repareerbaarheid verharding na sleufwerkzaamheden
- gasdichtheid (boven gasleidingen)

Regenwaterafvoer

Aanzien van de verharding
- esthetische overwegingen op historische locaties of winkelerven
- aanzien na eventuele aantasting wegens ondergrondse infrastructuur

Eisen aan toe te passen materialen
- mechanische eigenschappen
- duurzaamheid/levensduur (*durability:* behoud van functionele eigenschappen over langere termijn)
- 'Duurzaam Bouwen' (*sustainability:* milieu-verantwoorde materiaalkeuze)
- milieuhygiënische eisen (onder andere Bouwstoffenbesluit)
- Arbo-eisen

Kosten
- aanleg
- onderhoud (groot/klein)
- beheer (onder andere onkruidbestrijding, gladheidsbestrijding, eventueel algenbestrijding)
- slopen (onder andere herbruikbaarheid)

Hierna worden de hoofdzaken van een aantal van de genoemde invloedsfactoren groepsgewijs samengevat.

3.1 Politieke keuzen, ruimtelijke ordening en verkeerskunde

Aanleg en beheer van verhardingen op fietsverbindingen worden vaak sterk beïnvloed door allerlei beleidskeuzen van de politiek en het bestuur:
- Ligt er prioriteit (budget) bij de verkeersinfrastructuur of bij cultuur, sport en dergelijke?
- Wil de betreffende overheid het fietsgebruik of het openbaar vervoer stimuleren of krijgt juist de bereikbaarheid met de auto veel aandacht?
- Wordt er gekozen voor verschillende prioriteiten en/of kwaliteitseisen tussen verhardingen voor voetgangers, fietsers, openbaar vervoer en autoverkeer?
- Worden er binnen het netwerk van fietsverbindingen nog verschillende prioriteiten en/of kwaliteitseisen gesteld en zo ja op welke wijze, bijvoorbeeld tussen 'hoofdroutes van het netwerk' en 'verblijfsgebieden'?
- Wordt er bij de planontwikkeling een afweging gemaakt van investeringskosten en beheerskosten wanneer alternatieve verhardingssoorten of -materialen met elkaar worden vergeleken?

Hier wordt volstaan met te wijzen op de grote invloed van deze politieke keuzen op de kwaliteit van fietsverbindingen en de keuze van verhardingen hiervoor.

3.2 Eisen en waardering van gebruikers

De gebruikerseisen aan de verharding draaien om drie begrippen: comfort, veiligheid en beschikbaarheid. Voor fietsers gaat het dan vooral om de vlakheid van het verhardingsoppervlak, zowel op het niveau van oneffenheden als op het niveau van textuur. Daarnaast worden voornamelijk eisen gesteld aan de stroefheid en de afwatering van het verhardingsoppervlak.

De vlakheid van de verharding is bepalend voor de horizontale en verticale trillingen die de fietser ondervindt, en daarmee voor het ondervonden fietscomfort. Ook is de vlakheid bepalend voor het energieverlies, dat de fietser met zijn eigen spierkracht weer moet aanvullen. Verder kan de vlakheid invloed hebben op de afwatering (plassen in kuilen en rijsporen). Elementenverhardingen vertonen doorgaans meer en grotere onvlakheid en oneffenheden dan gesloten verhardingen. Vooral de voegen tussen de elementen kunnen grote discontinuïteiten veroorzaken. Met de toename van de snelheid (lig- en racefietsen) en de afname van de wieldiameter (stepjes, skaters) worden de gebruikerseisen aan stroefheid en vlakheid strenger.

De textuur van het verhardingsmateriaal is niet alleen van belang voor het fietscomfort en energieverlies, maar ook voor de veiligheid van de fietser en het verkeer in het algemeen.

De textuur is namelijk sterk bepalend voor de stroefheid van de verharding, die het remvermogen van de fietser beïnvloedt evenals de kans op zijdelings wegschuiven in bochten. De macrotextuur biedt ruimte om (regen)water of vuil te bergen, zodat een goed contact tussen fietsband en wegdek gehandhaafd blijft. De microtextuur bepaalt de stroefheid van de individuele steenkorrels in het verhardingsmateriaal. Voor betonverhardingen verdient een fijne bezemstreek de voorkeur. Voor asfaltverhardingen verdienen de graderingen 0/6 of 0/8 (eventueel 0/11) voor de toplaag de voorkeur vanwege het hogere comfort.
(De graderingsaanduiding 0/6 betekent korrels van 0 tot 6 mm.)
'Gewone' bestratingsmaterialen, zoals gebakken klinkers, betonstraatstenen en betontegels, hebben over het algemeen een blijvend goede textuur en stroefheid. Van bestratingsmaterialen als natuursteen of geglazuurde tegels – die tegenwoordig nogal eens worden toegepast 'voor het mooi' – is de stroefheid niet altijd voldoende. Denk aan de glibberige natuurstenen kinderkopjes.
De textuur is ook van belang voor de gladheid van de verharding bij winterse omstandigheden en de mogelijkheid tot gladheidsbestrijding. Van de gangbare verhardingstypen is dan alleen bij zeer open asfaltbeton (ZOAB) een probleem te verwachten, bij ijzel, vanwege het wegzakken van het strooizout in de poriën.

3.3 Dimensionering van verhardingen

De wegbouwkundige dimensionering van een verharding bestaat uit de materiaalkeuze en het bepalen van de benodigde laagdikte van die materialen, opdat de verharding de voorkomende belastingen (verkeer, klimaat) gedurende de ontwerplevensduur zal kunnen weerstaan zonder overmatige schade. Bij de dimensionering van verhardingen voor fietsverkeer is de verkeersbelasting door fietsers zelden maatgevend. Om schade door overbelasting te voorkomen, moet rekening worden gehouden met oneigenlijk gebruik van de verharding door zwaar verkeer. Dit bestaat in elk geval uit het onderhoudsverkeer voor gladheidsbestrijding en onderhoud aan verharding, bermen, groenvoorzieningen en sloten. In voorkomende gevallen moet echter ook rekening worden gehouden met zwaar verkeer door hulpdiensten, verhuiswagens, vuilniswagens of sluipverkeer van (zware) vrachtwagens. In veel gevallen is het daarom aan te raden om een fundering toe te passen onder de verharding. Dit verkleint ook het risico op randschade, mits de fundering voldoende breed is uitgevoerd.
Vanzelfsprekend spelen de draagkracht en zettingsgevoeligheid van de ondergrond een grote rol bij de dimensionering van de verharding, waarbij de omstandigheden tijdens de uitvoering (bijvoorbeeld bouwverkeer over slappe grondslag) maatgevend kunnen zijn. Hoe minder draagkrachtig de ondergrond (dat wil zeggen hoe minder stijf), hoe hoger de benodigde draagkracht van de verhardingsconstructie en de onderbouw (zandbed en grondverbetering). Dit kan worden bereikt door dikkere lagen van relatief laagwaardige materialen, zoals zand en puingranulaat, of door dunnere lagen van hoogwaardige materialen als asfalt of beton. Zo is een fundering van 20 cm puingranulaat constructief ongeveer gelijk aan circa 3 tot 6 cm asfalt, afhankelijk van onder andere de draagkracht van zandbed en ondergrond.
Bij ondergronden met een zeer geringe draagkracht komt een tegelverharding (zelfs met fundering) alleen in aanmerking wanneer geen zware aslasten hoeven te worden gedragen. De dikte van een asfalt- of betonverharding kan traploos worden aangepast aan de draagkracht van de ondergrond.

3.4 Bomen

Bomen vormen een apart schaderisico bij de dimensionering. De bomen die in de praktijk de meeste wortelschade aan verhardingen geven, behoren tot de zogenaamde pioniersoorten, zoals populier, wilg, berk, robinia en grove den. Vanwege de vaak dunnere verharding op fietspaden zijn deze extra gevoelig voor boomwortelgroei. Het contactvlak tussen asfalt en ondergrond vormt een mogelijkheid voor doorworteling en de wortels worden aangetrokken door het vocht dat aan de onderzijde van de verharding condenseert. Als de wortels vervolgens dikker worden, wordt de verharding opgedrukt en ontstaan onvlakheid en scheuren.

De enige afdoende maatregel tegen boomwortelgroei lijkt het toepassen van een grof granulaire fundering direct onder de verharding, bij voorkeur met een drainerende werking (bijvoorbeeld een gradering 5/40). Ook wordt soms gewerkt met worteldoek of wortelschermen, (meest verticale) barrières die worteldoorgroei onder de verharding moeten voorkomen.
De ervaringen zijn wisselend. In elk geval moet een wortelbarrière aan de bovenzijde tot (iets boven) het maaiveld reiken (of tot in de verharding), omdat anders de wortels eroverheen groeien. Ook moet de barrière geen lekkages vertonen. Aan de onderzijde moet de barrière eigenlijk enige decimeters in het grondwater steken, omdat anders onderdoorgroei kan optreden. Onderdoorgroei kan echter zonder schade geschieden wanneer de barrière weliswaar niet tot het grondwater reikt, maar wel voldoende diep onder de verharding.
Ook voldoende afstand tussen boom en verharding (minstens 1,5 meter meer dan de verticale projectie van de boomkroon op de grond) en een keuze voor een minder schadelijk boomtype kan wortelschade verminderen of voorkomen.

Bomen kunnen ook schade veroorzaken aan verhardingen wanneer zij door vochtonttrekking aan de bodem zettingen veroorzaken. Dit treedt vooral op bij zwel- en krimpgevoelige kleigronden en in veengebieden. Aanpassingen aan de vochthuishouding of vervanging van de bomen door minder ‘agressieve’ typen kunnen hier oplossingen bieden.

Aan de andere kant kunnen verhardingen ook schade veroorzaken aan bomen. Dit geldt vooral voor gesloten verhardingen, die de toevoer van lucht en water naar de boomwortels ernstig kunnen belemmeren. Daarom wordt voor een verharding langs bomen vaak gekozen voor een verharding van elementen of van ZOAB. In dergelijke gevallen moet ook een eventuele fundering voldoende lucht- en waterdoorlatend zijn.

3.5 Kabels en leidingen

In het algemeen horen kabels (voor elektra en telecommunicatie) en leidingen (voor water, (aard)gas, warmte, riolering en distributie van andere (chemische) producten) zo min mogelijk onder fietspaden te liggen. Binnen de bebouwde kom prefereert de relevante norm een ligging onder het trottoir. Buiten de bebouwde kom wordt uitgegaan van ligging in de wegberm (zonder boom- of struikbeplanting). Speciale leidingstroken zouden soms wenselijk zijn, maar zijn meestal niet haalbaar.

Wanneer wel kabels en leidingen (K&L) onder een verharding aanwezig of gepland zijn, hebben de K&L-beheerders een sterke voorkeur voor een elementenverharding zonder wegfundering. Hiermee is de ondergrondse infrastructuur immers relatief makkelijk, snel en goedkoop bereikbaar. Gesloten verhardingen, funderingen of groenvoorzieningen geven een verhoging van de kosten bij het aanbrengen van of onderhoud aan de K&L. Ook vertragen zij reparatie bij storingen. Soms kunnen verhardingen en groenvoorzieningen ook het (veilig) functioneren van de leiding bedreigen.
Nu zijn dat in principe zorgen van de leidingbeheerder en niet van de wegbeheerder. Anderzijds is het herstel van de verharding na sleufwerkzaamheden een zorg van de wegbeheerder, evenals de ‘degeneratie’ van het wegdek als gevolg van die werkzaamheden. Beide beheerders dienen echter het algemeen belang, zodat optimalisatie gewenst is. Uiteindelijk moet de burger immers toch alle kosten betalen, hetzij via belastingen, hetzij via de (nuts)tarieven. Bij de optimalisatie dienen naast de kosten ook de belangen van de weggebruiker (onder andere het comfort voor fietsers) te worden afgewogen tegen de belangen van de gebruiker van de K&L-producten (leveringszekerheid, gevolgschade bij vertraagde reparaties) en de veiligheid in de omgeving van de K&L-tracés.

In het algemeen is het zo dat de grondeigenaar/wegbeheerder vrij is in de keuze van een verharding. Wanneer een K&L-beheerder zijn ondergrondse infrastructuur daar niet onder wil hebben liggen, kan hij meestal geen andere verharding afdwingen, maar hij kan wel besluiten om zijn K&L te verleggen. Of de bijbehorende kosten ten laste komen van de K&L-beheerder of de wegbeheerder, of dat ze volgens bepaalde sleutels verdeeld worden, hangt

af van de geldende afspraken en regelingen. Deze kunnen sterk verschillen, zowel tussen gemeenten als tussen K&L-beheerders. Hiermee is de vraag voor de wegbeheerder dus niet zozeer: Mag of kan ik een asfalt- of betonverharding boven K&L aanleggen?, maar meer: Hoeveel betaal ik aan omleggingskosten als ik zo'n gesloten verharding aanleg op een plek waar nu (nog) K&L liggen? Hierbij moet ook worden gekeken naar de beschikbaarheid van alternatieve tracés en de gevolgen daarvan voor bijvoorbeeld beplantingen.

De Telecommunicatiewet geeft een algemene gedoogplicht voor 'kabels en daarbij behorende voorzieningen' voor openbare telecommunicatienetwerken. Dat betekent onder andere dat de grondeigenaar geen precario mag heffen. Daartegenover staat de verplichting voor het telecombedrijf om zijn kabels zonder vergoeding te verplaatsen (alleen als de verplaatsing nodig is voor de oprichting van gebouwen of de uitvoering van werken door of vanwege de gedoogplichtige). Dit kan worden samengevat met: liggen om niet – omgaan om niet.

Uit oogpunt van veiligheid is het ongewenst om boven gasleidingen een gesloten verharding aan te brengen[5]. Hiervoor gelden landelijke voorschriften, naast diverse lokale afspraken. In overleg met de gasleidingbeheerder kunnen echter soms uitzonderingen worden gemaakt, bijvoorbeeld wanneer een gesloten verharding een beperkte breedte heeft (dus niet een hele straat van gevel tot gevel gasdicht afsluit). Ook worden wel verhardingen boven gasleidingen aangelegd in ZOAB met een open gegradeerde fundering.

Voor alle andere kabels en leidingen zijn er geen landelijk geldende regels[6]. Soms zijn er publiekrechtelijke regelingen geschapen door gemeenten of waterschappen zelf, of zijn er privaatrechtelijke afspraken tussen grondeigenaren en K&L-beheerders. Deze zijn dus in principe onderhandelbaar of beïnvloedbaar door de wegbeheerder! Ook kan het zijn dat er helemaal geen afspraken (achterhaalbaar) zijn. In dat geval zullen wegbeheerder en K&L-beheerder in overleg tot een oplossing moeten komen, waarbij het resultaat sterk kan afhangen van beider vaardigheden tot onderhandelen.

3.6 Kosten

Bij kostenvergelijkingen moeten eigenlijk de integrale levenscycluskosten worden beschouwd, dus niet alleen de investeringskosten voor de aanleg, maar ook de kosten voor klein en groot onderhoud, het jaarlijkse beheer (onder andere gladheids- en onkruidbestrijding) en de restwaarde of sloopkosten aan het eind van de geplande levensduur. In de praktijk gebeurt dit echter vaak niet, bijvoorbeeld omdat de aanleg door een andere 'dienst' wordt geregeld en uit een andere 'pot' wordt betaald dan het onderhoud en beheer.

Bij de afweging van de kosten van aanleg en onderhoud van de verschillende verhardingen voor fietspaden spelen de kosten van eventuele kantopsluitingen een grote rol. Wanneer bij elementenverhardingen een aparte kantopsluiting noodzakelijk is, worden zij daardoor duurder dan asfalt- of cementbetonverhardingen. Wanneer geen aparte kantopsluiting nodig is zijn elementenverhardingen concurrerend. Wanneer alleen de aanlegkosten worden beschouwd, is een asfaltverharding goedkoper dan een cementbetonverharding. Wanneer echter ook het onderhoud wordt beschouwd, wint het cementbeton door zijn lange onderhoudsarme levensduur (wanneer die tenminste ook wordt gerealiseerd).
Deze kostenvergelijkingen zijn wel afhankelijk van verkeersbelasting en ondergrond, omdat die bepalend zijn voor de laagdikten van de verschillende materialen.

[5] Bij eventuele gaslekkage belemmert een gesloten verharding de lekgasdetectie. Ook kan een gesloten verharding leiden tot gasophoping met bijbehorend explosiegevaar en tot vertraging en vonkrisico's wanneer openbreken noodzakelijk is.

[6] Voor een uitgebreid overzicht van de juridische positie van de wegbeheerder en de K&L-beheerder wordt uitdrukkelijk verwezen naar het uitgebreide KOAC•WMD-rapport (Noot 1).

Inzake onkruidbestrijding hebben gesloten verhardingen duidelijk de voorkeur (uitgezonderd ZOAB). Voor gladheidsbestrijding gelden geen duidelijke verschillen tussen de verhardingstypen (weer uitgezonderd ZOAB).
Bij het opbreken van een verharding kunnen elementen vaak grotendeels worden hergebruikt, met weinig extra kosten. Een elementenverharding kan dus een duidelijke restwaarde hebben. Een gesloten verharding kan worden verwerkt tot granulaat, dat als secondaire grondstof hoogwaardig kan worden hergebruikt. De restwaarde van de gesloten verharding voor de eigenaar is echter vrijwel nihil.

3.7 Afwegingstabel

De voorgaande paragrafen illustreren dat veel factoren van uiteenlopende aard van invloed zijn op de keuze van de juiste verhardingssoort, gegeven de randvoorwaarden en omstandigheden voor een specifieke situatie of locatie. Het gaat om factoren die in sterk verschillende eenheden worden uitgedrukt, zodat ze niet langs eenzelfde meetlat kunnen worden gelegd. Om enige ordening en samenhang aan te brengen, zijn de resultaten van de inventarisatie van invloedsfactoren in tabelvorm gebundeld door per factor, per afwegingsaspect, relatieve beoordelingen (++, +, 0, -, --) aan de onderscheiden verhardingssoorten[7] toe te kennen. Zie *Tabel 4*. Wanneer aan de afwegingsaspecten weegfactoren worden toegekend kan *Tabel 4* worden gebruikt als basis voor een verhardingskeuze. De weegfactoren zijn hier niet ingevuld omdat het vaststellen ervan een beleidsmatige, soms zelfs politieke keuze is. De KOAC•WMD-studie beperkt zich tot feitelijke gegevens.

Tabel 4. Overzicht relatieve scores verschillende verhardingssoorten per afwegingsaspect

	wf	geen fundering				ongebonden fund.				gebonden fund.			
		AS	CB	BT	SS	AS	CB	BT	SS	AS	CB	BT	SS
Draagkracht [1]		+	+	--	-	++	++	-	0	++	++	-	0/+
Rijcomfort		+	+	-	-	++	+	-	-	++ [4]	+	-	-
Toegankelijkheid kabels&leidingen [1]		-	-	++	++	-	-	+	+	--	--	-	-
Esthetica na herstel		0	--	+	+	0	--	+	+	0	--	+	+
Kans op schade door boomwortels [2]		--	-	--	--	++	++	0	0	++	++	0	0
Kans op schade door overbelasting [1,2]		0	--	--	-	++	+	-	-	++	+	-	-
Kans op schade vanuit fundering [1,2]						0	0	0	0	+	+	+	+
Kans op gevolgschade [1,2]		0	-	--	--	+	0	-	-	+	0	-	-
Kans op onkruidgroei [2]		+ [3]	+	--	--	++ [3]	++	-	-	++ [3]	++	-	-
Gemak en snelheid klein onderhoud (plaatselijke reparaties in hetzelfde materiaal)		-	--	+	+	--	--	0	0	--	--	0	0
Gemak en snelheid groot onderhoud		++	0	0	0	+	-	-	-	0	--	--	--
Kosten aanleg [1,5,6]		+	-	0	0	0	--	-	-	0	--	-	-
Kosten beheer en onderhoud		+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-
Sloopkosten minus restwaarde materialen		+	+	++	++	-	-	0	0	--	--	-	-
gladheidsbestrijding		alleen ZOAB minder gunstig											
aanzien van de verharding		sterk afhankelijk van lokale inpassing en voorkeuren											

wf = weegfactor
AS = asfalt (met en zonder oppervlakbehandeling), CB = cementbeton, BT = betontegels, SS = straatstenen (beton, gebakken of natuursteen)
[1] afhankelijk van toegepaste laagdikte
[2] ++ = gunstigst, dus weinig kans op schade
[3] met uitzondering van ZOAB
[4] indien de schaderisico's inzake spatten en 'bloemkolen' adequaat zijn afgedekt
[5] sterk afhankelijk van de noodzaak tot toepassing van een kantopsluiting
[6] ++ = gunstigst, dus goedkoopst

[7] In Tabel 4 wordt onderscheid gemaakt naar gebonden en ongebonden funderingen. Ongebonden funderingsmateriaal bestaat uit losse korrels, zonder binding (bijvoorbeeld metselwerkgranulaat of gebroken natuursteen). Gebonden materialen vertonen een grote samenhang, meestal door toevoeging van enige procenten cement, bitumen o.i.d.

Het blijkt dat veel aspecten zich moeilijk laten vangen in een indeling naar fundering en verhardingssoort. Zo is infiltratie van regenwater of gasdichtheid niet simpelweg afhankelijk van het al dan niet toepassen van asfalt, maar moet onderscheid worden gemaakt tussen ZOAB en dicht asfalt, zoals ook onderscheid moet worden gemaakt tussen gewone of speciale waterdoorlatende straatstenen. Dit geldt eveneens voor gladheidsbestrijding. Aspecten als speciale kleuren zijn evenmin afhankelijk van de indeling asfalt-cementbeton-betontegels-straatstenen (AS-CB-BT-SS). Verder zijn veel aspecten sterk afhankelijk van de dikte van de verhardingslagen. Tenslotte is de score voor bepaalde aspecten afhankelijk van allerlei randvoorwaarden (zoals esthetische inpassing in de bestaande situatie, draagkracht en zettingsgevoeligheid van de ondergrond, feitelijk (ook oneigenlijk) gebruik, voldoen aan plaatselijke politieke prioriteiten en dergelijke).
De hier gegeven scores zijn weliswaar gebaseerd op de informatie in het KOAC•WMD-rapport, maar de vertaling naar ++, +, 0, - en -- is betrekkelijk subjectief en gebaseerd op het 'gevoel' van slechts enkele personen (namelijk de auteur en de begeleidingsgroep).

Tabel 4 betreft dan ook zeker geen absolute waarheid en dient met grote voorzichtigheid te worden gehanteerd. De tabel dient niet klakkeloos te worden toegepast als vervanging voor eigen overwegingen. Immers: geen goede verharding zonder goed nadenken!

3.8 Tot slot

KOAC•WMD constateert geen hiaten in de feitelijke kennis op de onderzochte gebieden, met wellicht een uitzondering waar het gaat over de onzekere effectiviteit van worteldoek en wortelschermen. Wel blijkt dat de noodzakelijke kennis niet altijd in handzame vorm beschikbaar is voor de betrokkenen. Een andere constatering is dat er op het gebied van kabels en leidingen veel (plaatselijk) verschillende regelingen bestaan, hetgeen het overzicht en de parate kennis niet bevordert.

Waar het gaat om mogelijke vervolgacties op de KOAC•WMD-studie verdient het aanbeveling op basis van de nu verzamelde informatie een 'beslissingshulpmiddel' (een beslisboom of computerprogramma) op te stellen. Dat kan worden gebruikt bij de verhardingskeuze voor fietsverbindingen, rekening houdend met de plaatselijke randvoorwaarden per project, inclusief de lokale politieke afweging van prioriteiten.

Andere vervolgactiviteiten betreffen onderzoek. Als eerste komt dan naar voren praktijkonderzoek naar de mogelijkheden om op fietsverbindingen vaker dan nu een comfortabele gesloten verharding toe te passen. Hier lijkt een goede combinatie mogelijk tussen 'Duurzaam Veilig' en duurzame mobiliteit voor korte ritten. Ander wenselijk vervolgonderzoek betreft de invloed van trillingsbelasting op de mate van vermoeiing, de fysieke gesteldheid en de gezondheid van fietsers. Zulk onderzoek in de sfeer van de technische menskunde valt buiten het werkterrein van het Fietsberaad.

Colofon

Uitgave:
Fietsberaad, november 2002
Publicatie nummer 2

Onderzoek:
KOAC•WMD, Instituut voor materiaal- en wegenbouwkundig onderzoek, Apeldoorn
dr.ir. J. Groenendijk

Begeleiding onderzoek:
ir. J. Knol, CROW
dr. Th. Zeegers, Fietsersbond

Vormgeving:
Klats publiciteit

Druk:
JB&A Grafische communicatie

Dit rapport is bij het Fietsberaad te bestellen o.v.v. 'Publicatie nummer 2':
per post: Postbus 37
6710 BA Ede
per e-mail: welleman@fietsberaad.nl
per telefoon: (015) 256 12 16,
b.g.g. (0318) 695 366

Eveneens te bestellen: Publicatie nummer 1:
De invloed van het collegeprogramma op het fietsbeleid.

JB/02.454/2.000