

OPPERVLAKKENMERKEN VAN HEDENDAAGSE BETONVERHARDINGEN

IR. MARGO BRIESSINCK
AWV – Afdeling Wegenbouwkunde

IR. LUC RENS
Febelcem

Samenvatting

De kwaliteit en de oppervlakafwerking van een wegverharding spelen een steeds belangrijker rol in de beoordeling door de weggebruikers, die vooral veilige en comfortabele wegen wensen. De mensen willen bovendien zo min mogelijk gestoord worden door aanleg-, renovatie- en onderhoudswerken en de maatschappij vraagt dat het ontwerp, de aanleg en het gebruik van de wegen gebeuren volgens een duurzame benadering.

Vandaag zijn betonwegen in staat om te voldoen aan de behoeften en wensen van de weggebruikers, de aanwonenden en de wegbeheerders, dit dankzij een aantal specifieke eigenschappen van beton en vooral ingevolge een aantal technologische ontwikkelingen.

Deze bijdrage geeft een overzicht van de functionele eisen van het wegoppervlak zoals comfort (vlakheid, zichtbaarheid,...), veiligheid (stroefheid, aquaplaning,...) en geluid; vervolgens een opsomming van de verschillende technieken van oppervlakafwerking bij aanleg en bij restauratie en de relatie van deze texturen met de functionele eisen.

Tot slot worden een aantal voorbeelden en case-studies toegelicht.

Résumé

Les caractéristiques de texture de surface d'une chaussée sont très importantes, principalement pour les usagers qui souhaitent circuler sur des routes sûres et confortables. De plus, les utilisateurs désirent être gênés le moins possible par des travaux de construction, de réhabilitation et d'entretien et enfin, la société demande que la conception, la construction et l'utilisation des routes relèvent d'une approche durable.

Aujourd'hui, les revêtements en béton sont à même de rencontrer les besoins et les objectifs des usagers, des riverains et des gestionnaires de voirie, grâce à un nombre de caractéristiques spécifiques du béton et surtout à un nombre de développements technologiques.

Cette communication donne un aperçu des exigences fonctionnelles de la surface des chaussées tel que le confort (planéité, visibilité,...), la sécurité (adhérence, aquaplaning,...) et le bruit; ensuite une énumération des différentes techniques de traitement de surface en cas de construction neuve ou de restauration de la texture de surface ainsi que la relation entre ces textures et les exigences fonctionnelles.

Enfin, certains exemples de chantier sont présentés.

1. Inleiding

Er wordt alsmaar meer belang gehecht aan de kwaliteit van het wegoppervlak, vooral dan door de weggebruikers die op veilige en comfortabele wegen wensen te rijden. Bovendien willen de mensen niet te veel gehinderd worden door wegwerkzaamheden bij de aanleg, herstelling of onderhoud en daarenboven vraagt de maatschappij een duurzame aanpak in het ontwerp, de bouw en het gebruik van de weg.

Betonverhardingen hebben vaak te lijden onder een slecht imago door het feit dat ze vaak heel erg oud zijn en destijds ontworpen werden volgens andere criteria dan vandaag en aangelegd werden met verouderde technieken en machines. Veiligheid is altijd een vooropgestelde voorwaarde geweest maar geluid en rijcomfort waren daarentegen geen beslissingsfactoren veertig jaar geleden. Aangepaste ontwerpen, nieuwe aanlegtechnieken, oppervlakafwerkingen en moderne machines maken het vandaag echter perfect mogelijk om kwaliteitsvolle betonoppervlakken te bekomen die wel degelijk voldoen aan de behoeften en doelstellingen van weggebruikers, bewoners en wegbeheerders.

2. Betonwegen en eisen gesteld aan het oppervlak

De beslissende parameters met betrekking tot betonwegen zullen verder besproken worden voor de belangrijkste criteria voor hedendaagse wegoppervlakken.

2.1. Rijcomfort

De effenheid van het oppervlak, gekenmerkt door de langsvlakheid en de megatextuur, maar ook door de spoorvorming en macrottextuur, heeft een significante impact op het rijcomfort. In de beginperiode van de betonwegenbouw werden ongewapende betonverhardingen aangelegd, bestaande uit lange platen (10 tot 15 m), gescheiden door brede (25 tot 50 mm) uitzetvoegen. Die wegen werden door het gebruik erg oncomfortabel omwille van de brede voegen en de trapvorming ter hoogte van die voegen, ten gevolge van de ongebonden samendrukbare of erosiegevoelige funderingen. Een aangepast ontwerp, al sinds de jaren 1970, pakte die problemen aan met de volgende maatregelen :

- kortere platen (maximum 5 m lengte) maken de verhardingen minder gevoelig voor scheurvorming;
- smalle afgeschuinde en gevulde krimpvoegen beperken de hinder van de voegen tot een minimum;
- deuvelds in de dwarsvoegen en cementgebonden funderingen voorzien een zeer goede lastoverdracht en laten geen niveauverschillen aan de voegen meer toe.

Voor autosnelwegen en primaire wegen wordt vaak gekozen voor de techniek van doorgaand gewapend beton, die gekenmerkt wordt door de afwezigheid van dwarsvoegen. De krimp van het beton wordt gecontroleerd door een patroon van fijne microscheuren dat geen invloed heeft op de vlakheid of het rijcomfort.

Vlakke betonwegen kunnen vandaag gerealiseerd worden dankzij :

- geoptimaliseerde betonsamenstellingen met constante verwerkbaarheid, geproduceerd in moderne computergestuurde betoncentrales die vaak op de werf geïnstalleerd worden;
- nieuwe generaties van glijbekistingsmachines met automatische controlesystemen van de trilnaalden;
- degelijk geïnstalleerde geleidedraden voor de sturing van de machine of zelfs draadloze systemen door middel van totaalstations;
- het gebruik van een langse afstrijkbalk achter de afwerkmachine (supersmoother);
- nieuwe types van vlakheidsmetingen onmiddellijk achter de betonneermachine waardoor een bijsturing van het bouwproces mogelijk is.

Met uitzondering van landen waar spijkerbanden worden toegelaten, zijn betonoppervlakken totaal ongevoelig voor spoorvorming. Belangrijk voor betonwegen is dat de langse en dwarse vlakheid die bekomen wordt na aanleg ook onveranderd zal blijven gedurende tal van jaren. Oppervlakschade ten gevolge van afschilfering wordt tegengegaan door het gebruik van luchtbelvormers in het beton. Rafeling is al evenmin een probleem voor de normale betonoppervlakken.

2.2. Veiligheid

Veiligheid is altijd al het belangrijkste aspect geweest voor wegooppervlakken. De beschouwingen inzake rijcomfort in §2.1 zijn evenzeer relevant voor de veiligheid. Stroefheid, aquaplaning en de zichtbaarheid voor de bestuurder zijn echter belangrijkere aspecten. Zowel bij nat als bij droog weer kunnen ongevallen voorkomen worden door een goede oppervlakttextuur met voldoende stroefheid.

In landen met een lange traditie van betonwegen is er doorgaans geen probleem met stroefheid. In België werden in de jaren 1970-1980 de autosnelwegen hoofdzakelijk afgewerkt met een dwars gegroefd oppervlak omwille van de uitstekende eigenschappen op vlak van stroefheid en zijdelingse waterafvoer. Die oppervlakken hebben vandaag nog altijd een goede stroefheid maar maken dan weer veel lawaai.

Andere types oppervlakttextuur zijn het dwars bezemen of het slepen van een jutedoek. Die hebben in het begin ook een goede stroefheid maar een afname in de loop van de tijd wordt wel waargenomen, zeker voor de afwerking met jutedoek, een techniek die vooral in Duitsland werd toegepast. Oppervlakken in uitgewassen beton blijken het beste compromis in te houden daar er voor deze oppervlakbehandeling geen significante vermindering van stroefheid wordt waargenomen na verloop van jaren.

Wat ook het type van oppervlakafwerking is, de duurzaamheid van de stroefheid vereist het gebruik van de juiste granulaten aan de bovenzijde van de verharding. Zij moeten voldoen aan vereisten van polijstbaarheid, abrasie, hardheid, vorstgevoeligheid,...

Een voordeel van betonverhardingen is dat onmiddellijk na aanleg de vereiste stroefheid al aanwezig is en ook dat er geen fijne steentjes loskomen.

De textuur van de verharding in combinatie met het dwarsprofiel heeft grote invloed op het mogelijk gevaar voor aquaplaning waarbij de banden volledig het contact met het wegoppervlak verliezen. Aangezien een betonoppervlak vrij is van spoorvorming, is het gevaar hiervoor onbestaande, zolang het dwarsprofiel met de correcte verkanting uitgevoerd werd.

Een andere oorzaak van ongevallen bij regenweer is de verminderde zichtbaarheid door opspattend en verneveld water achter de voertuigen. Niet-poreuze betonoppervlakken kunnen zeker de concurrentie niet aan met poreus asfalt, met een poreuze toplaag in beton of zeker niet met het tweelaags poreus asfalt. Niettemin zullen dwars gegroefde of uitgewassen oppervlakken met voldoende textuurdiepte het spatwater aanzienlijk beperken. De helderheid van betonoppervlakken draagt tenslotte ook bij tot de nachtzichtbaarheid van voertuigbestuurders.

2.3. Geluid

Verkeersgeluid zou kunnen beschouwd worden als onderdeel van het rijcomfort, besproken in §2.1, maar is hoofdzakelijk een bekommernis van de omwonenden, dit wereldwijd en vooral in stedelijke omgevingen waar de bevolkingsdichtheid hoog is in de omgeving van grote verkeersaders. De beperking van rolgeluid aan de bron, t.t.z. aan het wegoppervlak, is in diverse studies als de meest kostenefficiënte oplossing uit de bus gekomen. Tal van geluidsbeperkende slijtlagen werden ontwikkeld in de voorbije jaren en er vinden nog steeds onderzoeken en proefnemingen plaats.

Het is juist dat met klassieke betonverhardingen niet dezelfde reducties kunnen bekomen worden als met poreuze oppervlakken en met dunne bitumineuze deklagen. Nochtans biedt de techniek van het fijn uitgewassen beton een zeer goede alternatief voor een geluidsarm en stroef wegdek. De rolgeluidsniveaus zijn vergelijkbaar met splitmastiekasfalt en die geluidsniveaus zijn er niet alleen bij aanleg maar blijven behouden over de levensduur van de verharding. Andere efficiënte technieken zijn het fijngroeven in langse richting en het diamantslijpen.

Welk type van geluidsreducerend oppervlak ook gekozen wordt, het is stellig aanbevolen om geen toegevingen te doen op het vlak van veiligheid.

2.4. Andere criteria

Met de toegenomen aandacht voor de milieuaspecten of, in een meer algemene benadering, voor duurzaam bouwen, hebben andere aspecten van het wegoppervlak aan belang gewonnen.

Omdat het verkeer over de levensduur van een weg de meest milieubelastende factor is – tot tienmaal meer dan de aanleg en het onderhoud van de weg zelf - werden al verschillende onderzoeken verricht naar de invloed van het type en de kwaliteit van het wegdek op de rolweerstand en bijgevolg op het brandstofverbruik. Enkele studies wezen hier op een licht voordeel voor stijve, onvervormbare verhardingen maar de invloed van de vlakheid blijkt

doorgaans doorslaggevend te zijn. Met goede vlakke betonwegen kan alzo de uitstoot van CO₂ en andere schadelijke emissies geminimaliseerd worden.

Heldere betonnen oppervlakken hebben een betere lichtreflectie dan zwart asfalt en kunnen zo een besparing opleveren in de kosten voor verlichting van de snelwegen. De lagere warmteabsorptie zorgt ook voor een verminderd effect van stedelijke opwarming.

In sommige gevallen, meestal in bebouwde omgeving, wordt de oppervlakafwerking gekozen om esthetische redenen. Het gekleurd uitgewassen beton is een vaak gebruikte techniek voor de herinrichting van publieke ruimten. Vooral in Frankrijk is dit wijd verspreid maar ook in België zijn er tal van recente toepassingen.

3. Korte beschrijving en evaluatie van oppervlaktexturen voor beton

3.1. Dwars borstelen/bezemen

Wordt bekomen door hetzij een handmatige borstel of bezemstreek, hetzij een mechanische installatie op of achter de glijbekistingsmachine die de stijve bezemharen met lichte druk over het oppervlak laat glijden in dwarse richting.

Hoewel deze afwerking niet als geluidsreducerend kan beschouwd worden, blijft het wereldwijd de meest toegepaste textuur op betonwegen, vooral voor het secundaire wegennetwerk en in sommige landen nog op autosnelwegen. Dit is verklaarbaar omdat het een simpele en goedkope techniek betreft die een goed compromis biedt voor verkeersgeluid, stroefheid en zeker aanvaardbaar is voor plaatsen waar de snelheid beperkt is.



Figuur 1 : Dwars gebezemde textuur

3.2. Dwars groeven

Wordt bekomen via een mechanische uitrusting met een metalen kam die dwars of schuin over de breedte van de verharding wordt getrokken.

Dit type van textuur werd massaal toegepast sinds de jaren 1960 omwille van de uitstekende stroefheidseigenschappen in combinatie met een goede zijdelingse waterafvoer langsheen de fijne dwarse afvoerkanaaltjes. Afhankelijk van de kwaliteit van de betonsamenstelling (in het bijzonder de fijne en grove granulaten) en van de tussenafstand en diepte van de groeven kunnen deze oppervlakken erg duurzaam zijn en hun goede kenmerken van wrijving en drainage behouden gedurende 30 jaar en langer. Helaas is dit een van de meest lawaaiërigere vormen van textuur, die soms gekenmerkt wordt door een geluid als een sirene.

De erg storende hoge toonpieken kunnen echter vermeden worden door een willekeurig afstandspatroon tussen de groeven en door een beperking van de breedte en diepte ervan. In de Verenigde Staten is het nog steeds de meest toegepaste textuur op betonwegen. Ook daar is er echter een toenemende bezorgdheid inzake verkeerslawaaï en de wegbeheerders kiezen daarom voor een gewijzigde vorm van het groeven met de bedoeling het geheel der kenmerken te optimaliseren (zie technieken in § 4).



Figuur 2 Dwars gegroefde textuur

3.3. Langs groeven

Gelijkaardig aan het dwars groeven behalve dat de metalen kam nu evenwijdig met de as van de weg wordt verplaatst. Deze techniek wordt in de U.S. als de globaal best presterende oppervlakafwerking beschouwd met de laagst gemeten geluidsniveaus (vergelijkbaar met splitmastiekasfalt) en met betere stroefheidseigenschappen dan de verschillende types asfaltverharding. Een goed ontwerp voor een duurzame betonsamenstelling is vereist en de resultaten hangen alweer af van het groefpatroon dat zorgvuldig dient bepaald te worden.

3.4. Gesleepte juten doek

Gerealiseerd door een natte juten doek over het vers beton van de verharding te slepen vanop een afzonderlijke loopbrug achter de glijbekistingsmachine.

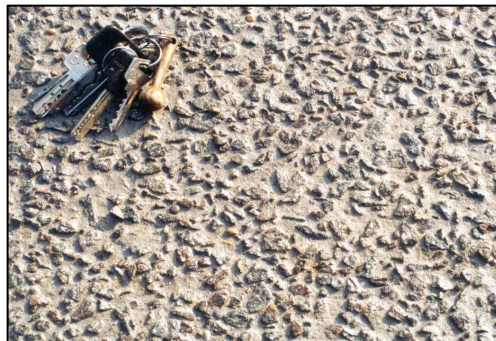
Er wordt een vrij ondiepe langstextuur gevormd die relatief geluidsarm is maar die niet altijd de nodige stroefheid biedt bij nat weer en hoge rijsnelheden. Bovendien heeft de stroefheid de neiging om te verminderen in de tijd door de verkeersbelasting. Deze techniek werd gedurende vele jaren toegepast op Duitse autosnelwegen.

3.5. Chemisch uitwassen

Gerealiseerd door een oppervlakbindingsvertrager toe te passen op de betonverharding onmiddellijk na het storten van het beton, gevolgd 24 uur later door het wegwassen en/of – borstelen van de cementmelk aan het oppervlak om duurzame granulaten bloot te leggen. Toen deze techniek in de jaren 1970 geïntroduceerd werd, bevatten de betonsamenstelling stenen tot 40 mm groot. Met deze grote stenen aan het oppervlak werd een ruw uitgewassen beton bekomen met een zeer goede stroefheid en waterafvoer. Hoewel het storende “sirene”-geluid hier niet aanwezig was, bleken deze oppervlakken toch ook erg lawaaierig te zijn. Verdere ontwikkelingen hebben geleid tot meer aangepaste

betonsamenstellingen met een maximum korrelgrootte van 20 mm en een hoog aandeel aan fijne steentjes (4 tot 10 mm). Een krachtige verdichting van het beton met de glijbekistingsmachine maakt dat de dikkere stenen naar beneden zakken in de verharding en dat de fijne steentjes bovenaan zichtbaar blijven. De gewenste textuur is een homogeen maar onregelmatig verdelingspatroon van fijne en polijstbestendige stenen, wat een goede macrottextuur is voor een geluidsarm oppervlak. Deze techniek is vooral populair in Europa (Oostenrijk, België, Frankrijk, Duitsland, Nederland,...).

Met de oplossing van het tweelaags beton is het mogelijk om de betonsamenstelling van de toplaag te optimaliseren met het oog op het best mogelijke compromis inzake oppervlakkenmerken terwijl in de onderlaag minder duurzame en zelfs gerecycleerde granulaten kunnen gebruikt worden in de betonsamenstelling. Deze combinatie leidt tot een geoptimaliseerd ontwerp op het vlak van duurzame betonwegenbouw.



Figuur 3 Fijn uitgewassen betonoppervlak

3.6. Fijn slijpen met diamantschijven

Verwezenlijkt door middel van diamanten zaagbladen, gemonteerd op een roterende as, die zeer fijne, dicht bij elkaar gelegen groefjes in het harde beton creëren. Het is een bijzonder efficiënte techniek ter verbetering van het wegprofiel en de rijkwaliteit, voor de herstelling van de stroefheid en de reductie van het rolgeluid van bestaande betonverhardingen.

Geluidsverminderingen van 2 tot 6 dB(A) zijn mogelijk. Bovendien elimineert het de eventuele sirenetonen in het geluidsspectrum. Het nadeel van deze techniek, die meestal wordt toegepast voor de restauratie van bestaande oncomfortabele of lawaaierige oppervlakken, is de kostprijs, vooral wanneer, zoals het zou moeten, harde stenen gebruikt werden in het betonmengsel.

3.7. Groeven met diamantschijven

Produceert een textuur gelijkaardig aan het groeven in het vers beton maar wordt gerealiseerd door de groeven in het verharde beton te snijden door middel van diamanten zaagbladen. Dit kan doeltreffend zijn voor de verbetering van stroefheid bij nat weer maar heeft weinig positieve invloed op de geluidsproductie door het contact band en verharding. Het wordt soms toegepast op vliegvelden, op bruggen of op plaatsen op autosnelwegen waar ongevallen zich voordoen omwille van het slipgevaar.

3.8. Staalstralen

Hogedrukstralen met kleine abrasieve materialen (staalkorrels) verwijdert enkele mm (0 tot 6) van de mortel en stenen aan het oppervlak. Deze techniek wordt soms toegepast om lokaal de wrijving te verbeteren of voor de verbetering van mislukte realisaties in uitgewassen beton (met te weinig textuurdiepte).

3.9. Poreus beton

Poreus beton wordt ontworpen met de bedoeling een hoog gehalte aan holle ruimten te bekomen en een goede waterdoorlatendheid doorheen het material. Net zoals bij poreuze asfaltoppervlakken wordt de ontwikkeling en de voortplanting van het band-weggeluid verminderd, hoofdzakelijk door de absorptie ervan. De poriën geraken echter ook verstopt en de drainage- en geluidsreducerende eigenschappen verminderen in de tijd. Er werden slechts enkele toplagen in poreus beton gerealiseerd maar er vinden nog steeds onderzoek en proefnemingen plaats in de U.S. en Australië.

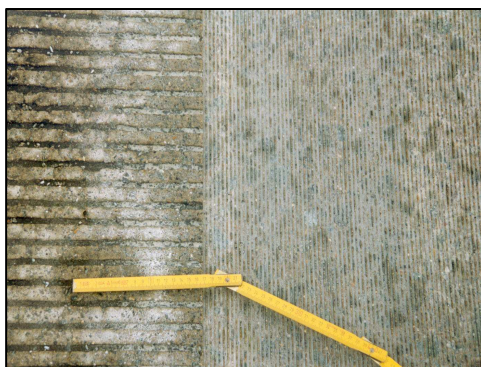
3.10. Gefigureerd beton

Wordt bekomen door een kleurverharder te strooien op het verse beton en met een mal het gewenste patroon (straatstenen, kasseien, houtnerven, leisteen,...) erin te drukken. Over het algemeen worden deze types van oppervlakafwerking gekozen voor esthetische redenen, vooral in publieke ruimtes, op wandelwegen en soms voor betonnen bus- en trambanen, meestal echter beperkt tot plaatsen waar traag gereden wordt. Het is duidelijk dat deze afwerking meer rolgeluid produceert dan ander. De stroefheid wordt bekomen door harde zandkorrels te binden met een hars op basis van acryl of polyurethaan.

4. Herstellingstechnieken

Bestaande betonoppervlakken kunnen hersteld worden met een textuurwijziging door middel van diamantslijpen, frezen of stralen. Niet alleen de megatextuur en de effenheid (onvlakheden, onregelmatigheden, trapvorming aan voegen) kunnen verbeterd worden maar er kunnen ook aanzienlijke geluidsreducties en/of verbeterde stroefheidskenmerken bekomen worden met deze praktijken.

Tenslotte is er de renovatie door de bestaande te verharding te overlagen, wat zowel voor structurele redenen als ter verbetering van het oppervlak kan gebeuren. Overlagingen met een betonverharding worden gewoonlijk gekozen om de bestaande structuur te versterken terwijl de dunne bitumineuze overlagingen doorgaans als doel hebben de voorwaarden van comfort en geluid te verbeteren.



Figuur 4 Dwars gegroefde naast diamant geslepen textuur

5. Case-studies en voorbeelden

De in deze paragraaf voorgestelde resultaten hebben vooral tot doel een aantal ontwikkelingen en trends voor te stellen. De metingen gebeurden vaak met verschillende apparaten; voor de stroefheid bijvoorbeeld worden waarden geciteerd van de Belgische SCRIM en de Duitse SCRIM welke voor bepaalde werkingskarakteristieken van elkaar afwijken. Ook worden er verschillende methodes toegepast : voor de geluidsmetingen is er enerzijds de Statistical Pass-By (SPB) methode die het totale verkeersgeluid meet en anderzijds de Close Proximity (CPX) methode die het rolgeluid meet in de omgeving van het contact band-wegdek. Sommige metingen gebeurden met een Amerikaanse methode, de On-Board Sound Intensity (OBSI) methode, gelijkaardig aan de CPX. Het is daarom duidelijk dat de absolute waarden van deze resultaten onderling weinig met elkaar te maken hebben en dat vergelijkingen slechts mogelijk zijn binnen een bepaalde meetcampagne met dezelfde meetmethode, meetuitrusting en omgevingsvoorwaarden.

5.1. Stroefheid – dwars gegroefd oppervlak

De A3, de E40-autosnelweg tussen Brussel en Luik (vroeger de E5 genoemd), is aangelegd in 1971 en was een van de eerste grootschalige toepassingen van doorgaand gewapend beton in België. Het oppervlak werd dwars gegroefd. Een groot gedeelte van de autosnelweg is recent overlaagd met een dunne bitumineuze slijtlaag voor geluidsredenen. Op de niet overlaagde gedeelten voldoet de stroefheid nog altijd aan de eisen die in ons land gelden voor nieuwe snelwegen (Dwarse wrijvingscoëfficiënt > 0,48).

Tabel 1 Stroefheid (Gemiddelde dwarse wrijvingscoëfficiënt, gemeten met de SCRIM) op een dwars gegroefd betonnen oppervlak

	2004 (32 jaar in dienst)	Apr 2008 (36 jaar in dienst)
E40 Brussel – Liège km. 30 – km 34	62,1	57,9
E40 Liège – Brussel km. 30 – km 34	63,1	58,6

5.2. Stroefheid – fijn uitgewassen oppervlak – eenlaags

Sinds half de jaren 1990 zijn heel wat autosnelwegen en gewestwegen aangelegd met een fijn uitgewassen oppervlak. "Fijn" betekent dat de maximum korrelgrootte beperkt is tot 20 mm en dat de fijnere steentjes (2 tot 6 of 8 mm) ten minste 20 % uitmaken van alle granulaten (zand + steenslag). Hoewel er een afname van de initiële waarden en een variatie in de resultaten wordt vastgesteld, zijn er toch goede prestaties in de tijd voor de wrijvingscoëfficiënten op een nat wegdek. Vier voorbeelden worden gegeven in tabellen 2.a. tot 2.d.

Tabel 2.a. Stroefheid (Gemiddelde dwarse wrijvingscoëfficiënt gemeten met de SCRIM) op fijn uitgewassen beton

	2004 (3 jaar in dienst)	Apr 2008 (7 jaar in dienst)
A12 Brussel – Antwerpen km. 4,7 – km 6,5	58,9	51,1
A12 Antwerpen – Brussel km. 4,7 – km 6,5	61,8	51,3

Tabel 2.b. Stroefheid (Gemiddelde dwarse wrijvingscoëfficiënt gemeten met de SCRIM) op fijn uitgewassen beton

	1999 (1e metingen)	2000	2002	2005
N25 Wavre-Nivelles km. 33,1 – km 36,6	60,9	56,7	47,9	52,6

Tabel 2.c. Stroefheid (Gemiddelde dwarse wrijvingscoëfficiënt gemeten met de SCRIM) op fijn uitgewassen beton

	2000 (1e metingen)	2001	2002	2004
E429-A8 Tournai- Brussel km. 25,0 – km 30,0	54,8	51,7	54,7	54,2

Tabel 2.d. Stroefheid (Gemiddelde dwarse wrijvingscoëfficiënt gemeten met de SCRIM) op fijn uitgewassen beton

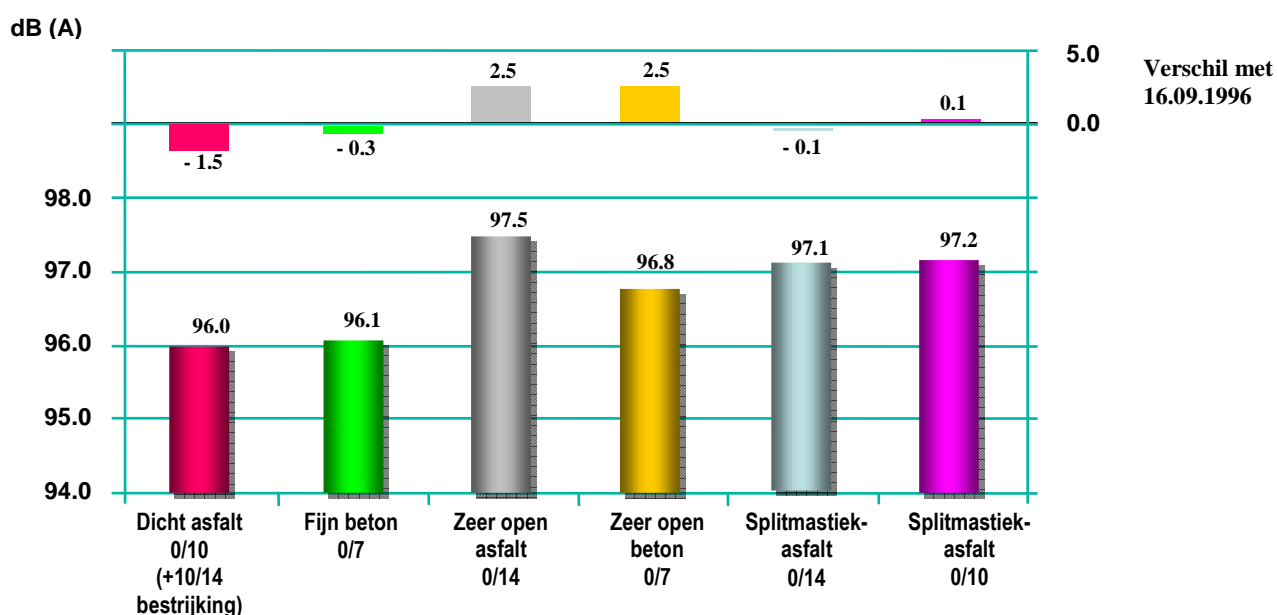
	1997 (indienst- stelling)	1998	1999	2000	2001	2002	2004
R3 Ring Charleroi km. 27,0 – km 24,0	56,1	56,5	57,8	59,4	54,9	52,7	57,7

5.3. Stroefheid en rolgeluid – fijn uitgewassen oppervlak – tweelaags

De techniek van het tweelaags beton bestaat erin de betonverharding op te splitsen in een onderlaag van ongeveer 80% van de ontwerpdikte en een toplaag van ca. 20 % van de dikte. De dünnere toplaag maakt het financieel gerechtvaardigd om fijne en harde, maar ook duurdere steentjes te gebruiken. Als resultaat kan een kwalitatief hoogstaande deklaag bekomen worden met excellente eigenschappen op vlak van veiligheid en rijcomfort. Aangezien de onderlaag niet aan het oppervlak komt, hoeft men voor die samenstelling ook geen rekening te houden met de eisen van polijstbaarheid en kunnen minder nobele en goedkopere granulaten aangewend worden. Dit laat ook het gebruik van gerecycleerde granulaten toe, tenminste in zover dat ook aan andere eisen voldaan blijft (zoals de verwerkbaarheid van het verse beton en de sterkte en duurzaamheid van het verharde beton).

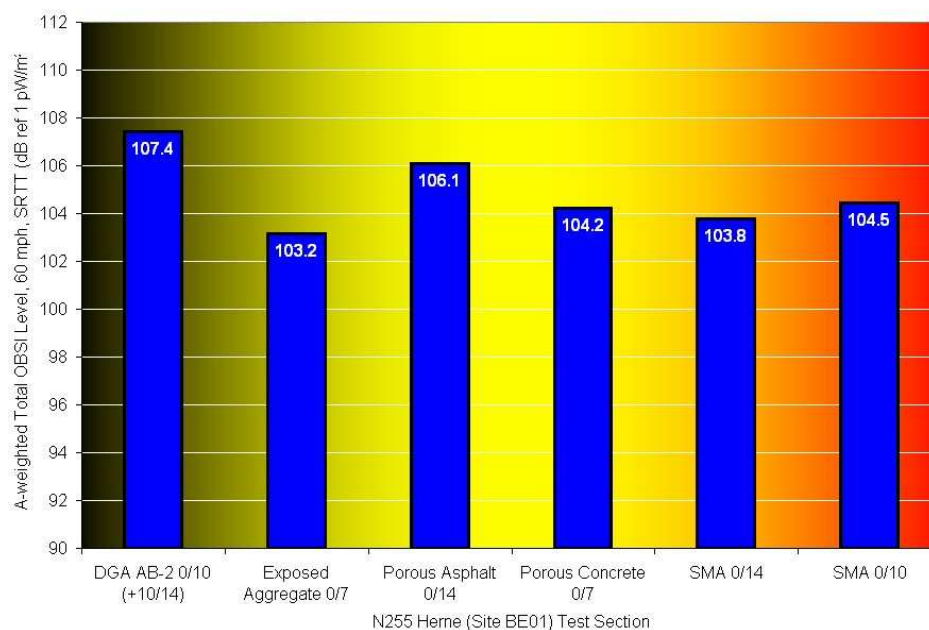
5.3.1. Case-studie van Herne

Een eerste experimentele werf met tweelaags doorgaand gewapend beton (DGB) betrof de proefvakken geluidsarme wegdekken op de N255 te Herne, aangelegd in 1996. Op een 18 cm dikke onderlaag van DGB werden verschillende toplagen aangebracht van fijn uitgewassen beton, poreus beton, splitmastiakasfalt en poreus asfalt. Deze testsecties werden onderworpen aan tal van metingen en evaluaties (Caestecker 1999). Figuur 5 geeft in het diagram de resultaten van de SPB-geluidsmetingen in 1999, dus drie jaar na aanleg, en bovenaan de verschillen met de eerste metingen van 1996. Zowel voor het zeer open beton als voor het zeer open asfalt wordt een toename van 2,5 dBA vastgesteld, te wijten aan het dichtslibben van de poriën door het vervuulende landbouwverkeer. De beste resultaten waren in 1999 voor het dicht asfaltbeton en het fijn uitgewassen beton.



Figuur 5 Herne : SPB geluid voor verschillende oppervlakken
Resultaten van 1999 vergeleken met die van 1996

In oktober 2007 werd een nieuwe reeks metingen uitgevoerd door een Amerikaans team met een methode gelijkaardig aan de CPX-methode (meting rolgeluid nabij de band). De resultaten zijn voorgesteld in figuur 6. Door degradatie van het oppervlak heeft het dicht asfalt nu de hoogste geluidsproductie. De andere oppervlakken volgen de trend van 1999. De algemene conclusie na 13 jaar dienst is dat de toplaag in fijn uitgewassen beton (0/7) het best heeft gepresteerd op lange termijn, dit op vlak van rolgeluid en van duurzaamheid.



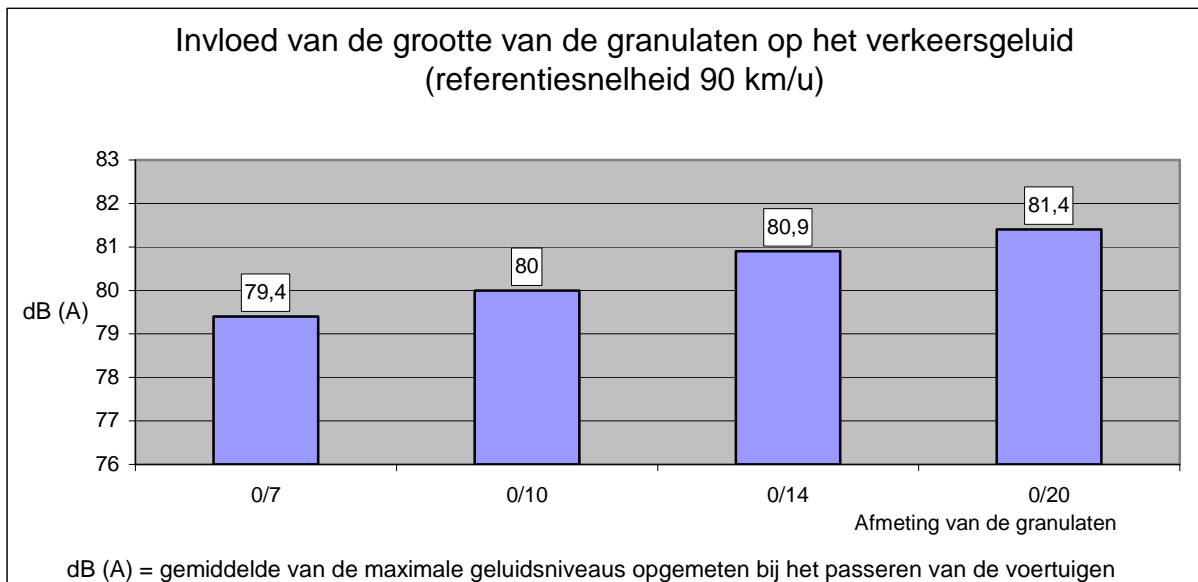
Figuur 6 Herne : OBSI (CPX) rolgeluid op verschillende oppervlakken
Resultaten van metingen door U.S. team – oktober 2007

5.3.2. Case-studie van Estaimpuis

Een tweede experimentele bouwplaats bestond uit vijf testsecties te Estaimpuis, aangelegd in 2001 (Debroux en Dumont 2005). Tabel 3 geeft een overzicht van de verschillende combinaties van onderlaag (DGB) en bovenlaag (fijn uitgewassen beton) die getest werden. Het te verwachten besluit was dat, hoe fijner de steentjes in de bovenlaag, hoe beter de resultaten waren op vlak van rolgeluid. Maar er bleek ook dat de kwaliteit van aanleg van de verharding, in het bijzonder de vlakheid van het rijoppervlak, een even belangrijke rol hierin speelt.

Tabel 3 Testsecties in Estaimpuis, 2001
Kenmerken van de betonlagen

Sectie nr.	Onderlaag		Toplaag	
	Dikte	Korrel-afmeting (in mm)	Dikte	Korrel-afmeting (in mm)
1	15 cm	0/32	5 cm	0/7
2	14 cm	0/32	6 cm	0/10
3	12 cm	0/32	8 cm	0/14
4	12 cm	0/32	8 cm	0/20



Figuur 7 Estaimpuis – SPB –geluid voor verschillende top lagen

Tabel 4 Testsecties in Estaimpuis, 2001
Stroefheid (Gemiddelde dwarse wrijvingscoëfficiënt gemeten met de SCRIM)
op fijn uitgewassen beton

	Toplaag 0/7	Toplaag 0/10	Toplaag 0/14	Toplaag 0/20
DWC _{gem}	0,66	0,70	0,69	0,62

Tabel 5 Testsecties in Estaimpuis, 2001
 Vlakheid (Gemiddelde vlakheidscoëfficiënt, golflengte 2,5 m,
 gemeten elke 10 m met de APL, eis = max. 35)
 op fijn uitgewassen beton

	Toplaag 0/7	Toplaag 0/10	Toplaag 0/14	Toplaag 0/20
VC _{gem} (2,5m)	15,15	16,20	14,70	17,05

Tabel 6 Testsecties in Estaimpuis, 2001
 Vlakheid (Gemiddelde vlakheidscoëfficiënt, golflengte 10 m,
 gemeten elke 20 m met de APL, eis = max. 70)
 op fijn uitgewassen beton

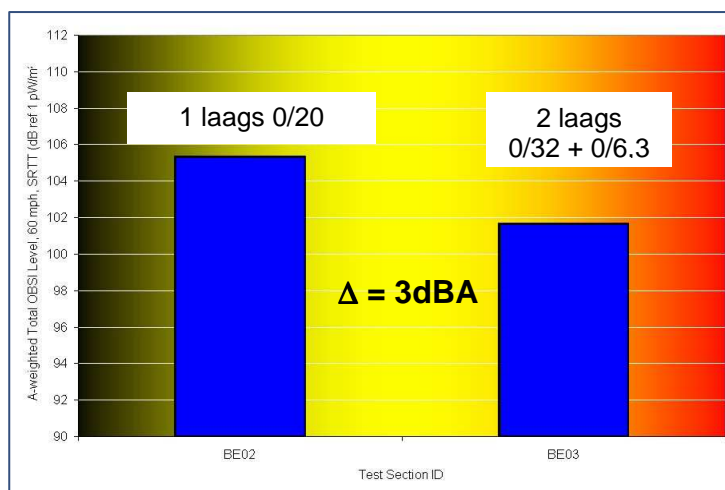
	Toplaag 0/7	Toplaag 0/10	Toplaag 0/14	Toplaag 0/20
VC _{gem} (10m)	33,30	31,40	28,95	41,05

5.3.3. Case-studie van Zwijndrecht

In oktober 2007 werden in het kader van een Amerikaans onderzoeksprogramma naar de oppervlakkenmerken van betonverhardingen metingen uitgevoerd in Europa (Rasmussen, 2007). De eerste fase van de tweelaagse betonverharding op de E34 (N49) was een van de drie testsecties in België. Het rolgeluid werd gemeten met de "OBSI"-techniek, wat staat voor On-Board Sound Intensity en wat enigszins vergelijkbaar is met de Europese trailer methode (CPX-methode) waarbij het rolgeluid nabij de band wordt geregistreerd.

Tevens werd de macrottextuur gemeten met een stapvoets lasersysteem, de zogenaamde RoboTex (Robotic Texture) Measurement System.

Het geluidsniveau (OBSI) bedroeg 101,7 dBA en de gemiddelde profieldiepte was 1,4 mm. Deze waarden kunnen vergeleken worden met dezelfde metingen op een andere betonsectie op de E34 gelegen nabij Zelzate. Daar betreft het echter geen tweelaagse maar een eenlaagse uitvoering in uitgewassen beton met een maximum nominale korrelgrootte van 20 mm. Daar werden volgende resultaten bekomen : een geluidsniveau van 105,3 dBA en een profieldiepte van 1,56 mm. Dit betekent dat er door middel van de tweelaagse techniek een reductie van meer dan 3 dBA werd bereikt.

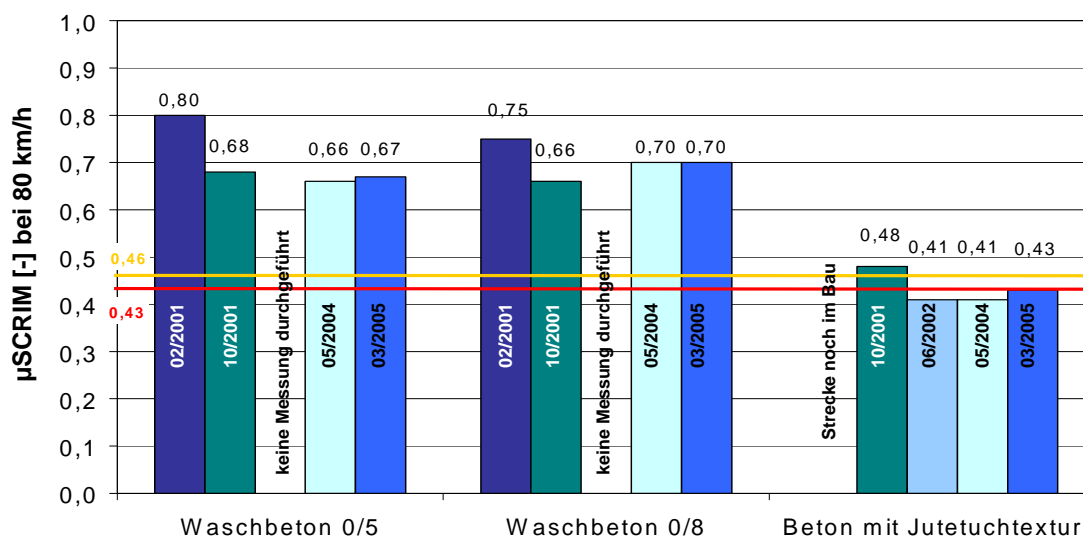


Figuur 8 Vergelijking van geluidsmetingen (OBSI – 60 mph) tussen een eenlaags (N49-Assenede) en een tweelaags (N49-Zwijndrecht) uitgewassen betonverharding

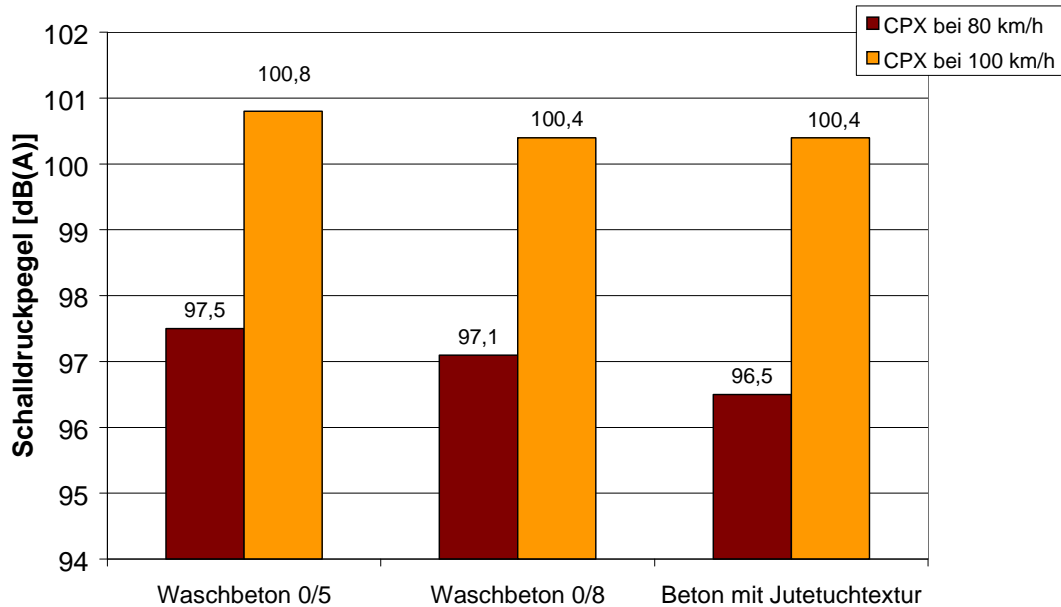
5.4. Stroefheid en rolgeluid – Gesleepte juten doek versus fijn uitgewassen beton op een Duitse autosnelweg

In 2001 werd in Duitsland op de autosnelweg A4 nabij Aken een testsectie aangelegd in fijn uitgewassen beton. Toplagen met een maximum korrelgrootte van 5 mm en 8 mm werden vergeleken met de traditionele manier van afwerken in Duitsland, namelijk met een gesleepte juten doek.

Zoals kan vastgesteld worden in onderstaande figuren waren de gemeten geluidsniveaus (CPX bij 80 en 100 km/u) vergelijkbaar voor de drie types van oppervlak met een maximaal verschil van slechts 1 dBA. Voor de stroefheid daarentegen presteerden de oppervlakken in uitgewassen beton beduidend beter dan die van met de jutendoektextuur, zowel na aanleg als in verloop van de tijd.



Figuur 9 Autosnelweg A4 nabij Aken – Stroefheid (SCRIM) voor verschillende oppervlakken in fijn uitgewassen beton 0/5 ; 0/8 en een textuur met gesleepte juten doek



Figuur 10 Autosnelweg A4 nabij Aken – Rolgeluid (CPX bij 80 en 100 km/u) voor texturen in fijn uitgewassen beton 0/5 en 0/8 en een textuur met gesleepte juten doek

5.5. Herstellingstechnieken (slijpen, frezen)

Van 1992 tot 1994 werden de oppervlakrestauratietechnieken door middel van diamantslijpen en frezen uitgetest op enkele Belgische autosnelwegen.

Kenmerken van het diamantslijpen :

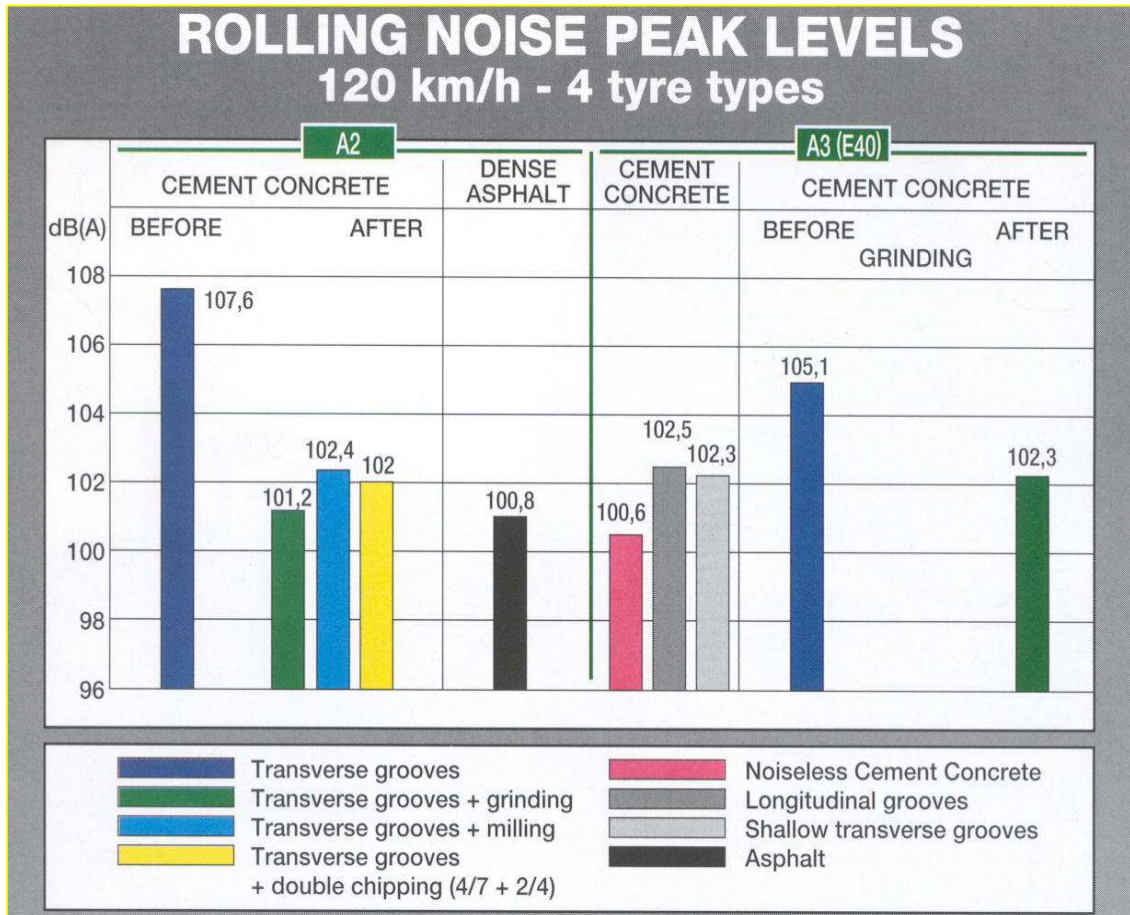
groefdiepte : 2 tot 4 mm

groefbreedte : 3,2 mm

groefafstand : 3 mm (3,3 mm resulteerde in een te ruw oppervlak met gevaar voor motorrijders en 2,5 mm tussenafstand gaf een te fijne structuur met mogelijk verlies aan stroefheid).

Voor de techniek van het frezen werden traditionele koudfreesmachines aangewend met roterende trommels, uitgerust met harde tungsteen-koolstof tanden.

Het verkeersgeluid (SPB), het piekrolgeluid (CPX), de stroefheid en vlakheid werden gemeten voor en na de behandelingen. Uitstekende resultaten werden met het diamantslijpen bekomen voor geluidsreducties op de oorspronkelijk dwars gegroefde oppervlakken : 5 dBA aan 100 km/u en tot 6 dBA aan 120 km/u. Zeer hoge waarden voor de stroefheid werden opgemeten vlak na het slijpen, onafhankelijk van de initiële waarden. Ook de vlakheidscoëfficiënten vertoonden veel betere waarden, vooral voor de korte golflengtes.



Figuur 11 Oppervlakrestauratietechnieken toegepast op Belgische autosnelwegen
Rolgeluid (CPX aan 120 km/u)

6. Besluit

De selectie van het meest geschikte type van verharding en oppervlakttextuur voor een gegeven lokatie is een complex probleem dat de afweging vereist van verscheidene, vaak tegenstrijdige factoren waaronder geluid, veiligheid, duurzaamheid en kostprijsbeschouwingen. Een bewuste inspanning dient gedaan te worden om oppervlakttexturen te kiezen die de veiligheid en het comfort bieden aan de weggebruikers, die voldoende duurzaam zijn om hun eigenschappen over een lange periode te behouden en die kostenefficiënt zijn over de levensduur van de verharding.

Hedendaagse betonoppervlakken, in Europa en België hoofdzakelijk de oppervlakken in fijn uitgewassen beton, bieden uitstekende oplossingen voor de combinatie van deze technische vereisten en zijn toepasbaar op alle types van verhardingen (autosnelwegen, hoofdwegen, secundaire wegen, tunnels,...).

Referenties

1. CAESTECKER Chris, Flemish Road and Traffic Administration – “Test sections of noiseless cement concrete pavements. Conclusions”, Vilvoorde, Belgium, 1999

2. CAESTECKER Chris & HELEVEN Lucien, Flemish Road and Traffic Administration – “Noise-reducing techniques on existing continuously reinforced concrete pavements on Belgian motorways”, 7th International Symposium on Concrete Roads, 1994, Vienna, Austria
3. DEBROUX Raymond & DUMONT Raoul – “Twin-layer continuously reinforced concrete pavement on the N511 at Estaimpuis (Belgium) : an investigation of the optimisation of surface characteristics”, 8th International Conference on Concrete Pavements, August 2005, Colorado Springs, Colorado, U.S.
4. KRIEGER Beata & SLIWA Nina, BAST – “Lärmarme Fahrbanoberflächen : Betonbauweisen – Neuer Standard für die Oberfläche “ (“Low-noise road surfaces : Concrete Construction Methods – New Standard for Surfaces”), German Road and Traffic Congress, Köln, Germany, 2006
5. International Grooving and Grinding Association IGGA, American Concrete Paving Association ACPA – “Diamond grinding and concrete pavement restoration 2000”, Technical Bulletin
6. RASMUSSEN Robert Otto, WHIRLEDGE Robert P., FERRAGUT Ted R., WIEGAND Paul D., “Comparative Measurements of Tire/Pavement Noise in Europe and the United States : NITE II”, Inter-Noise 2008, 26-29 October 2008, Shanghai, China
7. SACKETT Bob, CMI Corporation – “Smooth Operator”, article in Concrete Engineering, Spring 2001
8. SNYDER Mark B., International Society for Concrete Pavements - “Comparisons of the Noise and Safety Characteristics of Various Pavement Surface Textures – A summary of Selected Studies”, International Workshop on Best Practices for Concrete Pavements, 21-23 October 2007, Recife, Brazil
9. SNYDER Mark B. – “Pavement Surface Characteristics – A Synthesis and Guide”, American Concrete Paving Association ACPA, Skokie, Illinois, U.S., 2006