

# LEIDRAAD GEOPTIMALISEERD UITGEBORSTELD BETON

George Jurriaans  
*ECCRA, Duiven*  
*G.Jurriaans@eccra.nl*

Wim Kramer  
*Cement&BetonCentrum, 's-Hertogenbosch*  
*wimkramer@cementenbeton.nl*

## **Samenvatting**

Betonwegen en geluid. Daar bestaan zowel vooroordelen als onduidelijkheden over. Dit laatste in de zin van: ‘Wat is nu wel of niet mogelijk en wat moet je doen voor een optimaal resultaat?’ In de afgelopen decennia is op velerlei manieren gewerkt aan en onderzoek verricht naar de geluidreductie van betonwegen. Niet alleen in Nederland, maar ook elders in de wereld. In landen als België, Oostenrijk en Duitsland is uitgeborsteld beton voor betonwegen al bijna gemeengoed. Deze ervaringen zijn bijeengebracht in een nieuwe leidraad, inclusief de resultaten uit proefnemingen en recente ervaringen in Nederland. Vanaf het mengselontwerp voor het beton tot en met de uitvoering en kwaliteitscontrole. In dit artikel worden de belangrijkste aandachtspunten en aspecten die van belang zijn om een optimaal uitgeborsteld betonnen oppervlak te realiseren behandeld.

## 1 *Inleiding*

Geluidproblemen als gevolg van verkeer doen zich al min of meer voor vanaf de tijd dat het wiel is uitgevonden. Het is een bekend feit, dat de Romeinen 2000 jaar geleden al klaagden over verkeerslawaai als gevolg van de wielovergangen over de onvlakke verhardingen.

De mogelijk eerste bekende klacht over geluid stamt van de Romeinse schrijver Marcus Valerius Martialis met de woorden 'Het geluid op de straten tijdens de nacht hoort zich aan alsof heel Rome door mijn slaapkamer onderweg is'. De eerste wetgeving van Julius Ceasar met betrekking tot lawaai stamt uit dezelfde periode (44 v.Chr.).



De wettelijke eisen in Nederland zijn vastgelegd in de Wet geluidhinder. Volgens het Reken- en meetvoorschrift hebben betonwegen met een grove gebezemde textuur een hogere geluidproductie ten opzichte van het referentiewegdektype dicht asfaltbeton (DAB). Hierdoor zijn er meer maatregelen nodig om het geluid op de gevel te verminderen. Het terugbrengen van de geluidproductie aan de bron zal het geluid op de gevel direct verminderen en er zijn minder aanvullende maatregelen nodig. Vanaf het begin van de jaren 90 zijn niet alleen in Nederland betonwegen met een uitgeborsteld oppervlak uitgevoerd, maar ook in andere Europese landen zoals België, Oostenrijk, Zweden, Engeland en Duitsland. Het gevolg van deze oppervlaktafwerking is een geringere geluidproductie ten opzichte van de oudere werkwijzen.

(Geoptimaliseerd) uitgeborsteld betonnen (GUB) wegoppervlakken hebben weliswaar na aanleg een geringere geluidreductie dan nieuw aangelegd zoab (zeer open Asfaltbeton), maar de 'houdbaarheid' van deze geluidreductie is groter doordat de geluidreductie van ZOAB in de loop der jaren afneemt door vervuiling en rafeling. Ondanks recente meetdata is de beeldvorming vaak nog gebaseerd op oude of subjectieve inzichten.

## 2 *Ontwikkeling uitgeborsteld beton*

### 2.1 *Buitenland*

De eerste ervaringen met uitgeborsteld beton, toentertijd nog bekend als uitgewassen beton, zijn opgedaan in Oostenrijk. Dr. Sommer van de Vereinigung der Österreichische Zementindustrie (VÖZ). Het interessante van zijn werkzaamheden is dat dit zowel de research als de praktijk (vanaf begin jaren 90) betreft. Zijn opvolger Dr. Steigenberger heeft deze traditie voortgezet. Op deze wijze is in Oostenrijk al meer dan 12 miljoen m<sup>2</sup> in uitgeborsteld beton uitgevoerd. Uit geluidmetingen blijkt dat men geluidreducties ten opzichte van conventioneel gebezemd beton tot 5 dB(A) heeft gerealiseerd. Voor de controle van het oppervlak wordt naast de textuurdiepte ook het aantal profielpunten per 25 cm<sup>2</sup> bepaald.

In België zijn goede resultaten geboekt en hier zijn de resultaten van de proefvakken in Herne vermeldenswaard en daaruit blijkt dat:

- uitgeborsteld beton ruim 2 dB(A) stiller is dan grof gebezemd beton;
- GUB ruim 5 dB(A) stiller is dan grof gebezemd beton.

- Verder blijkt uit de meetdata dat geoptimaliseerd uitgeborsteld beton 2 dB(A) stiller is dan de referentie DAB.
- In Duitsland worden betonnen autosnelwegen sinds 2007 steeds vaker uitgevoerd in uitgeborsteld beton. De ZTV Beton-StB 07 biedt na het aanbrengen van de oppervlakervertrager twee nabehandelingsopties:
- aanbrengen van een nabehandelingmiddel (het nabehandelingmiddel moet zijn afgestemd op de oppervlakervertrager);
- aanbrengen van een PE-folie tot en met het uitborstelen

De eisen die aan de textuurdiepte worden gesteld, liggen tussen 0,6 mm en 1,1 mm.

## **2.2 Ervaringen in Nederland**

In Nederland is sinds het begin van de jaren 80 een aantal wegen in uitgeborsteld beton uitgevoerd. Met name in de beginfase zijn grove toeslagmaterialen in het oppervlak toegepast. Deze wegen karakteriseren zich door de relatief hoge geluidproductie. In de hierop volgende jaren is in de bovenlaag een verhoogde hoeveelheid steenslag 4/8 verwerkt. Dit resulteerde weliswaar in betere geluidwaarden, maar die zijn naar de huidige maatstaven nog verre van de beoogde waarden. Dit heeft uiteindelijk tot gevolg gehad dat de bovenlaag van uitgeborstelde betonwegen vandaag de dag geen grover toeslag > 8 mm bevatten. Van een werkelijke optimalisatie ten aanzien van de maximaal haalbare geluidreductie is tot 2000 echter geen sprake geweest. In 2000 is een eerste grootschalige proefopzet uitgevoerd door de Provincie Noord-Brabant op PW 205 (N279) op het gedeelte Helmond-Veghel. Op basis van deze ervaringen is in 2008/2009 in Apeldoorn de noordelijke ontsluitingsweg (Oost Veluweweg) uitgevoerd.

### **2.2.1 Provinciale weg N279**

Uit de resultaten van de N279 bleek dat de fijnere mengsels (Grauwkwartsiet 5/8 en Nederlandse steenslag 4/8) duidelijk beter scoorden dan de grovere mengsels (Grauwkwartsiet 11/16 en Nederlandse steenslag 4/22). Voor lichte motorvoertuigen (personenauto's) lagen de geluidniveaus voor de fijne mengsels bij 80 km/h op het niveau van de Referentie. Dit geldt echter voor de uitvoering volgens het tweelagen principe. De uitvoering in één laag gaf een 1 á 2 dB(A) hogere geluidemissie. Uit de rapportage blijkt dat hiervoor geen afdoende verklaring is gevonden. De geluidemissie bij de grovere mengsels lag ca. 2 dB(A) hoger. Bij zware motorvoertuigen (vrachtwagens) waren de geluidniveaus voor beide mengsels (fijn en grof) vergelijkbaar. De vakken met Grauwkwartsiet 5/8 en Nederlandse steenslag 4/8 waren echter het meest geluidarm (-2 dB(A) lager dan de Referentie). Uitzondering was een vak dat in één laag is uitgevoerd. Dit vak lag qua geluidniveau gelijk aan de Referentie.

De toepassing van een supersmoother leverde een geluidreductie op van circa 1 dB(A), ondanks het feit dat de textuurdiepte (uitborsteldiepte) geringer was dan bij de overige vakken. De lagere textuurdiepte werd echter duidelijk gecompenseerd door de hogere gerealiseerde vlakheid door de supersmoother. Verder bleek uit de geluidmetingen dat de Nederlandse steenslag 4/8 circa 0,5

dB(A) stiller is dan de Grauwkwartsiet 5/8 en dat dit verschil bij de grovere fracties (Nederlandse steenslag 4/22 en Grauwkwartsiet 11/16) oploopt tot 1 dB(A).

Er is geen eenduidig verschil tussen 15% platte stukken en 30% platte stukken gevonden bij de Grauwkwartsiet 5/8. Dit zou mogelijk verband kunnen houden met het feit dat er verschillende meetmethoden zijn toegepast. Hun onderlinge relatie is voor beton nog onvoldoende bekend.

De homogeniteit voor het éénlaagssysteem en het tweelagensysteem is vergelijkbaar. Ook blijkt de werking van de supersmoother significant positief van invloed te zijn.

De stroefheid van het wegoppervlak is met de standaard RAW-methode (proef 150 uit de Standaard RAW-Bepalingen) uitgevoerd. Op 9 mei 2000 werden de eerste metingen uitgevoerd. Deze bleken met waarden tussen 0,38 en 0,48 tegen te vallen. Dit heeft ertoe geleid dat op 18 mei 2000 opnieuw metingen zijn uitgevoerd, nadat het oppervlak met een zoab-cleaner was gereinigd. Wederom bleven de stroefheidwaarden met 0,39 tot 0,50 achter bij de eis van 0,52. Opgemerkt dient te worden, dat lage waarden kort na openstelling een bekend fenomeen bij uitgeborsteld en licht gebezemde structuren zijn. In de loop der tijd, wanneer het oppervlak werkelijk schoon gereden en zo ook ontdaan is van het nabehandelmiddel, stijgt de stroefheidwaarde en blijft daarna over vele jaren duidelijk boven de 0,45.

De Nederlandse steenslag scoorde qua stroefheid duidelijk beter dan de Grauwkwartsiet. Dit kan oplopen tot een verbetering van de stroefheid van 0,04 tot 0,13! Naast de bepaling van de stroefheid van het wegoppervlak volgens proef 150 zijn ook laboratorium-proeven op cilinders uit de weg volgens Wehner-Schulze uitgevoerd. Met behulp van deze proef kan men verschillen tussen materialen zichtbaar maken. De stroefheid na de eerste serie van 15.000 polijstomwentelingen leidde bij de Nederlandse steenslag tot een zodanige verslechtering, dat de waarden op of onder de beginwaarde van de Grauwkwartsiet kwamen te liggen. Het omgekeerde deed zich voor bij de Grauwkwartsiet. Hier werden de stroefheidwaarden beter en na 45.000 omwentelingen zette zich dit fenomeen over het algemeen voort. Nederlandse steenslag heeft dan weliswaar een hogere aanvangs-stroefheid, maar op langere termijn heeft Grauwkwartsiet de voorkeur.

## **2.2.2 Apeldoorn, Oost Veluweweg**

Door de positieve financiële aspecten, met name door de lange levensduur en het geringe onderhoud, is besloten de weg in beton uit te voeren. Uniek in dit project is de korte lijn tussen de initiële mengselkeuze en de actuele constructie. Als gevolg van nieuwe fundamentele inzichten en modellen op het gebied van het ontstaan van geluidemissie is hierbij een nieuwe geavanceerde methodiek toegepast. Hierbij kon de gebruikelijke uitvoering van testvakken worden overgeslagen. Daardoor ontstond er een significante reductie aan tijd en geld.

Het mengsel is met behulp van het programma SIROTOL ontworpen op basis van een gewenste geluidreductie van 2 dB(A). Het project was opgedeeld in twee fasen waarbij in de tweede fase ervaringen uit de eerste fase konden worden toegepast. Uit metingen vlak na aanleg bleek er bij 50 km/h een significant verschil te zijn van 1,4 dB(A) in de geluidemissie tussen de rijstroken in oostelijke en westelijke richting. Dit zou door opgereden vuil vanuit de berm kunnen zijn veroorzaakt. Uit de metingen blijkt dat de gemiddelde geluidsniveaus van fase II wat lager liggen dan die van fase I. Indien de wat afwijkende oostelijke richting niet wordt meegenomen, dan is fase II significant stiller dan fase I. De gemiddelde geluidreductie bedroeg ongeveer 1,5 dB(A) terwijl uit het vooronderzoek 1,8 dB(A) was voorzien.

Uit latere geluidmetingen bij 80 km/h bleek opnieuw dat er een meetbaar verschil was tussen de resultaten in oostelijke en westelijke richting. De homogeniteit van de geluidtechnische eigenschappen was in beide richtingen goed. Verder is er geen meetbaar verschil meer tussen fase I en II. Uit deze metingen bleek dat het GUB bij 80 km/h ongeveer 1 dB(A) stiller is dan de Referentie. Verder zijn de meetgegevens volgens de CPX-methode gecorreleerd met de textuurmetingen (zandvlekproef, foto 1 en figuur 1).



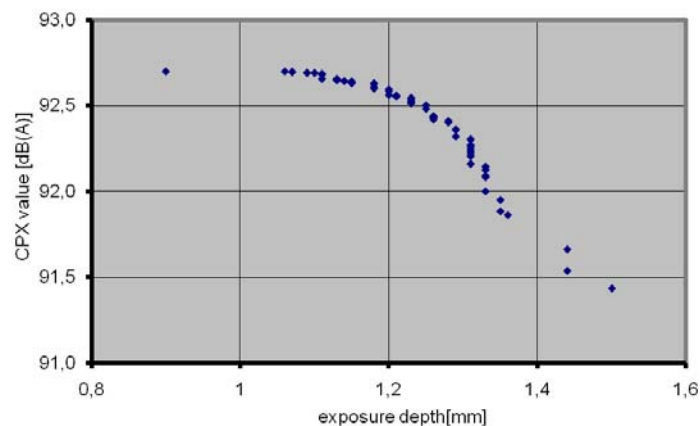
Foto 1: Monitoren van de textuur diepte

Uit de metingen van het eerste vak bleek dat de minimale textuurdiepte 1,27 mm bedroeg. Een meer uniform uitborstelen op een niveau van 1,5 mm kan de geluidreductie volgens SIROTOL met nog eens 0,5 dB(A) doen toenemen.

### 3 Ontwerpaspecten

#### 3.1 Betontechnologische ontwerpaspecten

Bij het verharde beton geldt een hoge druk- en buigtreksterkte, een hoge weerstand tegen polijsten, een hoge vorst- en vorstdooizoutbestandheid en daarnaast goede oppervlakte-eigenschappen zoals stroefheid, vlakheid, lichtreflexie en kleur, waterafvoer en geluidemissie. Wegenbouwbeton wordt evenals ‘gewoon’ beton samengesteld uit cement (veelal CEM II/B-V), toeslagmaterialen, water en eventuele hulp- en vulstoffen.



Figuur 1: Relatie tussen geluidniveau (CPX) en textuurdiepte voor een 0/8 mengsel

Wanneer in twee lagen wordt gewerkt, kunnen aan beide betonsoorten afzonderlijke eisen worden gesteld. Het toe te passen grof toeslagmateriaal is dan ook veelal verschillend voor beide lagen. Van belang is echter dat de vervormingen van beide met elkaar overeenkomen. Hierbij valt te denken aan de verhardingskrimp (chemische krimp) en de uitzettingscoëfficiënt. Bij de laatste is met name van belang dat men toeslagmaterialen met een gelijke warmtegeleidingscoëfficiënt gebruikt. Op deze wijze worden nutteloze extra spanningen voorkomen. Als toeslagmaterialen voor de bovenlaag (GUB) is een juiste keuze van de steenslag van groot belang. De maximale korrelgrootte moet kleiner zijn dan 1/4 van de laagdikte en voor doorgaand gewapend beton geldt dat deze maximaal 1/3 van de laagdikte mag zijn. De vorm van de steenslag voor bovenlaag moet kubisch zijn en het gehalte aan platte stukken moet tot een minimum worden beperkt. Op dit moment wordt als richtwaarde een maximum van 10% aangehouden. De maximale korrelgrootte voor in de bovenlaag wordt aangegeven onder geluidtechnische ontwerpaspecten.

### 3.2 Geluidtechnische ontwerpaspecten

Eén van de belangrijkste kenmerken voor het verkrijgen van een geluidarm beton is een ‘gap-graded’ fijn mengsel. Dit zorgt ervoor dat de toppen van de stenen dicht bij elkaar komen te liggen. Indien de toppen te ver uit elkaar liggen, zal de impact daarvan op de autoband sterk toenemen en daarmee ook het rolgeluid.

Verder speelt de bovenmaat van de gradering een belangrijke rol:

- bij een mengsel van 11 mm of grover kan er geen geluidreductie worden verwacht. Integendeel, de geluidemissie zal hoger zijn dan de Referentie.
- bij een mengsel van 8 mm is de te verwachten geluidreductie 1 à 2 dB(A).
- bij een mengsel van 5 mm is de te verwachten geluidreductie ruim 2 dB(A).

Aangezien GUB geen significante porositeit bezit, is de optimalisatie uitsluitend in de oppervlaktetextuur te behalen. De textuurmetingen worden uitgevoerd met behulp van een laser profielmeter volgens ISO 13473-1/2/3/4. De gevonden textuurwaarden kunnen niet in de Akoestische Optimalisatie Tool (AOT) van Rijkswaterstaat worden geanalyseerd omdat er in dat model (nog) geen data betonwegen zijn opgenomen. Specialistische modellen zoals SIROTOL, die wel voor beton geschikt zijn, dienen dan te worden toegepast.

De laagdikte van de toplaag is niet van belang voor de geluidemissie.

De invloed van de uitwasdiepte heeft een grote invloed op de geluidemissie (figuur 1). Om akoestische redenen dient de uitwasdiepte dan ook maximaal te zijn. Daarentegen mag deze diepte in het kader van duurzaamheid niet te groot zijn in verband met het loslaten (rafeling) van de kleinere korrels. Als optimaal compromis wordt aangenomen dat de textuurdiepte 1/3 van de kleinste korrel van het grofste toeslagmateriaal behoort te zijn.

Het effect van het wegdek op de geluidproductie van voertuigen, de wegdekcorrectie, wordt vastgesteld volgens de methode  $C_{\text{wegdek}}$ . Deze methode maakt deel uit van het Reken en Meetvoorschrift geluid 2012. Met de herziening in 2012 wordt bij de bepaling van  $C_{\text{wegdek}}$  als uitgangspunt de gemiddelde geluidreductie over de levensduur van het wegdek gehanteerd en niet de geluidreductie van een nieuw wegdek. Er wordt dus rekening gehouden met het effect van slijtage en veroudering van het wegdek op de geluidproductie.

## **4 Uitvoering**

### **4.1 Productie**

Bij geoptimaliseerd uitgeborsteld beton is met name de toplaag, het uiteindelijke vlak waar de band contact mee heeft, van belang. Voor de toplaag dient een betoncentrale te worden vrijgemaakt, die dus uitsluitend de bovenlaag produceert! Wanneer men meerdere betonspecierecepten produceert, loopt men het gevaar dat afwijkende korrelgrootten/-vormen in het oppervlak terechtkomen. Deze leiden dan onherroepelijk tot een afwijkend geluidniveau. De opslag van de toeslagmaterialen verdient met het oog op de geluidaspecten ten opzichte van de gebruikelijke processen ook meer aandacht. De productie op zich behoeft verder geen extra maatregelen. Het transport van de betonspecie kan met gebruikelijke kippers plaatsvinden.

Tijdens het transport kan bij te plastische mengsels een duidelijke verdichting plaatsvinden, waarbij overtollig water ontwijkt. Het gevolg daarvan kan zijn dat er minder water in het mengsel overblijft. Daardoor kan er een slechter (droger) verwerkbaar mengsel ontstaan. Het lossen van de onderlaag kan direct voor de slipformpaver geschieden of in een betonbak (met 'ronde' hoek voor het eenvoudiger ledigen van de betonbak). De boven- of toplaag wordt in elk geval in een tussenopslag gestort. Met behulp van een kraan wordt de betonspecie voor de slipformpaver voor de tweede laag op de reeds verdichte onderlaag gebracht.

### **4.2 Verwerking**

De verwerking geschiedt met de gebruikelijke betonwegenbouwmachines (slipformpavers). Men kan de betonspecie zowel in één als in twee lagen aanbrengen, waarbij de voorkeur naar twee lagen uitgaat. Bij het tweelagensysteem kan men dan nog kiezen voor de uitvoering met twee slipformpavers of met één tweelagenslipformpaver (zie figuur 1 en figuur 2). Wanneer voor een uitvoering met twee slipformpavers wordt gekozen, dient men er zorg voor te dragen dat deze relatief dicht achter elkaar rijden. Dit is noodzakelijk om te kunnen garanderen dat de boven- en onderlaag werkelijk nat-in-nat worden aangebracht. De uitvoering met een tweelagenslipformpaver is altijd nat-in-nat.

De hoogteligging van de onderlaag is van groot belang. Afwijkingen hiervan zullen onherroepelijk leiden tot wisselingen van de dikte van de bovenlaag. Onvlakheden leiden tot een verhoging van de geluidproductie. De inklink van een 8 cm dikke bovenlaag is twee keer zo groot als bij een 4 cm dikke bovenlaag en dus is een onvlakheid bij wisselende bovenlaagdikten voorgeprogrammeerd. Uiteraard zal de langsonvlakheid als gevolg van wisselende bovenlaagdikten gering zijn, maar het gaat met name om de optelsom van afwijkingen die het uiteindelijke resultaat opleveren.

De bovenlaag wordt met behulp van een lichttrillende dwarsbalk, een supersmoother en een sleepplaat afgewerkt. Op deze wijze ontstaat een zo vlak mogelijke bovenlaag. Opgemerkt dient te worden dat bij eventueel handwerk bij de afwerking van de bovenlaag uitsluitend verse betonspecie gebruikt mag worden en geen overtollige cementlijm! De cementlijm zou de volgende dag weer uitgeborsteld worden en dit leidt weer tot onvlakheden die men had willen voorkomen. Indien de cementlijm de volgende dag niet geheel zou worden uitgeborsteld blijft er een oppervlak achter, waarbij een tekort aan steentjes ontstaat. Dit heeft op zijn beurt weer een afwijkend karakter in de geluidproductie.

### 4.3 Aanbrengen oppervlakvertrager en nabehandelmiddel

Omdat de cementmortel na enige verharding uitgeborsteld moet worden, is het van belang dat de cementsteen in het oppervlak slechts een gering verhardingsproces heeft doorlopen. Het is daarom noodzakelijk om na de laatste bewerking van het nog plastische beton het oppervlak van een oppervlakvertrager (bindingsvertrager) te voorzien. De dieptewerking van de oppervlakvertrager moet voldoende zijn om de vereiste textuurdiepte (TD) na uitborstelen te kunnen bereiken. Als oppervlakvertrager kunnen chemische vertragers worden ingezet of een vertrager op suikerbasis. Citroenzuur als oppervlakvertrager heeft niet altijd een positief karakter. In diverse situaties zijn onregelmatigheden in het uitgeborsteld oppervlak opgetreden. De werking van de oppervlakvertrager is afhankelijk van de samenstellende delen van het betonmengsel. Daarom is het van belang dat men vooraf het mengsel met de desbetreffende oppervlakvertrager test, zodat de uitwerking op de uitborsteldiepte voor aanvang van de uitvoering bekend is.



Fig. 2 Aanbrengen van de oppervlakvertrager



Fig. 3 Aanbrengen van de plasticfolie

Het aanbrengen van de oppervlakvertrager dient met een automatische unit te geschieden. Deze unit bestaat uit een overkapping met zijschotten (fig. 2), waarin een buis met nossels is gemonteerd. Na het aanbrengen van de oppervlakvertrager moet de betonverharding tegen uitdroging worden beschermd. De meest gebruikelijke methode is het aanbrengen van een plastic folie (fig. 3). Er bestaan echter ook gecombineerde producten, die zowel een vertragende werking als nabehandelingseffecten bezitten (bijvoorbeeld 'Whispertard'). Van belang is dat men deze vooraf op uitborsteleffecten test, maar dat tevens het vermogen tot beperking van het vochtverlies wordt getoetst (proef 73.0 van de Standaard RAW-Bepalingen 2010).

### 4.4 Uitborstelen

Het uitborstelen is uiteraard het meest essentiële deel van de uitvoering voor het verkrijgen van geoptimaliseerd uitgeborsteld beton. Circa 12 tot 24 uur na het aanbrengen van de betonspecie kan de fijne zandcementmortel uit het oppervlak worden geborsteld. Dit kan gebeuren onder toevoeging van een kleine hoeveelheid water. Nadat visueel is beoordeeld dat het oppervlak de gewenste uitborsteldiepte heeft, moet de textuurdiepte worden bepaald.

Wanneer de gewenste textuurdiepte nog niet is bereikt, moet het uitborstelen zolang worden voortgezet totdat de juiste diepte is bereikt, maar dit mag uiteraard niet ten koste gaan van het loslaten van de grove korrels uit het oppervlak. Het controleren van de textuurdiepte dient een constant proces te zijn tijdens het totale uitborstelprocedé. De laborant die de textuurdiepte bepaalt, dient in de periode van uitborstelen van iedere andere vorm van werkzaamheden



vrijgesteld te zijn, zodat geen hiaten in de uitborsteldiepte ontstaan. Het bereiken van een geslaagd project met geoptimaliseerd uitgeborsteld beton is zeer sterk afhankelijk van het teamwork tussen de laborant en de machinist van de uitborstelmachine.

De locaties waar de textuurdiepte het meest van belang is, zijn uiteraard de toekomstige rijsporen van de verharding. Het is daarom noodzakelijk de wielen van de uitborstelmachine niet of zo min mogelijk met deze toekomstige rijsporen te laten samenvallen. Op deze wijze voorkomt men dat er schade (loslaten van steentjes nu of in de toekomst door microscheurtjes als gevolg van het overrijden) aan het nog relatief zwakke oppervlak optreedt. Nadat het uitborstelen is afgerond, moet het betonoppervlak tegen uitdroging worden beschermd.

## **5 Kwaliteitscontrole**

De bedrijfscontrole in de zin van de Standaard RAW-Bepalingen 2010 dient ook bij GUB volledig te worden aangehouden. Daarnaast gelden de navolgende paragrafen.

### **5.1 Ingangscntrole steenslag**

Naast de gebruikelijk controle van de steenslag is de controle van de hoeveelheid ‘platte stukken’ noodzakelijk. Zoals eerder vermeld is kubisch materiaal noodzakelijk voor een dichte pakking van de ‘grove’ stenen, zodat de afstand tussen de stenen zo klein mogelijk is en het aantal stenen in het oppervlak zo groot mogelijk is. Dit garandeert in grote mate de kans op de beoogde geluidreductie. De proef ‘Gehalte aan platte stukken’ overeenkomstig NEN-EN 933 uitvoeren.

### **5.2 Textuurdiepte**

Hier ligt de sleutel tot succes en daarom is de bepaling van de textuurdiepte van groot belang. De bepaling dient afwijkend van proef 76 van de Standaard RAW-Bepalingen te gebeuren met glaskorrels in plaats van zand. De reden is dat zand, wanneer dit vochtig wordt, samenklontert waardoor van een juiste textuurdieptebepaling geen sprake meer kan zijn. Voor het overige dient proef 76 te worden gevolgd. Het oppervlak moet schoongeborsteld worden, maar moet niet per definitie droog zijn. Het droogstoken van het oppervlak kan leiden tot grote spanningen (temperatuur en uitdroging) in het nog verse beton.

Het is mogelijk om de resultaten van de textuurmetingen met behulp van laser te relateren aan die van de zandvlekproef. De correlatie tussen de resultaten van beide methoden wisselt echter nogal. De gemeten diameters worden getoetst aan de eis. Per plaat dienen twee metingen per rijspoor te worden uitgevoerd. Tussen de rijsporen meten is minder relevant.

## **6 Voorstel tot bestekseisen met betrekking tot geluid**

De onderstaande punten worden als bestekseisen met betrekking tot geluid voorgesteld:

1. De geluidreductie en interventiewaarde van de geluidreducerende deklaag zijn gedefinieerd voor lichte motorvoertuigen bij een rijnsnelheid van 50 km/h ten opzichte van de Referentie volgens CROW-publicatie 200. Bij alle hiernavolgende eisen mogen meeton nauwkeurigheden niet worden meegenomen.

2. De geluidreductie wordt rond vier weken na openstelling voor het verkeer en na 2, 4, 6 jaar na aanleg gemeten met behulp van de Close Proximity (CPX) methode volgens ISO/CD 11819-2.
3. De CPX-meting na aanleg wordt rond vier weken na openstelling voor het verkeer geijkt met een Statistical Pass-by (SPB) meting volgens ISO 11819-1. Deze ijking wordt ook gebruikt bij de latere CPX-metingen.
4. De gemiddelde geluidreductie van de geluidreducerende deklaag dient gedurende drie jaar na aanleg n dB(A) te bedragen.
5. De gemiddelde geluidreductie van de geluidreducerende deklaag dient tussen vier en zeven jaar na aanleg (n-1) dB(A) te bedragen.
6. Bij de CPX-meting wordt het te meten wegvak per rijrichting opgedeeld in wegvakken met een minimale lengte van 100 m. De onderlinge spreiding (max/min-waarde) tussen de vakken van 100 m mag niet meer dan 2,0 dB(A) bedragen.
7. Indien niet voldaan wordt aan de eisen genoemd onder de punten 4, 5 of 6, dient de aannemer op eigen kosten maatregelen te nemen zodanig dat weer aan de punten 4, 5 of 6 wordt voldaan. Dit dient door een geluidmeting op kosten van de aannemer te worden aangetoond.
8. Vervangings- of herstelmaatregelen dienen binnen drie maanden na vaststelling daarvan te zijn uitgevoerd.

N.B. Er worden geen kortingsregelingen toegepast. Afkeuring houdt daarom direct in dat de aannemer op eigen kosten een maatregel treft zodat weer aan de geluideisen wordt voldaan.

## 6 Literatuur

- [1] De methode  $C_{\text{wegdek}}$  2002 voor wegverkeersgeluid, CROW-publicatie nr. 200, april 2004
- [2] CROW-website <http://www.stillerverkeer.nl>
- [3] W. van Keulen, Bestekken hanteren vaker onjuiste toetsingseisen voor  $C_{\text{wegdek}}$ , Wegen 7, 2003
- [4] Actualisatie van de geluidtechnische eigenschappen van betonwegen, VKa.10vc10.11r016, 17 maart 2011
- [5] W. van Keulen, R. Albers en Th.S. Grob, Recente ervaringen met uitgewassen beton, Wegbouwkundige Werkdagen 2000
- [6] W. van Keulen, Geluidaspecten van geoptimaliseerd uitgewassen beton, Betonwegennieuws 118, juni 2000
- [7] W. van Keulen, Nieuwe betonwegen zijn stil, BetonwegenNieuws nr. 112, oktober 1998
- [8] Stet M.J.A. en bij aanleg: Jurriaans G.: Grootschalige proefvakken uitgewassen beton PW205, gedeelte Helmond-Veghel (N279). Provincie Noord-Brabant
- [9] Jurriaans, G.: Afweging tussen asfalt en beton voor de reconstructie van de Oostveluweweg te Apeldoorn. ECCRA 3107118, 2007, Duiven
- [10] Jurriaans, G.: Dimensionering betonverharding Oostveluweweg te Apeldoorn, ECCRA 3108112, 2008
- [11] Standaard RAW Bepalingen 2010, CROW, Ede
- [12] Wet geluidhinder, [www.vrom.nl](http://www.vrom.nl), 28 augustus 2006