



23. KADASTER EN KENMERKEN VAN HET WEGDEK

Deze fiche geeft de resultaten van twee studies uit 1997 over de wisselwerking tussen wegdek en geluidshinder. Die studies werden uitgevoerd in het kader van de opstelling van het eerste geluidsplan. Alleen de fiche over het "kadaster van de wegverhardingen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest" is in 2005 bijgewerkt om rekening te houden met de laatste beschikbare gegevens terzake.

De resultaten van die twee studies worden overigens in detail beschreven en aangevuld door andere informatiebronnen in het vademecum over wegverkeerslawaai in de stad (BIM/ARIES 2002-2004), hoofdstuk "Parameters die de productie en voortplanting van lawaai beïnvloeden" en in de overeenkomstige technische fiche.

(zie website van het BIM, <http://www.ibgebim.be/nederlands/contenu/content.asp?ref=1339>).

1. Inleiding

In de productie van verkeerslawaai speelt het type wegverharding een belangrijke rol, naast andere parameters zoals het volume, de snelheid en het type van het verkeer. Om een beter inzicht te krijgen in deze problematiek, heeft het BIM twee studies laten uitvoeren:

- "Het wegdek": een inventaris van bestaande wegverhardingen (op basis van de studie die A-Tech en Fige in 1997 hebben gemaakt; het resultaat werd samengebracht in 32 fiches met de belangrijkste kenmerken van ieder wegdek), een volledig kadaster van de wegverhardingen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (in listing en kaartvorm), een analyse en aanbevelingen (zie referentie 2);
- "Karakteristieken van wegdekken": geluidsmetingen uitgevoerd op wegverhardingen (9 types) in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (zie referentie 3).

In wat volgt, worden de bevindingen van beide studies samengevat en aangevuld met enkele andere resultaten uit de literatuur.

2. Categorieën wegverhardingen

In het algemeen kunnen we stellen dat er drie grote categorieën wegverharding bestaan: asfaltverhardingen, betonverhardingen en natuurstenen bestrating. Binnen die groepen bestaan er veel varianten naar gelang van de materiaalkeuze, de manier van plaatsing enzovoort. Vooraleer we hun geluidskenmerken bestuderen, geven we hier een beknopt overzicht van de belangrijkste niet-akoestische kenmerken van een aantal vaak voorkomende wegverhardingen (ref. 2).

2.1. Niet-akoestische kenmerken

Onderstaande tabel biedt een overzicht van de wegvastheid of grip die het wegdek mogelijk maakt, de gemiddelde uitvoeringskosten (kosten van vernieuwing van het wegdek op bestaande onderlagen, behalve voor cementbeton), de gemiddelde onderhoudskosten (bv. sanering bij barst- en spoorvorming), de gemiddelde levensduur, de mogelijke specifieke problemen van elke verharding en een raming van het energieverbruik bij de bouw. De invloed van het wegdek op het energieverbruik van de voertuigen werd niet vermeld, aangezien die vrij beperkt is en hoofdzakelijk wordt beïnvloed door het rijgedrag. Verder zien we dat alle wegverhardingen (gedeeltelijk) vervaardigd kunnen worden op basis van gerecycleerde producten en zelf ook recycleerbaar zijn. Ten slotte geeft de tabel de aanbevolen snelheden (bij ijzel of regen is gevarensignalisatie nodig op zeer open asfaltbeton en bij regen ook op splitmastiekasfalt) en de typische gebruiksaanbevelingen.

**Tabel 23.1: Niet-akoestische kenmerken van wegverhardingen (cf. ref. 2, 1997)**

Wegdek	Asfalt-beton	Splitmastiëkasfalt	Zeer open asfalt	Gietasfalt	Natuursteen-bestrating	Betonsteen-bestrating	Cementbeton
Grip	Matig	Matig	Matig	Altijd goed			Altijd goed
Bouwkosten (€/m ²)	4	5	13,9	7,4			300 incl. onderlaag
Onderhoudkost (€/m ²)	1,0-1,5	1,0-1,5	2/reiniging	0			0,15/jaar
Levensduur (jaar)	12-15	12-13	10-15	>= 30			30
Specifieke problemen	Spoorvorming of barsten	Spoorvorming, barsten of regen	Verstopping van de poriën, ijzel, regen	Geen	Oppervlak wordt glad, verzakking	Verzakking	Geen
Energieverbr. bij de bouw (MJ/m ²)	Ca. 507	Ca. 531	Ca. 507 of minder	Ca. 531			Ca. 630
Recycleerbaarheid	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Steenslag
Typische snelheid	Alle	Alle	Alle	Alle	Tot ca. 50	Tot ca. 50	Alle
Typische toepassingen	Geen beperking	Geen beperking	Autosnelwegen, Agglomeraties, hoofdwegen	Autosnelwegen, hoofdwegen	Agglomeraties, verkeersarme zone, parkings	Agglomeraties, verkeersarme zone, parkings	

2.2. Meetmethodes voor het verkeerslawaai

- SPB-methode: Statistical Pass-By: meting van het lawaai (en de snelheid en samenstelling) van normaal verkeer op een bepaalde plaats;
- CPB-methode: Controlled Pass-By: meting van het lawaai van een bepaald referentievoertuig dat aan een bepaalde snelheid voorbij de microfoon moet rijden.

Die twee passagemethodes meten het totale geproduceerde geluid.

- Trailer-methode: een akoestisch geïsoleerde aanhangwagen waarop ter hoogte van de banden microfoons zijn gemonteerd, wordt over het wegdek voortgetrokken.

Met die laatste methode wordt enkel het rolgeluid geregistreerd.

2.3. Akoestische kenmerken

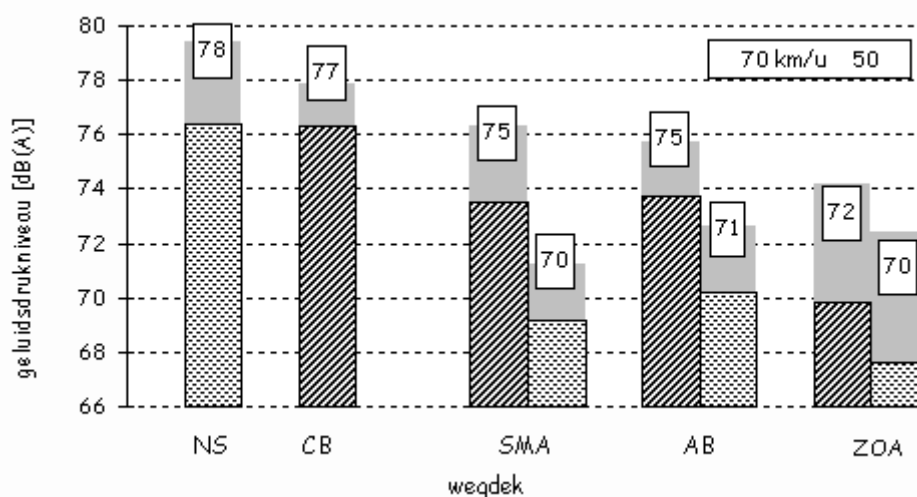
In het algemeen kunnen we stellen dat een wegdek stiller is naarmate de deklaag een hoger geluidsabsorptievermogen heeft, de megatextuur kleiner is (geen grote onregelmatigheden), en kleine granulaten overheersen in de macrottextuur (cf. ref. 4 en 5).

We bespreken hier de resultaten van de algemene inventaris van de bestaande wegverhardingen (ref. 2) en in het punt daarna gaan we in op de specifieke resultaten van de metingen die zijn uitgevoerd in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (ref. 3).

Figuur 23.2 bevat de resultaten van de FIGE-databank volgens de statistical-pass-bymethode (SPB) voor personenwagens op een keuze van 5 wegdektypes: natuursteenbestrating (NSB) (50 km/h), cementbeton (CB) (70 km/h), splitmastiëkasfalt (SMA) (70 en 50 km/h), asfaltbeton (AB) (70 en 50 km/h) en fluisterasfalt of zeer open asfalt (ZOA) (70 en 50 km/h). Telkens worden de gemiddelde waarde (vette arcering) en de standaardafwijking (grijsstint) van de metingen uit de FIGE-databank opgegeven.



Figuur 23.2: Niveau van de geluidsemmissie op de verschillende wegdektypes – meetresultaten voor personenauto's tegen 70 km/h (gearceerd) en tegen 50 km/h (gestippeld) volgens de SPB-methode



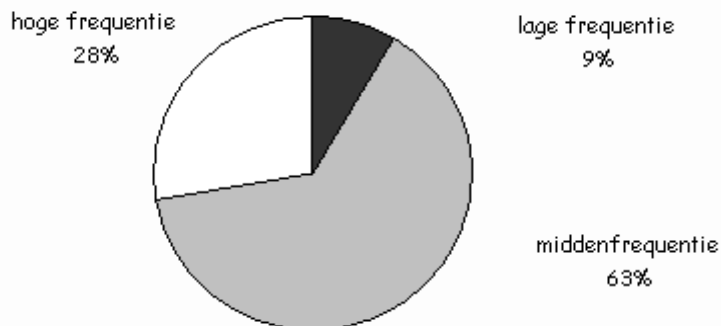
De eerste vaststelling is dat het verschil tussen de laagste en de hoogste gemiddelde waarde aanzienlijk is, namelijk 8 dB(A). Het type wegdek is dus wel degelijk een belangrijke parameter voor het verkeerslawaai. Ten tweede zien we dat de dispersie voor de verschillende verhardingen groot is (tot 2,5 dB(A)). De belangrijkste verklaring hiervoor is dat de uitvoering en de kwaliteit van een zelfde soort wegdek sterk variëren van plaats tot plaats.

Gemiddeld genomen, kunnen de wegverhardingen als volgt worden ingedeeld (van stilst naar luidst bij stadsverkeerssnelheden) :

- fluisterasfalt of zeer open asfalt (ZOA);
- splitmastiëkasfalt (SMA);
- asfaltbeton (AB), gietasfalt, geluidsarm cementbeton (CB) en geluidsarme betonbestrating;
- overige cementbetonverhardingen en andere betonbestratingen;
- natuursteenbestrating (NS).

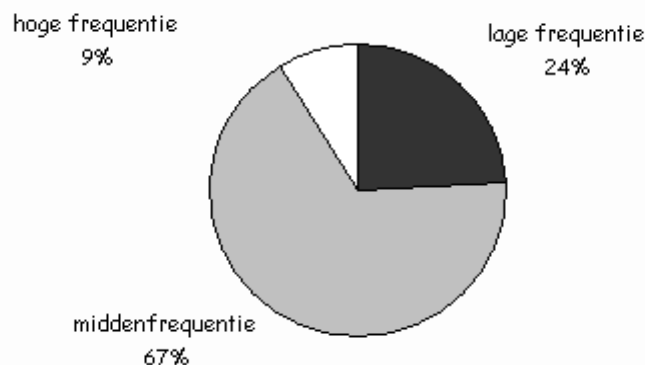
De inventaris van de bestaande wegverhardingen geeft ook informatie over de frequentieverdeling. Dat is een belangrijke parameter voor de vastgestelde geluidshinder en ook voor de berekening van geluidswerende maatregelen. De volgende figuren vergelijken de emissiespectra van asfaltbeton met gesloten poriën en van asfaltbeton met open poriën (voor een zelfde korrelverdeling), gemeten met de SPB-methode bij een snelheid van +/- 70 km/h.

Figuur 23.3: Verdeling van de geluidsenergie in het lagefrequentiebereik (63 tot 630 Hz), het middenfrequentiebereik (800 tot 1600 Hz) en het hoge frequentiebereik (2000 tot 10.000 Hz) voor asfaltbeton 0/11 met gesloten poriën





Figuur 23.4: Verdeling van de geluidsenergie in het lagefrequentiebereik (63 tot 630 Hz), het middenfrequentiebereik (800 tot 1600 Hz) en het hoge frequentiebereik (2000 tot 10.000 Hz) voor asfaltbeton 0/11 met open poriën



Openasfaltbeton dempt dus vooral hoge frequenties (dankzij de geluidsabsorptie-eigenschappen), maar is luidruchtiger voor lage frequenties (als gevolg van de ruwheid van het oppervlak). Globaal gezien, primeert het geluiddempende effect, zodat het lawaai bij openasfaltbeton minder luid is en gedempter lijkt dan bij gewoon asfaltbeton.

3. Geluidsmetingen op wegverhardingen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest

3.1. Methode

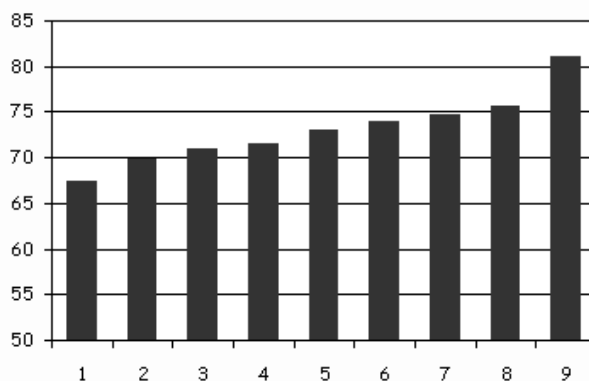
In de studie van A-Tech en FIGE (ref. 3) zijn gestandaardiseerde geluidsmetingen uitgevoerd volgens de CPB-methode en de trailer methode (zie § 1.2) op 9 wegdektypes die vaak voorkomen in het Brusselse Gewest en voor een normaal snelheidsbereik in stedelijk gebied (30 tot 70 km/h).

Voor de CPB-methode werden 3 referentievoertuigen gebruikt en werden de passages bij de verschillende snelheden uitgevoerd met verschillende versnellingen en eveneens met uitgeschakelde motor.

De onderstaande grafieken geven de resultaten (gemiddelde van 3 voertuigen) voor passages bij een snelheid van 50 km/h (motor aan).

3.2. Resultaten

Figuur 23.5: Geluid in dB(A) gemeten volgens CPB-methode bij 50 km/h op 9 verschillende wegverhardingen



- 1: fluisterasfalt (Leopold III-laan, richting zuid, Evere)
- 2: "grove" asfalt (F. Rooseveltlaan, Brussel-stad)
- 3: asfalt van type I (Leopold III-laan, richting noord, Evere)
- 4: asfalt van type IV (Tervurenlaan, Sint-Pieters-Woluwe)
- 5: betonplaten (Lorrainedreef, Brussel-Stad)
- 6: klinkers (Stallestraat, Ukkel)
- 7: asfalt van type II (Lambermontlaan, Schaarbeek)



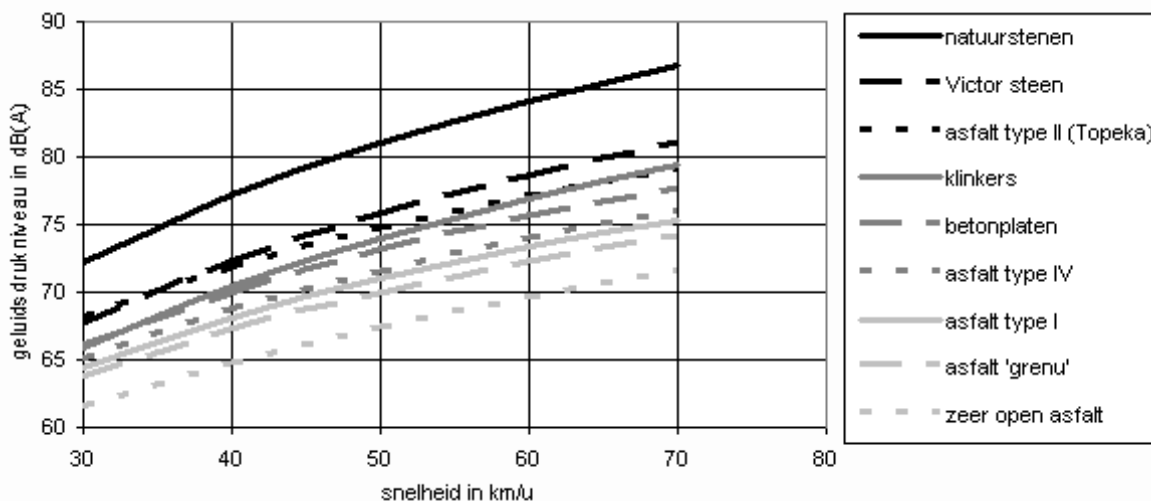
Als we die resultaten vergelijken met de FIGE-gegevensbank (die een groot aantal metingen bevat die elders werden uitgevoerd op soortgelijke wegdektypes), komen we tot een aantal typische eigenschappen van de Brusselse wegverhardingen:

- De asfalttypes: type I (grote granulaten), type IV (kleine granulaten) en fluisterasfalt komen vrij goed overeen met de gemiddelde waarde van de gegevensbank. Asphalt van type II is echter 2 dB(A) luidruchtiger. Dat verschil is waarschijnlijk te verklaren door de oppervlaktebehandeling die bij de renovatie in het Gewest is gebruikt. Bij asphalt van type II wordt voor de slijtlaag een steenslag met een grote steenmaat gebruikt, terwijl zowel asphalt van type I als asphalt van type IV met fijn grind worden afgewerkt. Het grove asphalt behoort vanuit akoestisch oogpunt tot de familie van de splitmestiekasfalt. De gemeten waarden in Brussel komen goed overeen met het gemiddelde voor splitmestiekasfalt in de databank;
- Victor-straatstenen en klinkers zijn 2-3dB(A) luidruchtiger dan het statistisch gemiddelde van betonstraatstenen uit de databank. Dat verschil zou kunnen worden verklaard door de bredere voegen;
- Ook de natuurstenen bestrating is +/- 2dB(A) luidruchtiger dan het gemiddelde van de databank; dat komt door de vrij aanzienlijke onregelmatigheden ("belgian blocks").

3.2.1. Wegdek en snelheid

De metingen uitgevoerd in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zijn ook interessant omdat ze een goed beeld geven van de invloed die de snelheid (zelfs lage snelheid!) heeft op de geluidsemissie (de meeste bestaande metingen werden uitgevoerd bij hoge snelheden). Figuur 23.6 geeft dezelfde meetresultaten als figuur 23.3, maar dan voor het volledige snelheidsbereik. Het rolgeluid neemt geleidelijk toe met de verplaatsingssnelheid.

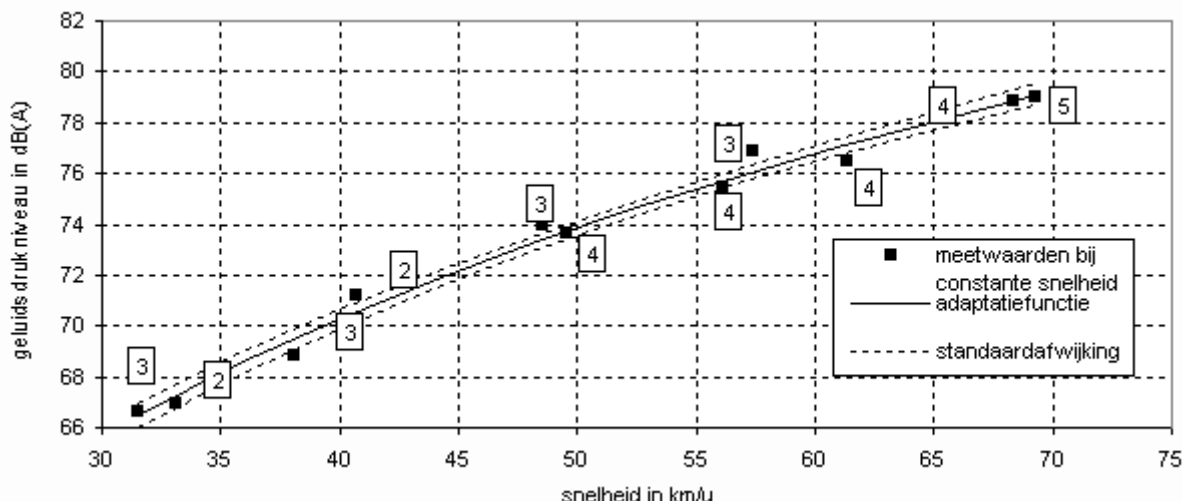
Figuur 23.6: Geluid in dB(A) in functie van de snelheid, gemeten volgens de CPB-methode op 9 verschillende wegverhardingen



Figuur 23.7 geeft een voorbeeld van resultaten volgens de CPB-methode voor een referentievoertuig van het type Renault Clio op een wegdek van Victor-straatstenen. Op de - horizontale - abscisas zien we de snelheid en op de - verticale - ordinaatas het maximale geluidsniveau in dB(A); in het kadertje naast elk meetpunt staat de gebruikte versnelling. De volle lijn geeft de regressiecurve en de stippellijn de standaardafwijking weer.



Figuur 23.7: Invloed van de snelheid op het totale geluidsniveau - Renault Clio op Victorstraatstenen



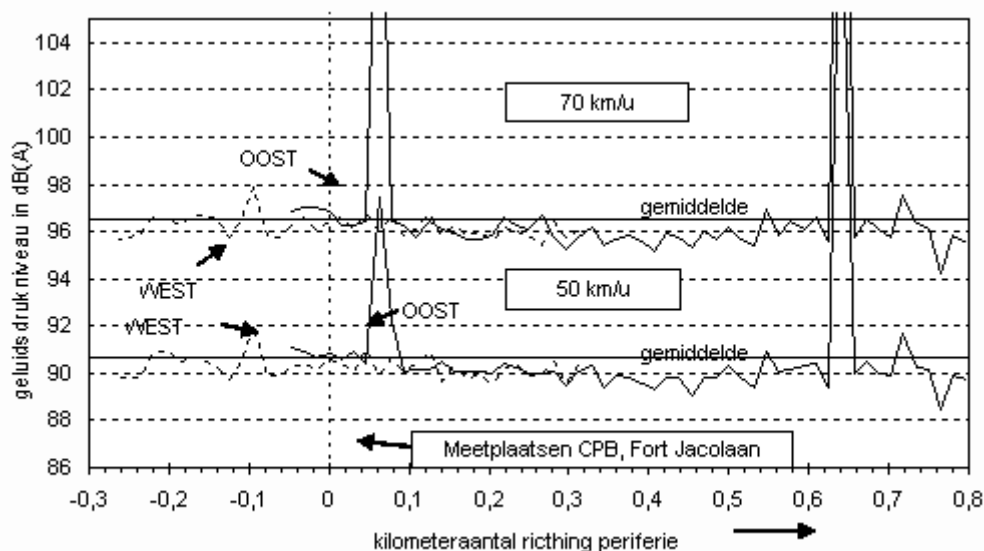
3.2.2. Trailermethode

Aanvullend op de CPB-metingen werden op dezelfde 9 plaatsen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest metingen volgens de trailermethode uitgevoerd. Dat is om verschillende redenen interessant: de trailermethode maakt het mogelijk het zuivere rolgeluid te meten, de resultaten worden niet beïnvloed door de voertuigkeuze en evenmin door de keuze van de meetplaats (want het geluid wordt gemeten over de volledige lengte van het wegvak).

De resultaten van de trailermetingen lijken sterk op de resultaten van de CPB-metingen wat het relatieve gedrag van de verschillende waeverhardingen betreft. We stellen opnieuw vast dat fluisterasfalt en "grof" asfalt de stilste wegdektypes zijn, en Victorstraatstenen en natuursteenplaveisel de luidruchtigste.

Ter illustratie van deze methode laat figuur 23.8 het typische akoestisch gedrag van een wegdek van betonplaten zien. De grafiek toont het rolgeluid voor de snelheden 50 km/h en 70 km/h op de twee rijstroken van de Lorrainedreef (west in stippellijn, oost in volle lijn). De vette lijn duidt het gemiddelde aan en de verticale stippellijn het gekozen meetpunt bij de CPB-methode. In dit voorbeeld zien we dus duidelijk dat de kenmerken van het wegdek sterk kunnen verschillen over de lengte van het wegvak. Bij betonplaten veroorzaken de voegen telkens aanzienlijke geluidspieken, wat leidt tot een toename van het gemeten gemiddelde geluidsniveau.

Figuur 23.8: Lorrainedreef – betonplaten – trailermethode

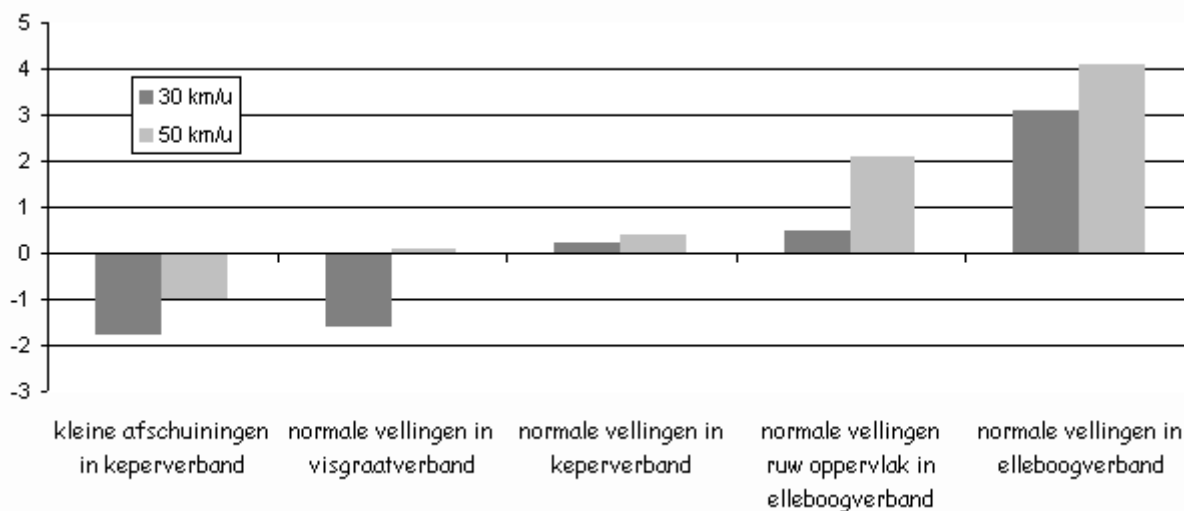




3.2.3. Belang van aanleg en materiaalkeuze

Om aan te tonen dat niet enkel het type wegdek, maar ook de wijze waarop het wegdek aangelegd wordt en de specifieke materiaalkeuze factoren kunnen zijn die een belangrijke invloed hebben op de geluidsproductie, geven we hier het voorbeeld van verschillende varianten betonstraatstenen. Figuur 23.9 geeft de invloed weer van de afschuining (beter kleine dan grote afschuiningen), de ruwheid van het oppervlak (bij een ruwe oppervlakte is er minder air-pumping-geluid dan bij een effen oppervlakte) en het legpatroon (figuur uit Lanoye L. 1997, ref. 7).

Figuur 23.9: Vergelijking van het rolgeluid op betonstraatstenen ten opzichte van het rolgeluid op asfaltbeton, bij 30 km/h en bij 50 km/h (bron: referentie 7)



4. Kadaster van wegverhardingen

Om het Gewest in staat te stellen zijn beleid inzake bestrijding van geluidshinder te oriënteren en gerichte maatregelen te treffen op basis van volledige en concrete informatie, heeft het BIM in 1997 een volledig kadaster van de wegverhardingen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest laten opstellen. Dat kadaster werd in 2003 geactualiseerd door het BUV.

De belangrijkste parameters inzake verkeerslawaaai die in dat kadaster voorkomen, zijn:

- de wegdekategorie: betonplaten, asfaltbeton/gietasfalt/bestrijking met grind, zeer open asfalt(mengsel), natuurstenen bestrating, betonstraatstenen en splitmastiekasfalt (SMA)/"grof" asfalt;
- de staat van het wegdek: goed (zo goed als nieuw, slechts enkele kleine onvolkomenheden), matig (noch goed, noch slecht) of slecht (grote gebrekkige delen);
- snelheid van de voertuigen: de wettelijk toegestane snelheid in km/h.

Buiten die geluidsparameters geeft het kadaster ook voor elk wegvak (volgens URBIS) de verkeersvoorrang, de verkeerscategorie op de weg (snel, doorgaand, plaatselijk, doodlopend, eigen busbedding), de omgeving van de weg (woningen of kantoren, industrie of handel, of geen bebouwing) en de weghelling.

Het kadaster is beschikbaar in de vorm van een database en in kaartvorm.

4.1. Resultaten

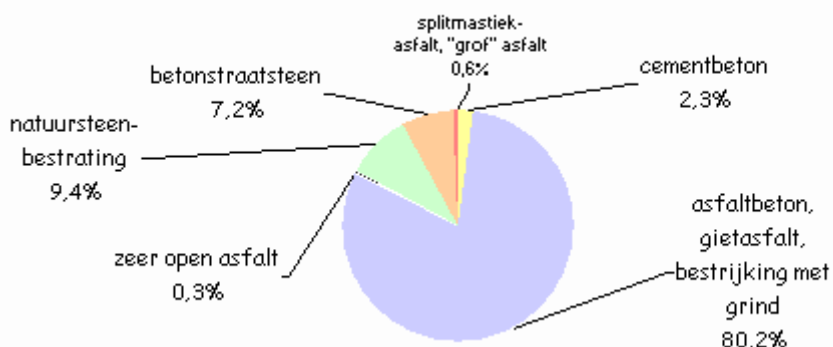
4.1.1. Type en staat van de wegverhardingen in 1997

De totale lengte van het wegennet van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is 1914,4 km, waarvan 1758 km bestemd is voor autoverkeer en 1794 km omzoomd is met huizen of kantoren. Op het overgrote deel van de wegen (97,3%) geldt een snelheidsbeperking van 50 km/h, op 1,3% ervan mag niet sneller dan 30 km/h gereden worden, op 1,4% is 70 km/h of meer toegestaan.

Figuur 23.10 toont het respectieve aandeel van de verschillende wegverhardingen op het wegennet van het Gewest.

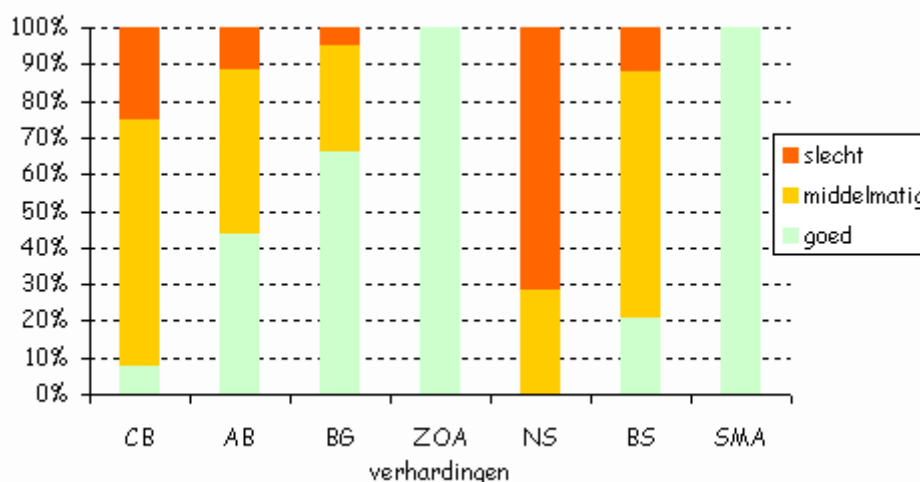


Figuur 23.10: Verdeling van de verschillende wegdektypes in het wegennet van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest



In totaal verkeert 41% van het wegdek in goede staat, 43% in matige staat en 16% in slechte staat. Op figuur 23.11 wordt de staat van het wegdek weergegeven voor de verschillende wegverhardingen. We stellen vast dat juist de wegverhardingen die op zich al het luidruchtigst zijn, namelijk cementbeton, natuursteenbestrating en betonstraatsteen, in de slechtste staat verkeren.

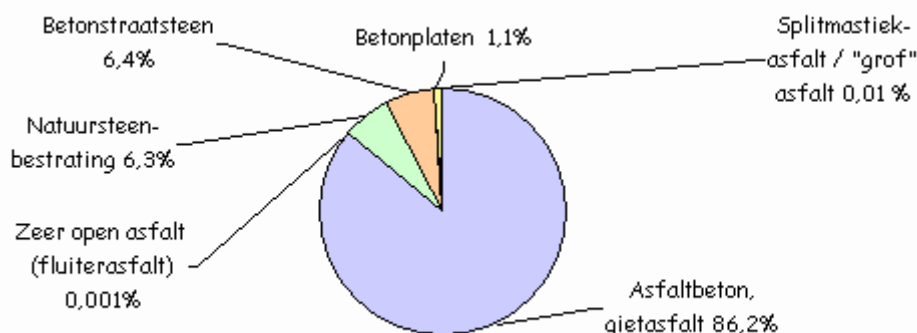
Figuur 23.11: De verschillende wegdektypes en hun staat (verdeling in %)



Met CB = cementbeton, AB = asfaltbeton of gietasfalt, BG = bestrijking met grind, ZOA = zeer open asfalt (fluiterasfalt), NS = natuursteenbestrating, BS = betonstraatstenen, SMA = splitmastiëkasfalt of "grof" asfalt.

4.1.2. Type en staat van de wegverhardingen in 2003

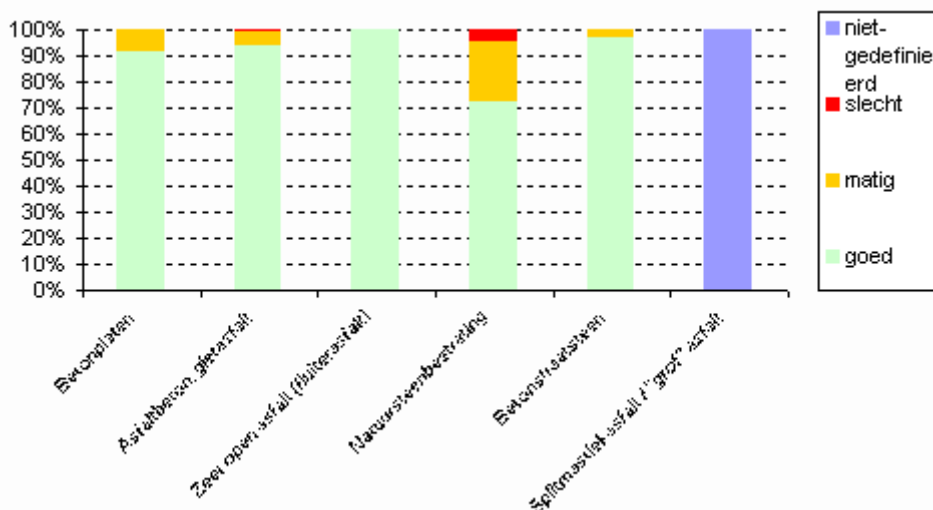
Figuur 23.12: Verdeling van de verschillende wegdektypes in het wegennet van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest





Asfaltbeton, dat al op ruime schaal werd gebruikt in 1997, maakt nog altijd de grote meerderheid (86%) uit van de wegverhardingen in het Brussels Gewest. Het gebruik van natuurstenen plaveisel en beton lijkt echter te dalen.

Figuur 23.13: De verschillende wegdektypes en hun staat (verdeling in %)



In 2003 werd 92,4% van de wegverhardingen geïnventariseerd als zijnde in goede staat. Dat is een aanzienlijke vooruitgang ten opzichte van de situatie in 1997 (40,6%).

5. Besluit

Gezien de sterke toename van het verkeer ziet het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zich steeds meer genoodzaakt om oplossingen te zoeken voor het probleem van het verkeerslawaai. In de hypothese dat de luidruchtige verkeersaders open moeten blijven voor het verkeer, zou men volgende maatregelen kunnen treffen om de geluidshinder te verminderen (in stijgende volgorde van duurte):

- De toegestane snelheid beperken en die snelheidsbeperking doen naleven; de voertuigstromen op het wijkwegennet beperken;

In heel wat gevallen kan die oplossing al tot een aanzienlijke verbetering leiden. Op figuur 23.6 zien we dat met een verlaging van de toegestane snelheid van 50 naar 30 km/h bij natuursteenbestrating of betonstraatstenen een daling van het geluidsniveau met 7 à 8 dB(A) kan worden bereikt. Die vermindering van de lawaaihinder stemt overeen met een verkeersdaling met 1/5 ten opzichte van de beginwaarde.

- Zorgen voor een regelmatig onderhoud van het wegennet om onregelmatigheden te vermijden : Deze maatregel, eventueel in combinatie met de eerste, kan tegen een beperkte kostprijs vaak aanzienlijke geluidsverminderingen met zich meebrengen.
- Vervanging van het wegdek door een geluidsarmer wegdek :

In sommige gevallen kan de vervanging van natuurstenen bestrating door goed gelegde betonstraatstenen het verkeerslawaai verminderen zonder de esthetische vereisten van de stadsomgeving uit het oog te verliezen. In andere gevallen, kan vervanging door asfalt, liefst fluisterasfalt, een goede oplossing zijn. De lijst van de besproken verhardingen in deze fiche is zeker niet volledig. Er bestaan veel innovaties op het gebied van geluidsarme verhardingen, bv. composietverhardingen (een laag cementbeton bedekt met bitumineuze materialen), dunne en ultra-dunne verhardingen, ZOB (zeer open beton, zie ref. 5). Het is zeker interessant die evoluties op de voet te volgen en de toepassing van de beste alternatieven uit te testen.

Bij het toepassen van al die maatregelen moeten wegen die omzoomd zijn met woningen of kantoren en waar het verkeerslawaai sterke hinder veroorzaakt, uiteraard voorrang krijgen.

Vervanging door een geluidsarm wegdek is alleen een geschikte oplossing op plaatsen waar het rolgeluid domineert, want het wegdektype heeft weinig invloed op geluid van mechanische of aerodynamische oorsprong. Zulk lawaai type doet zich bijvoorbeeld voor op een kort wegvak dicht bij een kruispunt op een wegdek in goede staat.



Het is duidelijk dat problemen van verkeerslawaaï geval per geval bekeken moeten worden om de geschikteste oplossing te vinden. Er zijn tal van maatregelen mogelijk, gaande van verkeersbeheer, tot het plaatsen van geluidsschermen of het isoleren van woningen. Om een verantwoorde keuze te maken tussen de verschillende opties vormen de sociale kosten-batenanalyse (zie ref. 8) of de multicriteria-analyse nuttige instrumenten. Die aanpak maakt het mogelijk rekening te houden met de economische aspecten (investeringskosten, onderhoudskosten, levensduur, discontovoet), de milieuaspecten (geluidshinder en de externe kosten ervan) en bijkomende aspecten zoals verkeersveiligheid en het esthetische aspect.

Bronnen

1. ARIES-CONSULTANTS 2004. "Inventaire des revêtements routiers de la Région de Bruxelles Capitale", januari 2004.
2. A-TECH EN FIGE 1997. "Administratieve en technische voorschriften voor de voorbereiding van planningselementen inzake bestrijding van geluidshinder - Lot 2 : Het wegdek", studie uitgevoerd in opdracht van het BIM..
3. A-TECH EN FIGE 1997. "Administratieve en technische voorschriften voor de voorbereiding van planningselementen inzake bestrijding van geluidshinder - Lot 3: Karakteristieken van de wegdekken", studie uitgevoerd in opdracht van het BIM..
4. CAESTECKER C., "Proefvakken van geluidsarme cementbetonverhardingen", paper voorgesteld op het 18e Belgisch Wegencongres, Brugge, september 1997.
5. DESCORNET G., presentatie op de studiedag "Wegdek en geluidshinder in de stad", Brussel, september 1997
6. BIM/ARIES 2002-2004. "Vademecum voor wegverkeerslawaaï in de stad", vol. I en II, uitgevoerd in het kader van een LIFE-project (EG) betreffende geluidshinder, in samenwerking met het BUV, de AROHM, het BIVV en de VSGB (zie, <http://www.ibgebim.be/nederlands/content/content.asp?ref=1339>)
7. LANOYE L. 1997. "Gebruik van betonstraatstenen in doortochten", artikel voorgesteld op het 18e Belgische Wegencongres, Brugge, september 1997.
8. VAN HOUT, K. 1995."Kosten-batenanalyse van geluidsschermen en fluisterasfalt", Eindverhandeling aanvullende opleiding milieubeheer-milieukunde, K.U.Leuven.

Andere te raadplegen fiches

Schriftje "Lawaaï in Brussel"

- 8. Kadaster van het wegverkeersgeluid in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
- 24. Verkeersbeheer en aanleg van het wegennet
- 25. Rijgedrag automobilisten
- 26. Wagenpark privé-voertuigen en geluidshinder
- 27. Publieke bussenpark en geluidshinder

Schriftje "Transport en Leefmilieu in Brussel"

- Personenvervoer in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
- Goederenvervoer in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
- De wegen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest
- Stedelijk openbaar vervoer: metro, tram en bus

Auteur(s) van de fiche

BOULAND Catherine, DELLISSE Georges

Bijwerking (gegevens betreffende het kadaster van de wegverhardingen) en revisie:

BOURBON Christine, DE VILLERS Juliette, SAELMAECKERS Fabienne, SIMONS Jean-Laurent

Datum van bijwerking : september 2005 (enkel de gegevens betreffende het kadaster van de wegverhardingen).