

7

**VADEMECUM
VOOR
WEGVERKEERS-
LAWAAI
IN DE STAD
WEGDEKKEN**



BRUSSEL MOBILITEIT

GEWESTELIJKE OVERHEIDSDIENST BRUSSEL



**leefmilieu
brussel**

.brussels 

INHOUDSOPGAVE

Inleiding	3
Vereiste eigenschappen voor een wegdekking	5
Wegdektypes	7
Bitumineuze verharding	8
Cementbetonverharding (of kortweg beton)	10
Bestrating	12
• <i>Betonstraatstenen</i>	14
• <i>Kasseien</i>	15
Bestrijking of slemlaag	15
Oorzaken van rolgeluiden	17
Bandentrillingen	17
Pompen van lucht	20
Het hoorneffect	21
Kenmerken van een geluidreducerende wegverharding	23
Akoestische kwaliteiten van wegdektypes	29
• <i>DAB</i>	29
• <i>SMA</i>	29
• <i>ZOAB</i>	29
Betonnen straatstenen	30
• <i>Kasseien</i>	30
Wegdekken	32
• <i>Dunne deklagen</i>	32
• <i>Bestrijking met als bindmiddel kunsthars</i>	32
• <i>Poro-elastisch wegdek</i>	33
Beton wegdek	34
• <i>Uitgewassen betonverharding</i>	34
Invloed van externe factoren op de lawaai productie	35
Invloed van water op het wegdek	35
Invloed van de weersomstandigheden op de lawaai-productie	36
Oneffenheden ten gevolge van putdeksels e.d. in een wegdek	36
Invloed van slijtage op de lawaai-productie	38
Andere criteria van wegdekken	39
Herstelling van wegdekken	39
Kostprijs van een wegdek	40
Eigenschappen van stille wegdekken	41
Evaluatie van de verschillende saneringsmogelijkheden voor geluid	42
Referenties	43

INLEIDING

Het rollen van de wielen van een voertuig over een oppervlak veroorzaakt lawaai, het zogenaamde “rolgeluid”. Het wegdek speelt hierbij een belangrijke rol. Rolgeluid is bij personenwagens al bij relatief lage snelheden de dominante geluidsbron. De voorbije decennia werd veel onderzoek verricht om de mechanismen te doorgronden die het rolgeluid doen ontstaan. Als logisch vervolg hierop werd onderzocht hoe een wegdek kan worden aangelegd dat een minimum aan rolgeluid genereert.

In deze fiche wordt onder andere een antwoord geboden op de volgende vragen:

- ▶ Welke mechanismen zijn verantwoordelijk voor het ontstaan van rolgeluid?
- ▶ Welke zijn de courante wegdektypes en wat zijn hun akoestische eigenschappen?
- ▶ Welke zijn de meest voorkomende wegdekken in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (BHG) en wat zijn hun akoestische kwaliteiten?
- ▶ Wat is een geluidreducerend wegdek ?
- ▶ Hoe kan men de kostprijs van een geluidreducerend wegdek berekenen?

In deze fiche worden eerst enkele basisbegrippen in verband met wegdekken aangebracht en worden de in ons land meest courante wegdekken besproken. Vervolgens worden de mechanismen overlopen die aanleiding geven tot rolgeluiden, met daarop aansluitend aanbevelingen in verband met de eigenschappen van een geluidreducerend wegdek. Er wordt vervolgens aangegeven hoe een dergelijk geluidreducerend oppervlak in de praktijk kan benaderd worden, welke geluidsreductie mag worden verwacht en wat de technische eigenschappen zijn. Dan worden de invloed van weersomstandigheden en de reparatie van wegdekken behandeld. Op het eind van de fiche wordt de kostprijs van de diverse types wegdek gegeven.



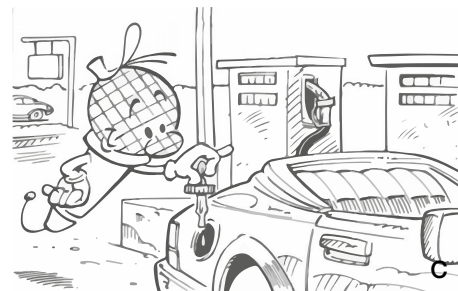
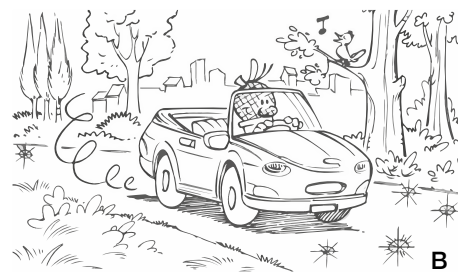
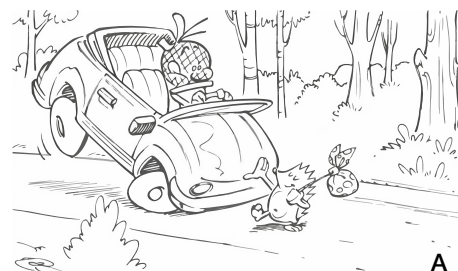


VEREISTE EIGENSCHAPPEN VOOR EEN WEGDEKKING

Een weg bestaat uit een toplaag (het wegdek) en in het geval van een asfaltverharding uit één of meerdere grondlagen. De toplaag beschermt de onderliggende grondlagen en moet o.a. aan volgende vereisten voldoen:

- ▶ De banden van het voertuig moeten voldoende grip hebben om op een veilige manier te kunnen remmen en bochten nemen (A)
- ▶ De weggebruiker moet er op een comfortabele en niet te lawaaiige manier kunnen over rijden (B)
- ▶ Het verbruik van de voertuigen moet zo laag mogelijk zijn (C)
- ▶ De slijtage van de banden moet zo laag mogelijk zijn

Een goede kwaliteit van het oppervlak van de weg is belangrijk om veilig en comfortabel te kunnen rijden. Waar de structuur (verharding, samen met fundering en onderfundering) zorgt voor een goede lastenverdeling van de verkeersbelasting verzekert het oppervlak de nodige stroefheid om veilig te kunnen rijden. De textuur van het oppervlak zorgt ook voor een comfortabel rijoppervlak. Zeker bij hogere snelheden draagt de textuur van het oppervlak bij om het rolgeluid te verminderen.





WEGDEKTYPE



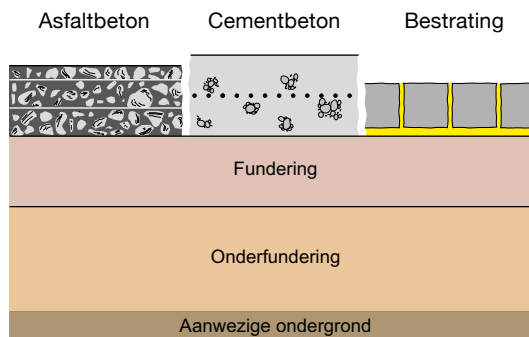
Voor de verharding van een weg wordt onderscheid gemaakt tussen 3 types: bitumineuze verhardingen, betonverhardingen en kleinschalige elementen. Daarnaast zijn er ook halfverhardingen, maar deze zijn minder geschikt voor verkeer. Een aanvullende techniek bestaat erin een oppervlaktecoating aan te brengen op een bestaande verharding.

De opbouw van de weg varieert in functie van het type verharding. Zo wordt een betonverharding meestal aangelegd in één laag. In het geval van gekleurd beton of bij wegen met hoge snelheid kan overgegaan worden naar een tweelaagse, nat-in-nat aangelegde, betonverharding. Een gedeeltelijke vervanging van de verharding is hier niet mogelijk, wel kan een oppervlakbehandeling toegepast worden of kan overlaagd worden met een bitumineuze verharding om een verbetering van vlakheid, stroefheid of rolgeluid te bekomen. In het geval van een asfaltverharding, maar ook bij een beton- of elementenverharding, wordt in verschillende lagen gewerkt. Een asfaltverharding bestaat steeds uit een toplaag en één of meerdere onderlagen. De onderlagen zorgen voor de structurele duurzaamheid, de toplaag voorziet in de oppervlaktetextuur en zorgt bijgevolg voor de goede stroefheid en lage geluidsproductie. De toplaag dient gedurende de voorziene levensduur vervangen te worden.

Kleinschalige elementen bestaan uit straatstenen (betonnen, natuurlijke of gebakken kleistraatstenen), geplaatst op een straatlaag. De textuur van de straatsteen zorgt voor de nodige stroefheid. Het legpatroon en de grote van de kleinschalige elementen bepalen in belangrijke mate samen met de textuur het uiteindelijke geluidsniveau van het wegdek.



Concrete bussite langs het Jubelpark



Asfalt wordt gemaakt van een mengsel van steentjes, zand, vulmiddel en het aardolie-derivaat bitumen.



Rafeling is een oppervlakkige degradatie van het wegdek

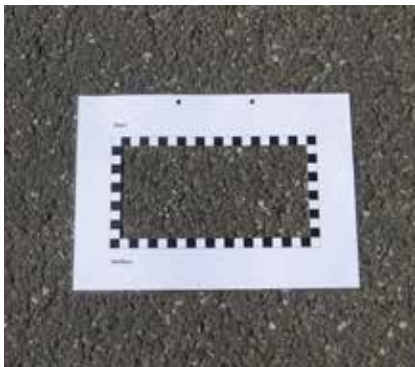
BITUMINEUZE VERHARDING

Asfalt wordt gemaakt van een mengsel van steentjes, zand, vulmiddel en het aardolie-derivaat bitumen. Het kan zowel in warme als in koude toestand worden aangebracht. Er bestaan heel wat variëteiten van asfalt. Een zeer veel voorkomend type is het “dicht asfaltbeton”, afgekort DAB. Dit type vertoont zeer weinig holtes (3 tot 5 %), die zelden met elkaar in verbinding staan. Bij het “zeer open asfaltbeton” (ZOAB) zijn er relatief veel holtes (20 tot 25 %) die ook onderling verbonden zijn. Steenmastiakasfalt (SMA) is een compromis tussen DAB en ZOAB; het vertoont dezelfde open oppervlakstructuur als ZOAB, maar er zijn weinig holtes.

DAB heeft een goede prijs/kwaliteitverhouding. Het gebruik bij druk zwaar verkeer (vb. bussen) is af te raden. ZOAB geeft een goede geluidreductie, maar wordt zelden gebruikt in België vanwege het moeilijker winteronderhoud, de hogere kost en de beperktere levensduur. Het is gevoelig voor rafeling dus niet te gebruiken bij wringend verkeer. Af te raden op wegen met lage snelheid en/of laag verkeersvolume omdat het geluidreducerend effect dan snel achteruit gaat door de verstopping van de holtes. ZOAB reduceert efficiënt het spatwater en risico op aquaplaning.

SMA is iets duurder dan DAB maar het biedt beter weerstand tegen spoorvorming dan DAB. Versies met kleine korrelmaat (< 10 mm) kunnen geluidreducerend zijn.

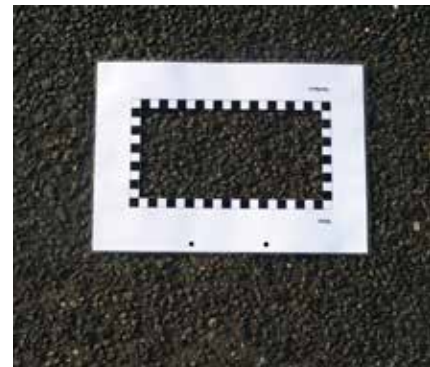
Onderstaande figuren tonen het typisch uitzicht van SMA, ZOAB en DAB.



SMA



ZOAB



DAB

NOG ENKELE ANDERE VARIËTEITEN VAN ASFALT ZIJN

Begrind asfalt is DAB, waarop men in warme toestand steentjes heeft gestrooid en ingerold om de slijtweerstand van het oppervlak te vergroten; het is echter in onbruik geraakt door de slechte akoestische kwaliteit.

Dunne asfaltlagen: asfalt wordt soms als een dunne laag (van 6 tot 30 mm dik) over een ander materiaal aangebracht. Men spreekt van dunne deklagen wanneer ze een dikte hebben van meer dan 15 mm. Bij een dikte van minder dan 15 mm spreekt men van een oppervlakbehandeling.



Begrind asfalt

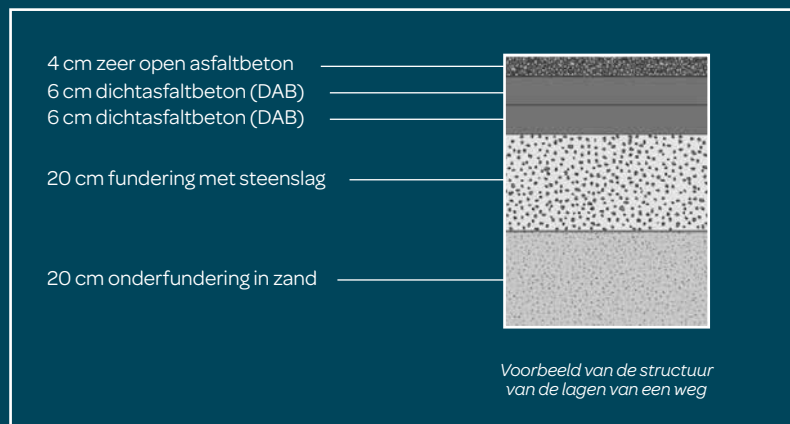


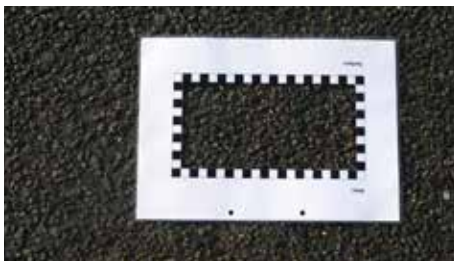
Dunne laag

BESTANDELEN VAN EEN BITUMINEUZE VERHARDING

Vier basisingrediënten die voor de aanmaak van een wegdek worden gebruikt zijn:

- ▶ steentjes (ook granulaat genoemd); voor onderlagen wordt de korrelmaat beperkt tot 20 mm, bij toplagen tot 10 mm;
- ▶ zand (kleinere korrelgrootte dan steentjes tot 2 mm, maar groter dan 0,063 mm);
- ▶ vulmateriaal (al het resterende steenachtige materiaal met korrelgrootte kleiner dan 0,063 mm);
- ▶ bindmiddel (meestal bitumen), maar er wordt ook geëxperimenteerd met nieuwe types bindmiddelen (kunstharsen).





Chemisch uitgewassen beton



Gebezemd oppervlak



Geprint beton

CEMENTBETONVERHARDING (OF KORTWEG BETON)

In dit geval gebruikt men cement als bindmiddel. Een cementbetonverharding bestaat uit grove granulaten, zand, cement, water en een aantal hulpstoffen. Beton wordt gekenmerkt door een grote stijfheid en een lange levensduur. Om een goede oppervlaktuur te bekomen wordt de betonverharding hetzij chemisch uitgewassen (zeker aan te raden bij hogere snelheden), hetzij gebezemd voor de minder belaste rijwegen waar trager gereden wordt. Betonverhardingen hebben het voordeel dat ze weinig onderhoud vragen.

De eerste betonwegen werden aangelegd met granulaten met grote korrelafmetingen (32 tot 40 mm). Vaak werden ook dwarsgroeven aangebracht in het verse beton. Deze zorgden voor een stroef en veilig wegdek met een goede waterafvoer maar ook met bijzonder hoge geluidsproductie. Eind de jaren 70 is overgegaan naar chemisch uitwassen van het oppervlak. Hierdoor werd ook een goede stroefheid bekomen maar verdwenen de hoogfrequente zuivere tonen die bij de dwarsgegroefde wegdekken hoorbaar waren. Een optimalisatie van de uitwastechiek heeft voor een belangrijke vermindering van het rolgeluid gezorgd. Het huidige concept van uitwassen bestaat erin de korrelgrootte van de granulaten aan het oppervlak te beperken, hetzij door te werken in twee lagen, nat-in-nat aangebracht, hetzij door een overmaat te voorzien aan granulaten tussen 4 en 6,3 mm (of 8 mm). De bedoeling is om het aandeel steentjes tussen 4 en 6,3 mm te verhogen tot 20 à 25 % van het minerale skelet (mengsel van zand en steenslag). Tijdens de verdichting komen deze granulaten aan het oppervlak en worden ze blootgelegd bij het uitwassen. De kwaliteit van deze stenen is primordiaal om een goede stroefheid in de tijd te kunnen garanderen. Door het beperken van de maximale korrelafmeting van het minerale skelet tot 20 mm of zelfs tot 14 mm neemt het rolgeluid verder af. Beton is heel duurzaam. Goede keus voor een duurzaam wegdek op secundaire en snelwegen als er geen al te hoge akoestische eisen worden gesteld. In principe ook voor straten en pleinen in de stedelijke omgeving, maar werken aan nutsleidingen kunnen een probleem vormen.

In het geval van minder snel bereiden wegen wordt het bezemen als oppervlaktechniek toegepast (zie Figuur). Onmiddellijk na aanleg wordt het oppervlak met een bezem afgestreken. Deze bezems hebben aaneengesloten staaldraden of PVC-draden. Voor de wegen is enkel dwarsbezemen toegelaten. In het geval van fietspaden en landbouwwegen kan ook in langsrichting gebezemd worden. De akoestische kwaliteit is wat minder dan uitgewassen beton.

Een speciale oppervlakafwerking is het figureren of printen van het beton (zie Figuur). Hierbij worden speciale motieven in het oppervlak ingebracht. Afhankelijk van de mal die gebruikt wordt kan hierdoor het uitzicht van kasseien of straatstenen of natuursteen verkregen worden. Aangewezen op plaatsen waar het om esthetische redenen gewenst is om een wegdek met het uitzicht van een straatsteen- of kasseiverharding te hebben, waar het extra rolgeluid geen probleem is en waar er een zware belasting is door zwaar verkeer (bv. bussen).

OPPERVLAKBEHANDELING AANGELEGD BETON

Er bestaan verschillende methoden om de oppervlakttextuur te herstellen of te verbeteren eens het beton aangelegd is. De oppervlakbehandeling zorgt naast een verbetering van de stroefheid en de vlakheid vaak ook voor een verlaging van het rolgeluid, zeker in het geval het gaat over de behandeling van oude betonwegen.

- ▶ Het afslijpen met een diamantschijf bestaat erin kleine groefjes, 3 à 4 mm breed met een tussenafstand van 1,5 à 3,2 mm, aan te brengen op het oppervlak. Dit leidt tot een verbeterde vlakheid met het behoud van de stroefheid en tot een verlaging van het rolgeluid. Het afslijpen gebeurt het best in langsrichting (verplicht volgens SB 250).
- ▶ Het fijnfrezen gebeurt met behulp van een koudfreesmachine, uitgerust met een verhoogde hoeveelheid freesbeitels. Ook deze methode leidt tot een verbeterde vlakheid met het behoud van de stroefheid en tot een verlaging van het rolgeluid. Ze is ook geschikt als voorbereiding van het oppervlak voor een verdere overlaging. Het fijnfrezen gebeurt steeds in langsrichting. De tussenafstand van de groefjes bedraagt maximaal 8 mm.
- ▶ Andere methodes zijn het boucharderen en het staalstralen. Het boucharderen wordt lokaal toegepast om een oppervlakkige mortellaag te verwijderen en leidt tot een verbetering van de stroefheid met behoud van de vlakheid. Bij het boucharderen wordt met hamers op het oppervlak geklopt. Dit kan wel leiden tot microscheuren aan het oppervlak. Het staalstralen bestaat uit een intensief stralen met stalen kogeltjes aan een hoge snelheid. Door middel van een afzuigstelsel wordt het stof verwijderd en de stalen kogeltjes gerecupereerd. Het stralen kan ook gebeuren met water onder hoge druk maar dit leidt tot een minder diepe inwerking. Het staalstralen geeft eveneens een verbeterde stroefheid als resultaat.
- ▶ Het polijsten of schuren van het verhard oppervlak wordt vaak uitgevoerd bij esthetische toepassingen, zowel binnen als buiten. Buiten is het van belang niet te fijn te polijsten om voldoende stroefheid te behouden. Het geluidsniveau speelt hier niet gezien deze behandeling niet op 'bereden' wegen wordt toegepast.
- ▶ In de Verenigde Staten wordt een geoptimaliseerde vorm van afslijpen met diamantschijven toegepast. Door te werken met een variable configuratie van de schijven wordt een negatieve textuur bekomen, die zorgt voor een verbeterde stroefheid en een verdere verlaging van het rolgeluid.



Diamond grinding beton



Frezen beton



Gepolierd beton



Kasseien

*Straatstenen kunnen
gemaakt worden uit beton,
gebakken klei of natuursteen*

BESTRATING

De verharding van bestratingen bestaat uit kleinschalige elementen die in een straatlaag geplaatst worden. De voegen tussen de elementen dienen steeds gevuld te zijn om verschuiven, klikken en uiteindelijk loswrikken van de straatstenen te vermijden. Het legverband dat gebruikt wordt, bepaalt in zeer sterke mate het geluid.

Het is echter ook mogelijk om met kleinschalige elementen een verharding aan te leggen met een aanvaardbare akoestische kwaliteit, d.i. vergelijkbaar met dicht asfaltbeton. Belangrijk is dan o.a. smalle voegen te hebben die niet loodrecht op de rijrichting staan.

Straatstenen kunnen gemaakt worden uit beton, gebakken klei of natuursteen. Een verharding met straatstenen kan veel vlakker aangelegd worden dan bij kasseien. Ook hier dient de snelheid beperkt te worden om uitzuigen van de voegen te vermijden wat een positief effect heeft op het rolgeluid. Het legpatroon kan er echter voor zorgen dat tonale geluiden ontstaan.

Straatstenen worden meestal vervaardigd uit beton of gebakken aarde. Dit type wegverharding wordt weinig gebruikt in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Zij kunnen verschillende vormen hebben zoals vierkant, recht- hoek, zeshoek. Sommige straatsteensoorten hebben een meer complexe vorm en zijn ontworpen om “in elkaar te grijpen”, wat de stabiliteit van het wegdek ten goede komt. Een voorbeeld zijn de straatstenen van het type “Victor”.

Zeer belangrijk voor de levensduur van een wegdek uit straatstenen is de fundering en de hoogte van de straatstenen, die beide aangepast moeten zijn aan het gewicht en de intensiteit van het verkeer dat erover rijdt. Een straatsteenverharding is geschikt voor wegdekken gaande van geen verkeer (enkel voetgangers) tot matige intensiteit van zwaar verkeer (tot 150 zware voertuigen/dag/rijstrook). De maximum toegelaten snelheid is bij voorkeur 50 km/u of lager.

Straatstenen bieden in vergelijking met een “continue” verharding een aantal specifieke voordelen. Een belangrijk voordeel in een stedelijke omgeving is de mogelijkheid om een dergelijk wegdek gedeeltelijk op te breken en te herleggen zonder sporen na te laten, bijvoorbeeld om aan nutsvoorzieningen onder het wegdek te werken. Een ander voordeel is het feit dat het wegdek onmiddellijk na aanleg opengesteld kan worden voor het verkeer. Nadelen zijn de relatief hoge kost voor de aanleg, de trage aanlegssnelheid en het feit dat men hiervoor beroep moet doen op gespecialiseerd en deskundig personeel.

Straatstenen zijn geschikt voor straten waar de snelheid van de voertuigen laag is (maximum 50 km/uur) en met niet meer dan sporadisch zwaar verkeer. Bij intensief zwaar verkeer (bijvoorbeeld bussen) krijgt men al snel spoorvorming. Het is van het allergrootste belang dat de klinkers (onder andere met voldoende hoogte: 10 tot 13 cm) en de onderliggende lagen (fundering) aangepast zijn aan de voertuigintensiteit en –tonnage waaraan het wegdek wordt blootgesteld. Zoniet gaat het wegdek binnen korte termijn stuk (breken en loskomen straatstenen, verzakkingen,..), wat ook op de lawaaiproductie een zeer nadelige invloed heeft.

De aanleg van straatstenen vereist ook de nodige know-how. De meest voorkomende constructiefouten zijn:

- ▶ Oneffenheden in de ondergrond, met als gevolg breken van straatstenen.
- ▶ Onvoldoende gecompacteerde ondergrond (verzakkingen).
- ▶ Stilstaand water op een ondoordringbare onderlaag (verzakkingen)
- ▶ Te geringe hoogte van de straatstenen (onstabiele straatstenen)
- ▶ Te grote voegen tussen de straatstenen (onstabiele straatstenen)

Het is van het allergrootste belang dat de klinkers en de onderliggende lagen aangepast zijn aan de voertuigintensiteit en –tonnage waaraan het wegdek wordt blootgesteld.



Kasseien, Paleizenplein, Brussels



Geprint beton



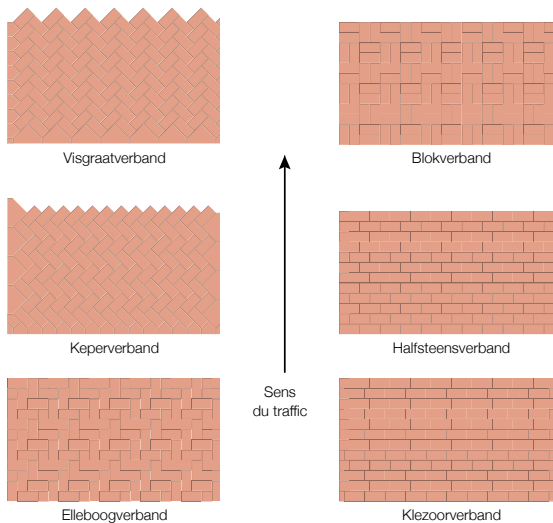
Klinkers in keperverband



Rechthoekige straatstenen met gekartelde rand

BETONSTRAATSTENEN

De betonstraatstenen kunnen in diverse verbanden worden gelegd.



Motieven met rechthoekige straatstenen. Pijl geeft rijrichting aan.

Motieven waarbij de voegen tussen de straatstenen niet loodrecht op de as van de weg lopen verdienen vanuit akoestisch oogpunt de voorkeur. Overgangen tussen straatstenen en andere verhardingen dienen zoveel mogelijk vermeden te worden. De abrupte verandering van het rolgeluid is immers extra hinderlijk voor de omwonenden.

Een alternatief voor betonstraatstenen dat wél bestand is tegen intensief zwaar verkeer is het "gefigureerd" beton, waarbij men in een vers aangelegd betonnen oppervlak het patroon van een elementenverharding indrukt. In dit geval kan de verharding niet meer worden "opgenomen" (wat een nadeel is) en heeft ze dezelfde eigenschappen als gestort cementbeton.

KASSEIEN

Kasseien zijn bestratingselementen van natuursteen zoals porfier, kwartsiet, graniet of van harde zandsteen. Zij worden meestal aangelegd in tonronde zodanig dat ook verticaal een gewelfwerking optreedt. Zij worden het meest toegepast om esthetische en cultuurhistorische redenen en gaan zoals boven vermeld vaak gepaard met extra geluidsproductie omwille van het oneffen oppervlak wat leidt tot extra trillingen (zie Figuur 10). Het gebruik wordt sterk afgeraden waar de snelheid van het verkeer hoger is dan 50 km/u vanwege gladheid en lawaai. Ze zijn glad en oncomfortabel voor fietsers en voetgangers. Idealiter is de snelheid beperkt tot 20 km/u of komt er geen verkeer door.

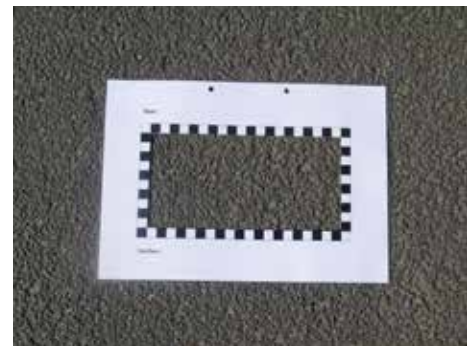
BESTRIJKING OF SLEMLAAG

Een bestrijking heeft een dikte van 5 tot 15 mm. Men spreidt een laag bindmiddel uit over de onderliggende grondlaag, die vlak moet zijn en in goede conditie. In de laag bindmiddel, die als “lijm” fungeert, wordt vervolgens een laag steentjes aangebracht (zie Figuur). Dit noemt men een eenlaagse bestrijking met enkelvoudige begrinding. Zij vormt een aangewezen oplossing voor wegen met gering verkeer. De steenslag kan ook in twee fasen worden gestrooid: eerst een laag middelgrof steenslag en meteen daarna een laag fijner steenslag. Dit is een eenlaagse bestrijking met dubbele begrinding. Deze beoogt een hoge stroeffheid en is vooral voor wegen met snel verkeer bestemd. Men kan ook op een bestrijking een tweede aanbrengen door opnieuw een laag bindmiddel uit te spreiden en hierin een tweede laag steentjes te fixeren. Dit is een tweelaagse bestrijking. Deze is geschikt voor wegen met druk en/of zwaar verkeer die al een zware verhardingsconstructie bezitten. Het is perfect mogelijk om de bestrijking te combineren met een ander wegdektype en bijvoorbeeld op een cementbetonoppervlak een bestrijking aan te brengen.

Een zogenaamde “slurry seal” laag of slemlaag (koud gegoten asfalt) wordt verkregen door een vloeibaar mengsel van aggregaten, bitumenemulsie met eventueel enkele additieven en vezels uit te gieten. Slembehandelingen zijn heel gevoelig voor de weersomstandigheden. In de praktijk wordt de uitvoeringsperiode beperkt van midden april tot eind september. Men kan er één of twee lagen mee aanleggen en het wordt gecompacteerd met een roller. De korrelmaten zijn 0/2, 0/4, 0/6,3 of 0/10.



Gedegradeerde kasseien



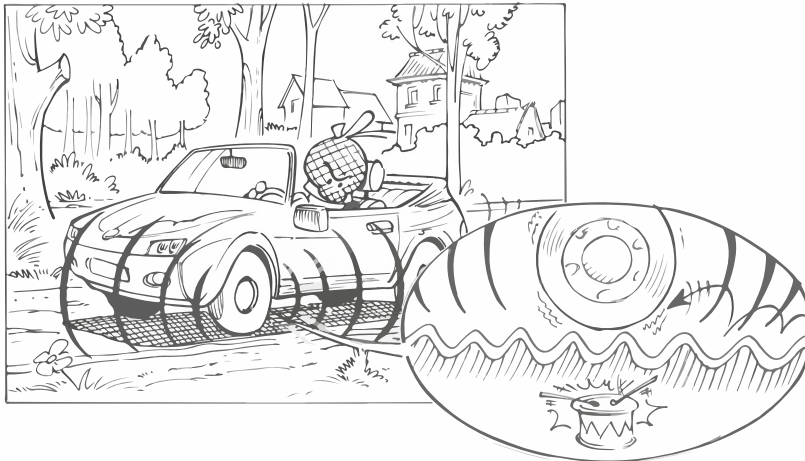
Bestrijking



OORZAKEN VAN ROLGELUIDEN

BANDENTRILLINGEN

Bij het rollen van de band over een oppervlak dat niet perfect glad is, worden door de oneffenheden als het ware een reeks slagen gegeven op het loopvlak van de band. Dit is vergelijkbaar met het in een hoog tempo kloppen met een hamertje op de band. Hierdoor worden het loopvlak en (onrechtstreeks) de zijkanten van de band aan het trillen gebracht. Deze trillende elementen stralen lawaai af, net zoals het trillende vel van een trommel geluid genereert. Bandentrillingen zijn doorgaans het dominante ontstaansmechanisme voor rolgeluid.





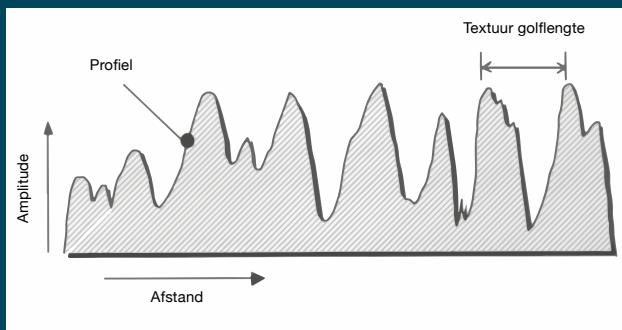
Onderzoek toonde aan dat niet alle oneffenheden bandentrillingen veroorzaken. Oneffenheden die (horizontaal gemeten) kleiner zijn dan een muntstuk van 5 cent veroorzaken nauwelijks trillingen in de autoband, dit in tegenstelling tot oneffenheden die groter zijn dan een muntstuk van 1 €. De autoband wordt het sterkst aan het trillen gebracht wanneer het wegdek bulten en/of putten vertoont met de afmetingen van het dekseltje van een jampotje met een diameter van 5 tot 10 cm. Dergelijke oneffenheden zijn dan ook absoluut te vermijden. In het vervolg van deze fiche worden de oneffenheden met grote horizontale afmetingen, die dus het lawaai ongunstig beïnvloeden, “grove oneffenheden” genoemd. In het jargon worden zij aangeduid met de term “megatextuur”

Onderzoek toont aan dat rolgeluid in belangrijke mate bepaald wordt door de textuur van het wegdek. Het op de vorige bladzijde ingevoerde textuurspectrum biedt veel informatie over de lawaaierigheid van het bewuste wegdek.

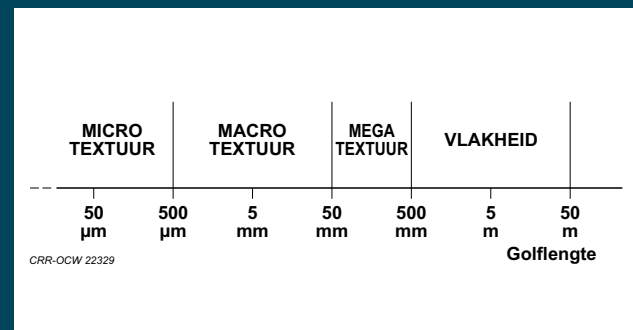
Trillingen van de banden worden vooral veroorzaakt door textuur in het megatextuurgebied (textuurgolflengte tussen 5 cm en 50 cm). Het spectrum van een geluidreducerend wegdek vertoont in die omgeving dan ook een laag textuurniveau. Het pompen van lucht is prominent aanwezig op een wegdek zonder fijne textuur. Dit fenomeen kan dan ook vermeden worden door het aanbrengen van macrotextuur (textuurgolflengte tussen 5 mm en 5 cm). Het textuurspectrum van een wegdek vertoont in dat gebied best hoge textuurniveaus

TEXTUUR EN TEXTUURSPECTRUM

De figuur met het wegdekprofiel toont een doorsnede van het wegdek, bijvoorbeeld evenwijdig met de rijrichting. De abscis geeft de afstand evenwijdig met de weg aan en de ordinaat de verticale variatie van de oneffenheden van het wegooppervlak. De typische afmetingen van de oneffenheden duidt men aan met hun “textuurgolflengte”. De textuurgolflengten van een wegdek kunnen gaan van minder dan 0,05 mm tot meer dan 50 m. Men deelt de textuurgolflengten in in vier “klassen”, naar- gelang hun textuurgolflengte.



Het wegdekprofiel

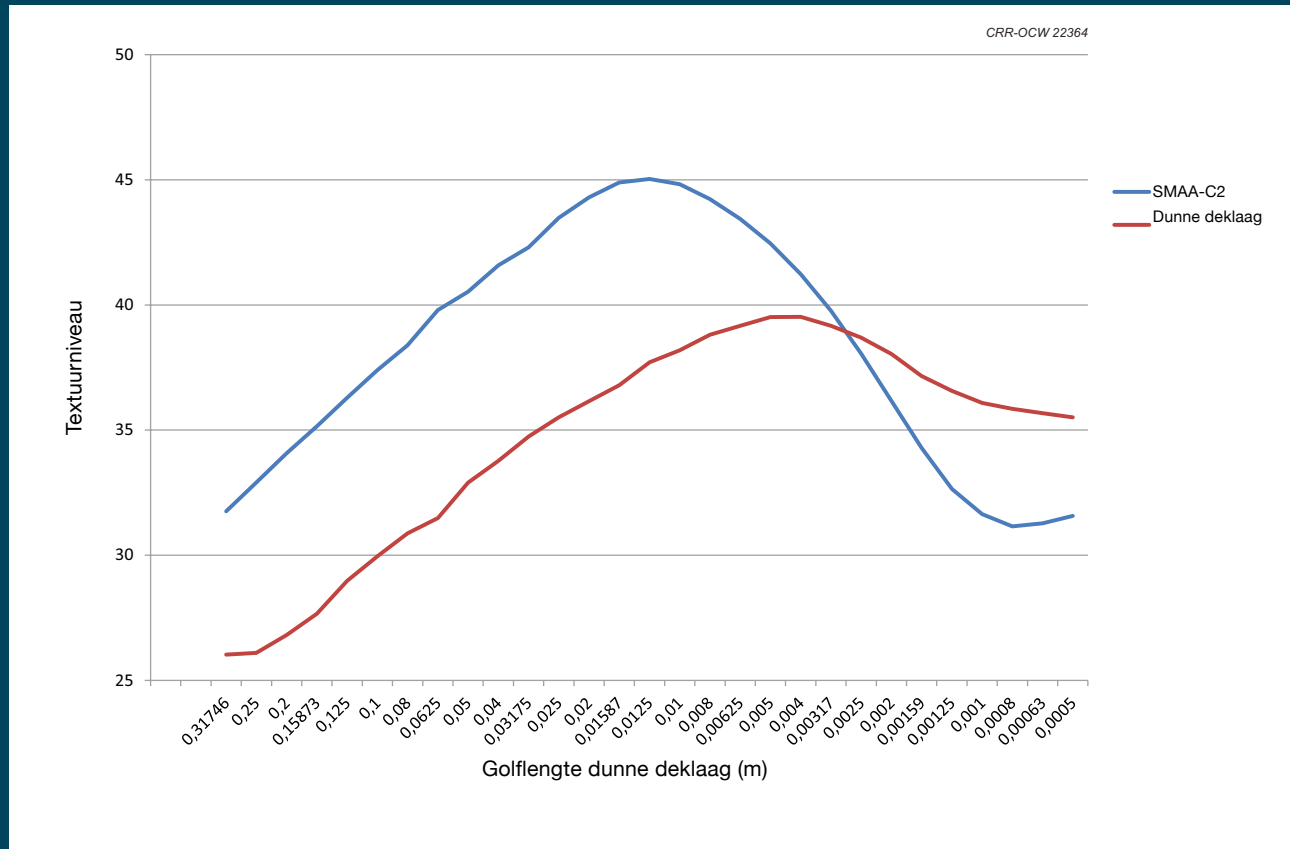


De vier textuurklassen

In de praktijk drukt men de amplitude niet uit in m of mm, maar voert men een logaritmische schaal in door het textuur- of profielniveau te definiëren.

Een amplitude van 10 mm komt aldus overeen met een textuurniveau van 20 dB; een amplitude van 1 mm met 60 dB en een amplitude van 1 cm met 80 dB. De meeste textuurniveaus situeren zich in de praktijk tussen 20 en 80 dB, wat een handige schaal is.

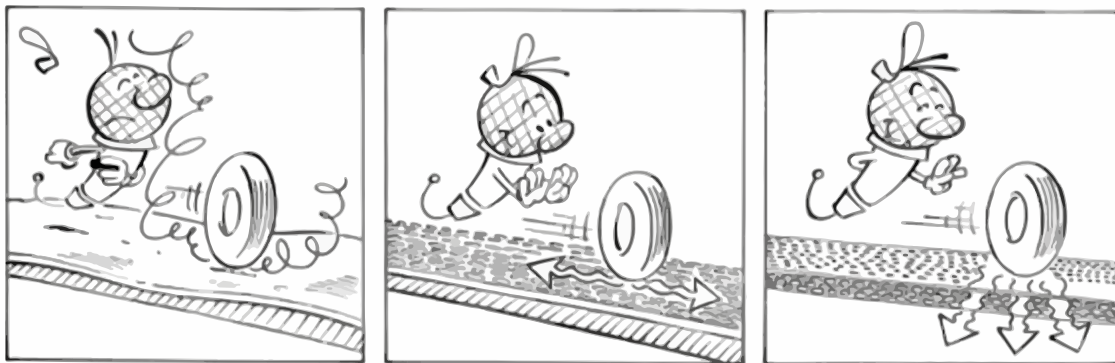
Geheel analoog aan een octaaf- of tertsbandspectrum van een geluid, kan men ook een octaaf- of tertsbandspectrum van een profiel definiëren. Een voorbeeld van een dergelijk spectrum wordt gegeven in bijgaande figuur. Men merkt dat in dit voorbeeld de dominante onregelmatigheden een textuurgolflengte hebben tussen de 5 en 20 mm.



Een band die over
een glad oppervlak rolt
maakt lawaai

POMPEN VAN LUCHT

Een band die over een glad oppervlak (bijvoorbeeld een onbehandeld betonoppervlak) rolt, maakt relatief veel lawaai. Het deel van de band dat het wegdek raakt (de “contactzone”) speelt hierbij een grote rol. Aan de voorzijde wordt lucht samengedrukt in het profiel van de band en deze lucht ontsnapt weer op een lawaaierige manier. Aan de achterzijde van de contactzone wordt lucht aangezogen in de holtes van het bandenprofiel.



Het pompen van lucht is prominent aanwezig op een wegdek zonder fijne textuur. Dit fenomeen kan dan ook vermeden worden door het aanbrengen van macrottextuur (textuurgolflengte tussen 5 mm en 5 cm). Het textuurspectrum van een wegdek vertoont in dat gebied best hoge textuurniveaus.

Het (geluids-)spectrum van het rolgeluid is ook gerelateerd met de textuur van een wegdek. Wanneer het pompen van lucht de dominante geluidsbron is, wordt vooral geluid met een hogere frequentie geproduceerd (1000 tot 1500 Hz). Bandentrillingen brengen een laagfrequenter geluid voort (500 tot 1000 Hz).

Bij een oppervlak dat bultjes en putjes vertoont met ongeveer de afmetingen van een muntstukje van 1 cent (bij- voorbeeld SMA) heeft men dit fenomeen niet of veel minder. In dit geval kan de lucht horizontaal tussen de oneffenheden ontsnappen voor hij wordt samengedrukt en is er om dezelfde reden geen lawaaiërig aanzuigefect aan de achterzijde van de contactzone (middelste figuur pagina 20). Een alternatief is een poreus wegoppervlak, dit is een oppervlak met verticale gaten, zoals ZOAB. Het ontsnappen en aanzuigen van lucht gebeurt in dit geval verticaal op een “stille” manier via de gaten in het wegdek (rechter figuur pagina 20).

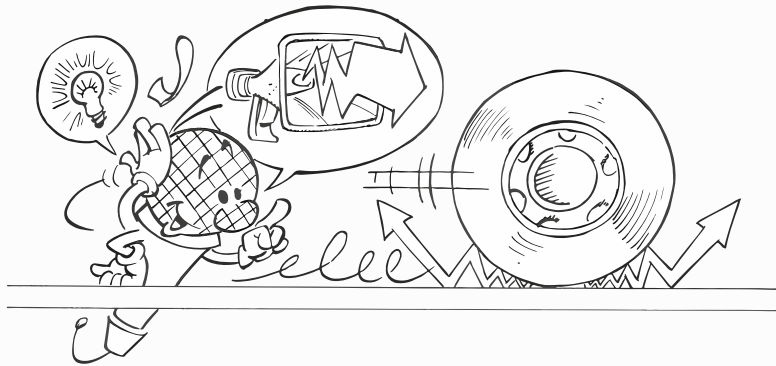
In het vervolg van deze fiche worden de oneffenheden met kleine horizontale afmetingen, die dus een gunstig effect hebben op de akoestische kwaliteit van een wegdek, aangeduid met “fijne oneffenheden”. In het jargon wordt dit ook “macrottextuur” genoemd.

HET HOORNEFFECT

Dit mechanisme veroorzaakt op zich geen geluid, maar versterkt het lawaai afkomstig van andere ontstaansmechanismen. In de luchtig (“hoorn”) gevormd tussen het loopvlak van de band en het wegdek kan het geluid meerdere keren weerkaatsen, waardoor het versterkt wordt. Hetzelfde principe wordt toegepast in een megafoon, maar in het geval van een band is het natuurlijk ongewenst.

Dit fenomeen kan onderdrukt worden door het wegdek geluidsabsorberend uit te voeren.

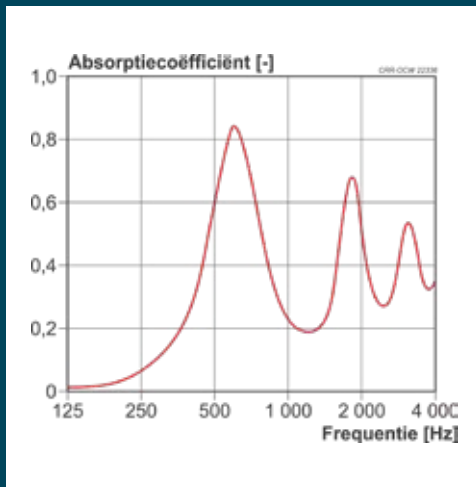
Het gaat om opeenvolgende reflecties van de geluidsgolf in de tweevlakshoek gevormd door de band en het wegoppervlak op gesloten wegbekledingen voor en achter het wiel.



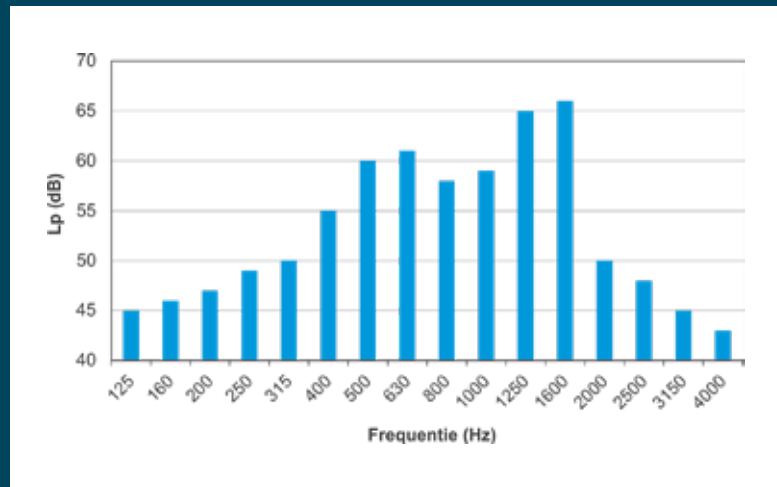
Het hoorneffect tussen de weg en de band

GELUIDSABSORPTIE DOOR HET WEGDEK

Om het hoorneffect te onderdrukken is het van belang het wegdek geluidsabsorberend uit te voeren. De geluidsabsorptie van een wegdek is sterk afhankelijk van de frequentie. In onderstaande figuur (rechts) wordt een absorptiecurve gegeven voor een tweelagig ZOAB-wegdek. Een absorptiecurve geeft aan welk percentage van de invallende geluidsenergie wordt geabsorbeerd bij de verschillende geluidsfrequenties. De getoonde absorptiecurve vertoont een reeks pieken: bij 700 Hz, 1900 Hz en 3500 Hz. Geluid met dergelijke frequentie wordt sterk geabsorbeerd door het wegdek. Vooral de piek met de laagste frequentie is van belang in het geval van verkeersgeluid. Het is van het grootste belang dat de absorptiecurve een piek vertoont in het gebied waar het spectrum van het rolgeluid maximaal is (500 tot 1000 Hz indien de bandentrillingen de dominante geluidsbron zijn, zoals bij ZOAB). Zoniet brengt de absorptie weinig zoden aan de dijk. De figuur rechts toont het rolgeluidsspectrum (in tertsbanden,) gemeten op een wegdek met een goede absorptie. De grafiek toont het geluidsdrukkniveau van het rolgeluid voor elke tertsband. De absorptie door het wegdek veroorzaakt een lokale "depressie" in het spectrum, net waar dit spectrum zonder absorptie precies maximaal is, tussen 650 en 1200.



Absorptiecurve

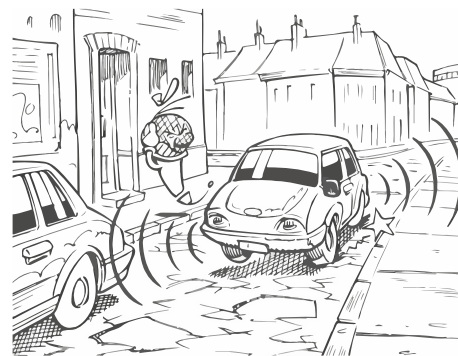
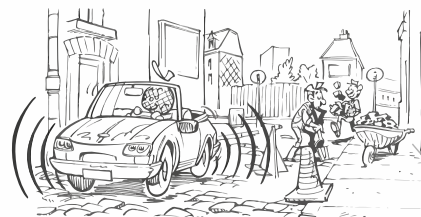


Spectrum rolgeluid van dubbellaags ZOAB

KENMERKEN VAN EEN GELUIDREDUCERENDE WEGVERHARDING

Uit het voorgaande kan worden afgeleid aan welke vereisten een wegdek zou moeten voldoen om een minimum aan rolgeluiden te genereren:

- ▶ Zo weinig mogelijk grove oneffenheden (dus met horizontale afmetingen groter dan pakweg een muntstuk van 1 €) en dit om bandentrillingen te voorkomen;
- ▶ Voldoende fijne oneffenheden op het wegdek (zoals reeds gesteld met horizontale afmetingen niet veel groter dan een muntstukje van 1 cent) en/of gaten in het wegdek om het pompen van lucht tegen te gaan. De fijne oneffenheden moeten homogeen zijn en mogen geen regelmatig patroon vertonen (bijvoorbeeld geen groeven die zich op regelmatige afstanden van elkaar bevinden);
- ▶ Absorberende eigenschappen voor rolgeluid om het hoorneffect te vermijden. Een goede geluidsabsorptie helpt ook om het motorgeluid te absorberen (dit is dominant bij lage snelheden);
- ▶ Elastische eigenschappen kunnen aanzienlijk helpen om de bandentrillingen te voorkomen (voorlopig slechts aangewend bij een beperkt aantal experimentele wegdekken, maar dit wordt verder onderzocht);
- ▶ Sommige types verharding vertonen van nature grove oneffenheden
- ▶ De kuilen en barsten die na verloop van tijd ontstaan in het wegdek, kunnen zich ontwikkelen tot grove oneffenheden.



GROVE ONEFFENHEDEN

De grove oneffenheden (textuurgolflengte tussen 0,5 m en 50 m) zijn een vanuit akoestisch oogpunt ongewenste eigenschap, die nogal wat bestaande wegdekken echter wel vertonen. Het manifesteert zich onder verschillende vormen:

- ▶ Een aantal types wegdekken vertonen op zich grove oneffenheden, omdat ze opgebouwd zijn uit bouwstenen met grote afmetingen. Voorbeelden hiervan zijn kasseien en straatstenen.
- ▶ Fouten bij de constructie van het wegdek kunnen ook grove oneffenheden veroorzaken. Een typisch voorbeeld hiervan zijn de typische “golvingen” die nogal wat oude betonoppervlakken vertonen en die het gevolg zijn van het op een verkeerde manier gladstrijken van het nog natte beton. Slecht ingewerkte putdeksels en ventilatieroosters (bijvoorbeeld voor de verluchting van de metro) kunnen eveneens aanleiding geven tot grove oneffenheden.
- ▶ Een derde oorzaak van grove oneffenheden kunnen veroorzaakt worden door fijne oneffenheden! Dit is het geval wanneer deze laatste niet gelijkmatig gespreid zijn over het wegdek. “Groepjes” fijne oneffenheden vormen samen grove oneffenheden.
- ▶ wegdekken kunnen ook meer grove oneffenheden gaan vertonen door slijtage: putten, scheuren, ...



MECHANISCHE IMPEDANTIE VAN EEN WEGDEK

Ook de mechanische impedantie (gerelateerd met de stijfheid/elasticiteit) van de weg is een factor die de lawaaiigheid van een wegdek beïnvloedt. De impedantie wordt gedefinieerd als de verhouding tussen de uitgeoefende kracht op de veroorzaakte snelheid van de verplaatsing.

Bij elastische wegdekken met rubber als belangrijk bestanddeel, zoals de zogenaamde poro-elastische wegdekken, werd al een aanzienlijke lawaai-reductie gemeten. De elasticiteit van het wegdek vermindert immers de bandentrillingen. Het O.C.W. werkt aan de ontwikkeling van deze veelbelovende wegdektypes.. Een poro-elastisch wegdek bestaat typisch uit rubberkorrels en steentjes, gebonden met een elastisch kunsthar. Het blijkt dat met dit wegdek extreme geluidsreducties, ca. 10 dB(A), kunnen worden gehaald. Het onderzoek spitst zich verder toe op het ontwikkelen van een type dat voldoende duurzaam en veilig is. In het kader van het project werden er proefvakken aangelegd in Denemarken, Zweden, Slovenië en België. Daar werd een geluidreductie van ca. 8 tot meer dan 10 dB(A) gemeten t.o.v. dicht asfaltbeton. De proefvakken worden nauw opgevolgd om meer informatie te vergaren over de duurzaamheid. Aangezien ze veel duurder zijn dan traditionele wegdekken, zouden ze eerder aangewend kunnen worden als alternatief voor geluidschermen, op plaatsen waar er een probleem heerst rond verkeerslawaai, op voorwaarde dat de duurzaamheid voldoende blijkt. Toepassing van dit type zou significant kunnen bijdragen tot een uitstekend akoestisch klimaat in de steden van de toekomst.

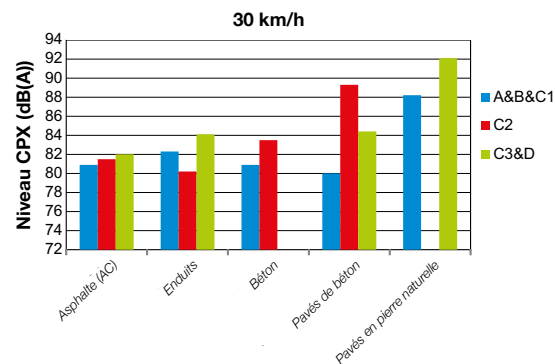




AKOESTISCHE EIGENSCHAPPEN VAN VERSCHILLENDE TYPES WEGDEKKEN

In juni 2015 werd door het OCW in Gent een meetcampagne uitgevoerd om de akoestische kwaliteiten van enkele typische wegdekken te bepalen met de CPX-trailer (zie technische fiche 7.4.3). Er werden een reeks wegdekken geselecteerd in de binnenstad van diverse types (dicht asfaltbeton, bestrijking, beton, betonstraatstenen en kasseien) met diverse graden van slijtage (A-B: uitstekend tot goed; C1-C3: matig tot slecht en D: zeer slecht). In de meeste straten bedroeg de maximumsnelheid 30 km/u.

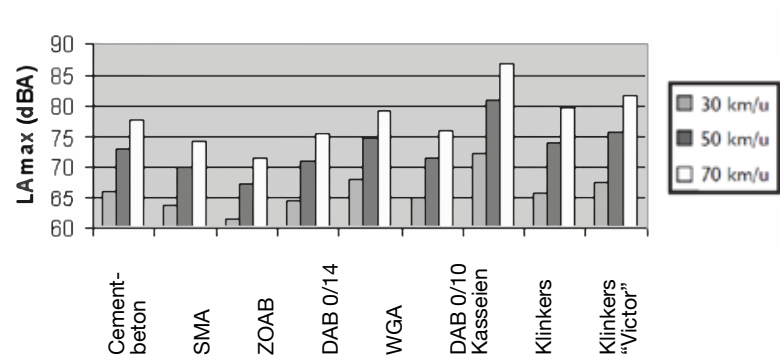
- ▶ De resultaten voor 30 km/u worden gegeven rechter figuur. Hoewel het een beperkte meetcampagne betrof - wat noopt tot voorzichtigheid bij de interpretatie van de meetresultaten – zijn toch een aantal trends duidelijk:
- ▶ Dicht asfaltbeton, bestrijkingen, beton en betonstraatstenen in goede staat hebben bij 30 km/u een geluidsemissie die in dezelfde grootte-orde ligt
- ▶ Er is een zekere trend zichtbaar dat hoe meer het wegdek versleten is, des te lawaai-eriger het wordt. Dit fenomeen zou duidelijker kunnen gemaakt worden door op méér wegdekken (in goede en in slechte staat) te meten
- ▶ Kasseistenen zijn ook al in goede staat lawaai-erig en worden ook al bij 30 km/u extreem lawaai-erig wanneer ze beginnen te verzakken



CPX geluidsniveau van enkele courante wegdekken gebruikt in de stedelijke omgeving met diverse graden van slijtage

Door de grote verschillen in textuur en absorptie zijn ook de akoestische eigenschappen van de verschillende wegdektypes sterk verschillend.

Hierna volgt een bespreking van de meest courante wegdektypes. Tussen haakjes wordt de typische geluidsemissie weergegeven bij een voertuigsnelheid van 50 km/uur. Dit zijn slechts richtwaarden. Binnen éénzelfde type kunnen er grote variaties optreden.



Geluidsniveau gemeten op 7,5 m afstand voor verschillende wegdek met verschillende snelheden

AKOESTISCHE KWALITEITEN VAN WEGDEKYPES

DAB (CA. 71 DB(A))

De dichte structuur van dit type wegdek zorgt voor het karakteristieke “luchtpompen”. Als het wegdek goed aangelegd is (d.w.z. met weinig grove oneffenheden), komen er relatief weinig bandentrillingen voor, waardoor het wegdektype “gemiddeld” scoort. Dit type wordt vaak als referentie gebruikt. Er is een enorme spreiding op de resultaten wanneer men geluidsmetingen uitvoert op verschillende secties DAB.

SMA (CA. 70 DB(A))

Dit wegdektype vertoont fijne oneffenheid, waardoor het lawaai van de banden die erover rollen, veroorzaakt wordt door bandentrillingen. De akoestische kwaliteit van SMA situeert zich tussen DAB en ZOAB.

ZOAB (CA. 68 DB(A) VOOR EENLAAGS EN 66 DB(A) VOOR TWEELAAGS)

Dit is een asfalt wegdek met veel iets grotere steentjes met min of meer dezelfde afmetingen. Het wegdek bevat relatief veel holtes, die ook nog onderling verbonden zijn. Een nog meer geavanceerde variante is tweelaags ZOAB, met een bovenlaag met kleinere en een onderlaag met grotere steentjes.

ZOAB combineert in principe een minimum aan grove oneffenheden (weinig bandentrillingen), een poreuze structuur (geen pompen van lucht) en een goede tot zeer goede geluidsabsorptie (vooral dan tweelaags ZOAB). ZOAB blijkt door zijn steenskelet goed bestand tegen vervormingen (spoorvorming), maar is kwetsbaarder voor slijtage (loskomen steentjes), waardoor de levensduur ervan korter is dan DAB.



BETONNEN STRAATSTENEN

In eerste instantie moet worden nagegaan wat de snelheid is van de voertuigen die over het aan te leggen oppervlak zullen rijden. Indien die snelheid lager is dan 20 km/uur, speelt het wegdek geen rol bij de lawaaiproductie en moet men bij de keuze van de straatstenen of kasseien verder geen rekening houden met het aspect lawaai.

Indien de snelheid 20 tot 30 km/uur bedraagt, kán men opteren voor “minder lawaaierige” straatstenen en bij snelheden van 30 tot 50 km/uur is het ten zeerste aanbevolen. Het gebruik van straatstenen of kasseien op wegen waar meer dan 50 km/uur wordt gereden, wordt afgeraden.

Elementenbestratingen zijn minder geschikt voor wegen die meer dan sporadisch worden bereden door zwaar verkeer. Dit type bestratingen moet worden aangelegd volgens de regels van de kunst en met een aangepasute fundering. Zoniet vertoont het wegdek snel putten en/of spoorvorming. In tegenstelling tot straatstenen vertonen kasseien dikwijls onvoldoende stroefheid.

BETONNEN STRAATSTENEN (CA. 73 DB(A)) EN KASSEIEN (CA. 81 DB(A))

Betonnen straatstenen en a fortiori kasseien behoren tot de meest lawaaierige types wegdekken en zijn niet aangewezen indien men grote prioriteit hecht aan het lawaaiarm maken van een bepaald wegdek. Opteert men om één of andere reden (esthetische of cultuurhistorische) toch om straatstenen of kasseien aan te leggen, dan kan men door het maken van de juiste keuze toch ervoor zorgen dat de lawaaiproductie zo laag mogelijk wordt gehouden. Niet alle straatstenen zijn immers even lawaaierig en men kan een straatsteenwegdek construeren dat niet lawaaieriger is dan een gemiddeld DAB-wegdek.

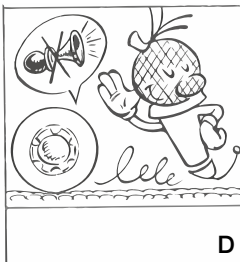
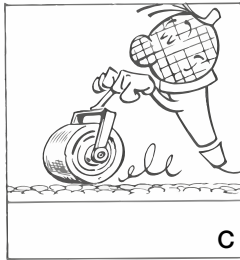
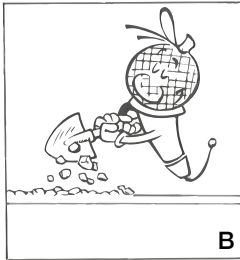
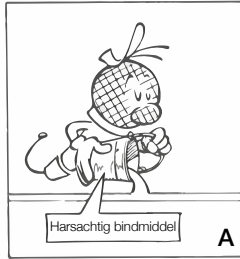


HOE KAN MEN EEN ELEMENTENVERHARDING KIEZEN MET EEN AANVAARBARE AKOESTISCHE KWALITEIT?

- ▶ Voegdikte: mag niet meer dan 8 mm bedragen bij transversale voegen (dwz loodrecht op de rijrichting) of 12 mm bij diagonale voegen. Zo klein mogelijk (3 tot 5 mm).
- ▶ Afstand tussen de voegen: deze moet meer dan 150 mm bedragen, ongeacht de voegdikte.
- ▶ Aantal stenen per m²: niet meer dan 36 stenen per m² voor vierkante, rechthoekige of zeshoekige straatstenen en niet meer dan 39 stenen per m² voor in elkaar grijpende types. Hierbij dient opgemerkt dat bij straatsteentypes met schijnvoegen het te rekenen aantal stenen gelijk is aan het aantal straatstenen vermenigvuldigd met het aantal “schijnbare” elementen per straatsteen.
- ▶ Oneffenheden met textuurgolflengte tussen de 2 cm en 20 cm op de straatstenen: textuuramplitude van meer dan 1 mm vermijden.
- ▶ Legverband: voorkeur dient gegeven te worden aan visgraat-, keper- of elleboogverband (zie ook p. 14).

De studie waarop bovenstaande aanbevelingen zijn gebaseerd (zie referentielijst) werd uitgevoerd voor straatstenen, maar de resultaten ervan kunnen worden uitgebreid naar straatsteenpatronen in een betonoppervlak en kasseien. Zo kan eruit worden besloten dat het voor kasseien aanbeveling verdient om indien mogelijk een type met een zo vlak mogelijke (gezaagde) top te gebruiken. Kasseien met een ronde kop, zoals de welbekende “kinderkopjes” vertonen gemakkelijk een amplitude van 1 cm of meer in het ongunstige textuurgebied.

Deze aanbevelingen gelden slechts voor een straatsteenbestrating in goede staat, dus zonder verzakkingen, ontbrekende straatstenen enz... Straatstenen en kasseien moeten worden aangelegd volgens de regels van de kunst en met een aangepaste fundering. Een straatsteenwegdek in slechte staat is immers extreem lawaaiërig!



WEGDEKKEN

DUNNE DEKLAGEN (CA. 70 TOT 66 DB(A))

Dunne deklagen zijn geschikt voor veel stedelijke locaties. Ze beantwoorden aan de wens van verschillende Europese landen om minder dure wegdek te verkrijgen dan de ZOAB, terwijl ze een leven bieden dat vergelijkbaar is met dat van de DAB. Een dunne deklaag is een asfaltverharding met een dikte van maximaal 3 cm, al dan niet met poreuze structuur.

De dunne deklaag combineert een aantal interessante eigenschappen: het is vrij goedkoop (vergelijkbaar met DAB), het is geluidsreducerend en relatief duurzaam. De geluidreductie wordt bekomen door de textuur te optimaliseren. Een algemene toepassing van dit type wegdek is een kostenefficiënte, interessante manier om verkeerslawaaai in steden en gemeenten terug te dringen.

Men dient een doordachte keuze te maken rekening houdend met de specifieke omstandigheden van de locatie aangezien men het niet zomaar overal kan toepassen. Het wegdek moet vermeden worden op plaatsen met veel wringend verkeer, zoals rotondes, kruispunten, parkings, uitrit bussen, enz. en op hellingen. Vooral de poreuze types zijn extra gevoelig voor rafeling en delaminatie van de onderlaag. Er moet gezocht worden naar een compromis tussen duurzaamheid en geluid afhankelijk van de noden van de locatie. Men dient voldoende aandacht te besteden aan een goede installatie aangezien er anders hoger risico is voor rafeling en loskomen van de ondergrond.

BESTRIJKING MET ALS BINDMIDDEL KUNSTHARS (CA. 63 DB(A))

In een laag harsachtig bindmiddel, die door zijn vloeibare karakter een zeer effen oppervlak vormt (plaatje a.), worden steentjes met kleine afmetingen aangebracht (b.). Deze worden effen uitgerold (c.). Het resultaat is een quasi afwezigheid van grove oneffenheden en voldoende fijne oneffenheden. Dit type wegdek, dat vanaf de begin-jaren '90 werd getest, vertoont een grote slijtvastheid, een hoge ruwheid en uitstekende akoestische eigenschappen. Dat het weinig wordt toegepast, is te wijten aan de relatief hoge kostprijs, die op zijn beurt is toe te schrijven aan het hoge percentage hars. (d.). Het wordt daarom eerder gebruikt voor bijzondere toepassingen, zoals in aanloopvakken naar kruispunten en rotondes, in gevaarlijke bochten enz. , d.w.z. op plaatsen waar een zeer hoge stroefheid vereist is. Niet toegepast als geluidswerende maatregel.

PORO-ELASTISCH WEGDEK (CA. 63 TOT 61 DB(A))

Een poro-elastisch wegdek bestaat uit rubberkorrels (doorgaans afkomstig van gemalen autobanden), aggregaten en een elastisch kunsthars (meestal polyurethaan) als bindmiddel. Het combineert een fijne textuur met een goede absorptie en een uitstekende mechanische impedantie, drie parameters die gewenst zijn voor het bekomen van een geluidreducerend wegdek)

Het is aangetoond dat een poro-elastisch wegdek extreem geluiddempende eigenschappen kan hebben: een vermindering van het rolgeluid met 10 dB(A) is mogelijk.

De ontwikkeling van dit wegdek bevindt zich echter nog in experimentele fase. Vooral het als geluiddempende maatregel kan worden ingezet, moet echter nog een aantal problemen worden overwonnen.



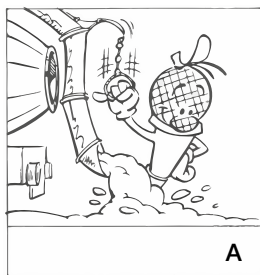
BETON WEGDEK

UITGEWASSEN BETONVERHARDING (CA. 70 DB(A))

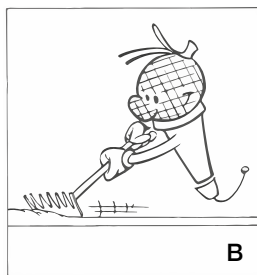


Bij de aanleg van een beton wegdek wordt het oppervlak bedekt met een vertragend product (in de praktijk gebruikt men meestal een bindingsvertrager op basis van een suikeroplossing, maar er kunnen ook chemische bindingsvertragers toegepast worden). Het niet uitgeharde bovenste laagje cement wordt na enige tijd verwijderd, waardoor aan het oppervlak enkel nog de harde bestanddelen (fijne aggregaten) overblijven. Cementbeton is een zeer sterk en duurzaam type wegdek.

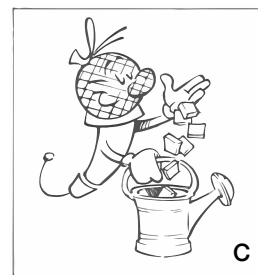
Onderstaande reeks figuren illustreert het procédé: (a.) aanleg van het beton, (b.) gladstrijken, (c.) als vertragend product wordt in de praktijk een suikeroplossing gebruikt, die dan (d.) op het nog natte betonoppervlak wordt gesproeid. Tussen het aanbrengen van de bindingsvertraging en het uitborstelen dient een bescherming te worden aangebracht om uitdroging te voorkomen (plastiekfolie). Na ca. 24 uur (afhankelijk van omgevingstemperatuur en samenstelling beton) wordt de niet-uitgeharde betonspecie verwijderd met behulp van borstel en/of water onder hoge druk (e.). Na het uitborstelen dient opnieuw een bescherming aangebracht te worden tot minimum 72 uur na het aanbrengen van het beton. Het resultaat is een zeer duurzaam wegdek met redelijke akoestische kwaliteiten (f.).



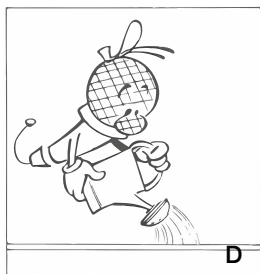
A



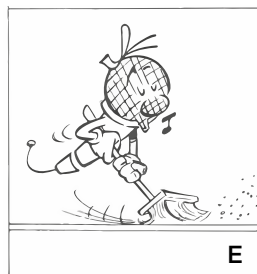
B



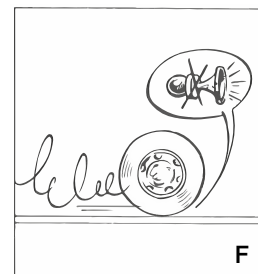
C



D



E



F

INVLOED VAN EXTERNE FACTOREN OP DE LAWAAI PRODUCTIE

INVLOED VAN WATER OP HET WEGDEK

Tot nu toe werd gesproken over akoestische kwaliteiten van wegdekken bij droog weer. Hoe beïnvloedt regen de lawaaierigheid van wegdekken? Nevenstaande tabel geeft de toename aan lawaaiproductie in functie van de neerslaghoeveelheid en de snelheid van de voertuigen en dit voor een dicht wegdek. Voor een wegdek met voldoende macrotextuur of met een poreuze structuur geeft neerslag geen aanleiding tot een noemenswaardige verhoging van de lawaaiproductie.

Hoeveelheid water	0-50 km/uur	50-70 km/uur	> 70 km/uur
Droog	65-71 dB(A)	71-75 dB(A)	> 75 dB(A)
Vochtig (motregen)	+ 2 dB(A)	+ 1 dB(A)	+ 0 dB(A)
Nat (matige regen)	+ 4 dB(A)	+ 3 dB(A)	+ 2 dB(A)
Nat (hevige regen)	+ 6 dB(A)	+ 4 dB(A)	+ 3 dB(A)



INVLOED VAN DE WEERSOMSTANDIGHEDEN OP DE LAWAAI-PRODUCTIE

De hierboven besproken akoestische eigenschappen gelden voor een droog wegdek. Aangezien er in ons land een groot aantal dagen per jaar neerslag valt, is het ook van belang de akoestische kwaliteiten te kennen van een wegdek bij regenweer.

Water op het wegdek kan de lawaaiproductie aanzienlijk beïnvloeden. Dit is afhankelijk van het wegdektype en de snelheid van de voertuigen. Op “dichte” wegdekken (niet poreus en zonder fijne oneffenheden) blijft er bij regenweer een laagje water op het wegdek staan. Dit veroorzaakt een toename van het lawaai die overeenkomt met een verviervoudiging van de verkeersintensiteit. Bij hogere snelheden (meer dan 70 km/uur) is de toename beperkt tot het equivalent van een verdubbeling van de verkeersintensiteit. Bij wegdektypes met fijne oneffenheden (zoals SMA of gegroefd beton) of die poreus zijn (zoals ZOAB) zorgt neerslag nauwelijks voor een verhoging van het geluidsdrukkniveau. Dit is één van de bijkomende voordelen van de stille wegdektypes.

ONEFFENHEDEN TEN GEVOLGE VAN PUTDEKSELS E.D. IN EEN WEGDEK

“Vreemde” elementen in een wegdek zoals deksels van rioolputten e.d. zijn niet zelden een lokale onvlakheid en hierdoor een lawaaibron. Het is zaak om bij de aanleg van de toplaag de nodige zorg te besteden, zodat het bovenvlak van deze vreemde elementen een perfect vlak vormt met de rest van het wegdek. De geluidtoename bij snelheden tot 60 km/u is bij putdeksels 1 tot 5 dB(A). Er dient de voorkeur gegeven te worden aan een fijne textuur voor het putdeksel.

Een ander voorbeeld van een vreemd element is een verluchttingsrooster van bijvoorbeeld de metro (foto). Een dergelijk rooster vertoont dikwijls een regelmatige structuur waardoor erover rijdend verkeer een hinderlijk, “zingend” geluid voortbrengt, net zoals dit het geval is bij b.v. gegroefd beton. Men moet de nodige voorzorgen te nemen bij de inplanting van deze roosters om overmatige hinder voor de omwonenden te voorkomen.

Tramsporen op kruispunten kunnen ook een extra geluidbron betekenen. De beste manier om dit geluid te vermijden is ze onder een hoek van 45° te plaatsen ten opzichte van de rijrichting. De toename in geluid kan oplopen tot 10 dB(A) bij 70 km/u wanneer het tramspoor loodrecht op de rijrichting ligt. Bij typische snelheden in de stad van 30 tot 60 km/u werden er geluidtoenames van 2 tot 9 dB(A) gemeten. Er zijn echter allerhande systemen op de markt voor het bekomen van geluid- en trillingdemping bij trambanen (reeds toegepast door STIB-MIVB).

Voor de inplanting van vreemde elementen in een asfalt wegdek bestaan er verschillende mogelijkheden.



Ventilatioerooster van een tunnel

INPLANTING VAN VREEMDE ELEMENTEN IN EEN ASFALT WEGDEK

Bij de aanleg van een asfalt wegdek bestaan er twee mogelijke werkwijzen om putdeksels te integreren in het wegdek:

- ▶ Men plaatst eerst de ondersteunende ring en het putdeksel en vervolgens legt men de asfaltlaag aan. Hierbij dient men ervoor te zorgen dat het putdeksel niet enkel op dezelfde hoogte ligt van het wegdek in een straal van enkele tientallen cm, maar ook van het wegdek in een straal van ettelijke meter. Men dient er m.a.w. voor te zorgen dat het wegdek niet op- of afloopt naar het putdeksel. In de praktijk blijkt het zeer moeilijk om op deze manier met zekerheid tot een goed resultaat te komen; men plaatst eerst de ondersteunende ring en het putdeksel en vervolgens legt men de asfaltlaag aan. Hierbij dient men ervoor te zorgen dat het putdeksel niet enkel op dezelfde hoogte ligt van het wegdek in een straal van enkele tientallen cm, maar ook van het wegdek in een straal van ettelijke meter. Men dient er m.a.w. voor te zorgen dat het wegdek niet op- of afloopt naar het putdeksel. In de praktijk blijkt het zeer moeilijk om op deze manier met zekerheid tot een goed resultaat te komen;
- ▶ Een alternatieve, maar duurdere methode is om eerst het wegdek rond de locatie van de put aan te leggen en vervolgens het asfalt rond de locatie van de put uit te snijden (een rand van ca. 10 cm rondom). Vervolgens plaatst men de ring en het putdeksel. De ruimte rondom het putdeksel vult men vervolgens op met gietasfalt. Dit asfalt wordt op een hogere temperatuur aangebracht dan conventioneel warm asfalt (230°C in plaats van 160°C), maar het kan manueel worden uitgespreid en het hoeft niet verdicht te worden. Op die manier kan men putdeksels op een perfecte manier in het vlak van een wegdek integreren.



INVLOED VAN SLIJTAGE OP DE LAWAAI-PRODUCTIE

De akoestische kwaliteiten van de diverse wegdektypes kunnen in de loop van de levensduur veranderen door slijtage-effecten. In grote lijnen kan de invloed van slijtage als volgt worden samengevat:

- ▶ DAB met weinig of geen oppervlakttextuur wordt de eerste twee jaar na de aanleg een beetje lawaaieriger. Daarna blijven de akoestische eigenschappen vrij constant tot aan het einde van de levensduur van het wegdek.
- ▶ Cementbetonverhardingen behouden nagenoeg dezelfde akoestische kwaliteiten over de volledige levensduur. Jaarlijkse geluidreductieverliezen van ca. 0,1 dB(A) worden gerapporteerd voor chemisch uitgewassen beton.
- ▶ Dunne deklagen zijn gevoelig voor rafeling. De toename van geluid is hieraan vaak gelinkt. Bij poreuze types kunnen ook de holtes verstoppert met de tijd. Typisch gerapporteerde waarden zijn 0,3 tot 0,8 dB(A) geluidtoename per jaar.
- ▶ De wegdektypes met een zeer open textuur (ZOAB) verliezen geleidelijk hun aanvankelijk goede akoestische kwaliteiten door enerzijds verstopping van de holtes (vermindering absorptie) en anderzijds het loskomen van aggregaat uit de toplaag (toename van megatextuur). In bepaalde gevallen gaat de evolutie snel, in andere gevallen traag. Men mag rekenen op een toename van de lawaaierigheid met maximaal 3 dB(A) gedurende de eerste vier jaar.



ANDERE CRITERIA VAN WEGDEKKEN

HERSTELLING VAN WEGDEKKEN

Beschadigingen van een wegdek geven nogal eens aanleiding tot meer lawaai. Herstellingen zijn noodzakelijk, maar moeten worden uitgevoerd volgens de regels van de kunst.

Een duurzame reparatie zonder de akoestische kwaliteiten van het wegdek aan te tasten, kan enkel met een warm asfaltmengsel. De procedure omvat volgende stappen: reparatieplek afbakenen, verticaal in- snijden en verwijderen, schoonmaken en drogen, kleefmiddel aanbrengen, voorgevormde voegband aan- brengen, gat vullen, verdichten, oppervlak afstrooien.

Na één jaar ziet de herstelde plaats er nog steeds onberispelijk uit.

ASFALTBETON

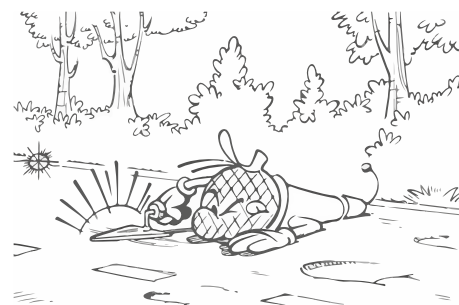
Asfaltwegdekken kunnen plaatselijk worden hersteld. Een dergelijke herstelling van een asfaltwegdek leidt in de praktijk nogal eens tot extra grove oneffenheden met meer lawaaihinder tot gevolg. Koude asfaltmengsels zijn enkel geschikt voor voorlopige herstellingen, want zijn niet duurzaam.

CEMENTBETON

Er bestaan een reeks methodes (frezen, slijpen met diamantschijven, hameren,...) om het oppervlak van een cementbeton wegdek dat grove oneffenheden vertoont (bijvoorbeeld door slijtage of constructiefouten) vlak te maken en ook nog te voorzien van gewenste fijne oneffenheden.

Verzakte betonplaten, waarbij een trapje ontstaan is tussen de verschillende platen, kunnen opgeperst worden en geconsolideerd door het inspuiten van een betonmengsel onder de plaat.

Kleinere, lokale beschadigingen kunnen hersteld worden met behulp van speciale mortels, o.a. op basis van epoxy-hars.



KOSTPRIJS VAN EEN WEGDEK

De kostprijs van een geluidreducerend wegdek kan vanuit twee invalshoeken worden bekeken:

Toplaag	Relatieve aanlegkost
Referentie AB-1B (DAB 0/14)	1
DAB (allerhande soorten en diktes)	0,5 - 0,9
Begrind DAB	1,2
SMA	0,9 - 1,6
ZOA (éénlaags)	0,8 - 0,9
ZOA (tweelaags, 7 cm)	2
Dunne deklaag	0,6 - 2
Bestrijkingen (bitumen)	0,3 - 0,5
Bestrijking (époxy)	6
Beton (20cm)	4,6
Beton (per cm)	0,23
Kasseien (exclusief straatlaag)	5,7 - 6
Betonstraatstenen (exclusief straatlaag)	2,9 - 3,6

Niet enkel het gekozen materiaal en de hoeveelheid bepaalt de prijs van een wegdek, maar ook de gekozen onderhoudsstrategie.

1. Wanneer een straat of weg (her-)aangelegd dient te worden moet een keuze worden gemaakt uit diverse types. De financiële consequentie van die keuze moet becijferd worden. In dit geval dient men de meerkost van een wat duurder lawaaiarm wegdek (ten opzichte van een conventioneel wegdek, zoals DAB) af tegen de toename aan comfort en levenskwaliteit van de omwonenden.
2. Wanneer verkeerslawaaï gesaneerd dient te worden moet het aanbrengen van een geluidreducerend wegdek ook financieel afgewogen worden tegenover andere saneringsmaatregelen (plaatsen schermen, geluidsisolatie aanbrengen in woningen,...).

De kostprijs van een wegdek wordt bepaald door drie componenten :

- ▶ de aanlegkosten;
- ▶ de kosten voor klein onderhoud;
- ▶ de kosten voor groot onderhoud (bijvoorbeeld het vervangen van de toplaag van een ZOAB wegdek).

De kosten hangen samen met het type wegdek (gewapend of niet-gewapend cementbeton, gewassen cementbeton,). Verder spelen de dikte van de toplaag en de fundering een rol. Ook de onderhoudsstrategie (de duur van de cycli voor klein en groot onderhoud en de aard van de onderhoudsacties) is een kostprijsbepalende factor. Gekozen wegdektype en onderhoudsstrategie moeten afgestemd zijn op het type en het gebruik van de weg (intensiteit en samenstelling van het verkeer).

De relatieve aanlegkost (DAB 0/14) van een aantal besproken wegdektypes worden gegeven zie naast staande tabel

EIGENSCHAPPEN VAN STILLE WEGDEKKEN

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van de akoestische en de voornaamste niet-akoestische eigenschappen van DAB en enkele courante geluidsarme(re) wegdektypes.

	DAB	ZOAB	SMA	Bestrijking met hars	Gewassen beton	Dunne deklaag
Gemiddelde geluidsreductie ten opzichte van DAB in dB(A)	0	3 (enkellaags) 5 (dubbellaags)	1 tot 3	tot 8	1 tot 3	1 tot 5
Weerstand aan permanente vervorming [1]	Goed	Zeer goed	Zeer goed	Afhankelijk van onderlaag	Zeer goed	Goed afhankelijk
Gemiddelde levensduur in jaren	12 tot 15	10 tot 12 (7 à 9 voor tweelaags ZOAB)	12 tot 15	12 tot 13	25 tot 30	7 tot 10
Stroefheid (μ) [2]	0,35 – 0,55	0,4 – 0,5	0,4 – 0,55	0,85 – 0,9	0,4 – 0,7	0,35 – 0,55
Doorlatendheid	Waterdicht	Doorlatend	Waterdicht	Waterdicht	Waterdicht	Waterdicht
Opspattend water	Minder goed	Zeer goed	Gemiddeld	Moins bon	Gemiddeld	Gemiddeld
Structureel onderhoud [3]	Normaal	Voegen [4]	Normaal	Normaal	Normaal	Normaal
Functioneel onderhoud [5]	Normaal	Moelijk	Normaal	Normaal	Normaal	Normaal
Duur aanleg	5 uur tot 1 dag [6]	5 uur tot 1 dag	5 uur tot 1 dag		3 tot 7 dagen [7]	5 uur tot 1 dag

[1] Spoorvorming

[2] Een voldoende stroefheid van het wegdek is één van de belangrijkste parameters voor de veiligheid van de voertuigen die erop circuleren. μ is een dimensieloos meetresultaat met de SCRIM (Side Force Coefficient Routine investigation Machine). $\mu < 0,35$: onvoldoende stroefheid; $0,35 \leq \mu \leq 0,45$: kritieke waarde en $\mu > 0,45$: voldoende stroefheid

[3] Instandhouding alle eigenschappen, behalve de akoestische

[4] Bij aanleg van een nieuwe top laag moet men ervoor zorgen dat er geen ondoordringbare voegen ontstaan tussen oude en nieuwe lagen, dit om steeds een goede waterafvoer te behouden

[5] Instandhouding akoestische eigenschappen

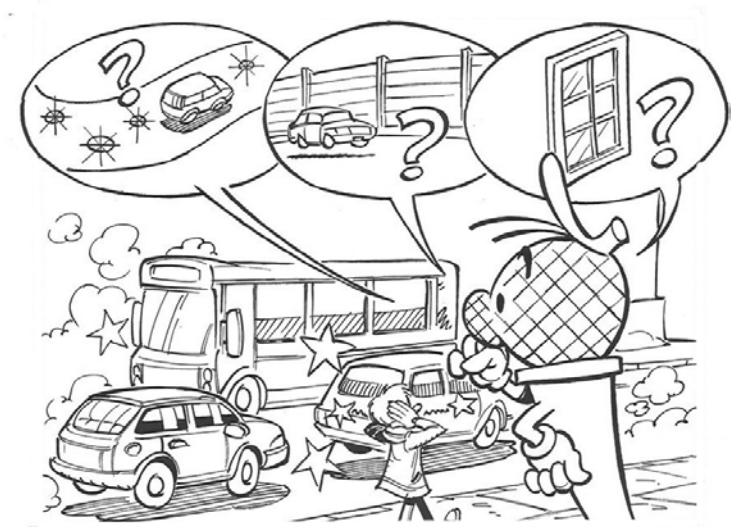
[6] Afkoeling afhankelijk van de dikte van de laag en de omgevingstemperatuur

[7] Afhankelijk van de lengte van de aan te leggen sectie.

EVALUATIE VAN DE VERSCHILLENDE SANERINGSMOGELIJKHEDEN VOOR GELUID

Men dient zich voor een sanering volgende vragen te stellen:

- ▶ Welke saneringsmaatregelen zijn mogelijk, rekening houdend met alle beperkingen (o.a. stedenbouwkundige)?
- ▶ Welke geluidsreductie kan voor elk van de mogelijke saneringsmaatregelen worden verwacht?
- ▶ Welke zijn de niet-akoestische voor- en nadelen van de verschillende mogelijke saneringen?
- ▶ Welke maatregel levert de grootste geluidsreductie op en welke is het meest kostenefficiënt?



REFERENTIES

- ▶ Descornet G. e.a., “Traffic Noise and Road Surfaces: State of the Art”, SI.R.U.US PROJECT, uitgave van het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, Brussel (2000).
- ▶ Sandberg U., Ejsmont J.A., “Tyre/road reference book”, NFORMEX, Kisa, Zweden (2002), tableau 19.8, p. 413.
- ▶ Kosten en kwaliteit van wegverhardingen”, Vereniging tot Bevordering van Werken in Asphalt, PB 68, 3620 AB Breukelen, voir [http:// www.vbwasfalt.org](http://www.vbwasfalt.org).
- ▶ Kosten en kwaliteit van wegverhardingen”, Vereniging tot Bevordering van Werken in Asphalt, PB 68, 3620 Breukelen (NL).
- ▶ Steven H., “Geräuschemissionen auf Betonsteinpflaster”,
- ▶ FIGE GmbH, Forschungsinstitut Geräusche und Erschütterungen, Kaiserstrasse 100, 5120 Herzogenrath (D) (1992).
- ▶ “Revêtements de pavés en béton, Conception – Mise en œuvre”, FEBELCEM, dossier ciment, 8 (1996).
- ▶ « Prescriptions administratives et techniques pour la préparation d’éléments de planification en matière de lutte contre le bruit – Lot 2 – Les revêtements routiers », étude commanditée par IBGE/ BIM, réalisée par ATECH/FIGE (1997).
- ▶ « Structures et revêtements des espaces publics – Guide technique », Centre d’études sur les réseaux, les transports l’urbanisme et les constructions publiques, Ministère de l’Équipement des Transports et du Logement (2001), voir <http://www.certu.fr>.
- ▶ « Mesure du bruit à faibles vitesses et pour différents types de revêtements routiers – rapport interne » IBGE/BIM (1993).
- ▶ « Manuel des Espaces Publics Bruxellois », Région de Bruxelles-Capitale.
- ▶ NBN EN 1342 :2002 « Straatkeien in natuursteen – Eisen en proeven », te bestellen bij het Belgisch Instituut voor Normalisatie, zie bijvoorbeeld [http:// www.bin.be](http://www.bin.be).
- ▶ TB 2011 – Typebestek betreffend wegeniswerken in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.
- ▶ www.persuadeproject.eu
- ▶ Typebestek 2011: F.1.2.8.1; SB 250: 6-1.4.10.2 Qualiroutes: G. 1.2.8.1
- ▶ Typebestek 2011: F.1.2.8.3; SB 250: 6-1.4.10.5 Qualiroutes: G. 1.2.8.3
- ▶ Bergiers, A., De Visscher, J., Denolf, K., Destrée, A., Vanhooreweder, B., Vuye, C., “Test sections to study the acoustic quality of thin noise reducing asphalt layers”, ISMA Noise and Vibration Engineering Conference 2014, Louvain, 15-17 september 2014
- ▶ Handleiding voor de keuze van de asfaltverharding bij het ontwerp of onderhoud van wegconstructies”, Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, A78/06 (2006), te bestellen via www.ocw.be Aangevuld met informatie verkregen via communicatie met Margo Briessinck van Agentschap Wegen en Verkeer en Vincent Thibert van Bruxelles Mobilité.



Rédactie: ARIES consultants & OCW (editie 2004) - OCW (editie 2018)
Leescomité: J.-L. Simons, F. Saelmackers, E. Monami-Michaux & V. Thibert

Wettelijk depot: D/5762/2017/20
Copyright foto's : Leefmilieu Brussel, OCW, Thinkstock

Verantwoordelijke uitgever: F. Fontaine & B. Dewulf · Site van Thurn & Taxis · Havenlaan 86C/3000 · 1000 Brussel
Gedrukt met plantaardige inkt op gerecycleerd papier.