

# VADMECUM VOOR WEGVERKEERSLAWAAI IN DE STAD



Parameters die de productie en voortplanting van lawaai beïnvloeden





Op de rechter pagina vindt de lezer een geordende en doorlopende tekst.  
Op de linker pagina wordt aanvullende informatie weergegeven.



Bij tekst die **VET**, in **HOOFDLETTERS** of in het **ZACHTPAARS** is afgedrukt, kan de lezer zich wenden tot een kader op de linkerpagina voor bijkomende informatie.



Voor nadere informatie kan de lezer zich wenden tot de fiche waarvan het nummer is weergegeven op het uithangbord.

Tekst <sup>x</sup>

De cijfers die worden weergegeven als exponent verwijzen naar referenties aan het einde van de fiche.

**Tekst**

Verklaring van een begrip of een belangrijk element.

**Tekst**

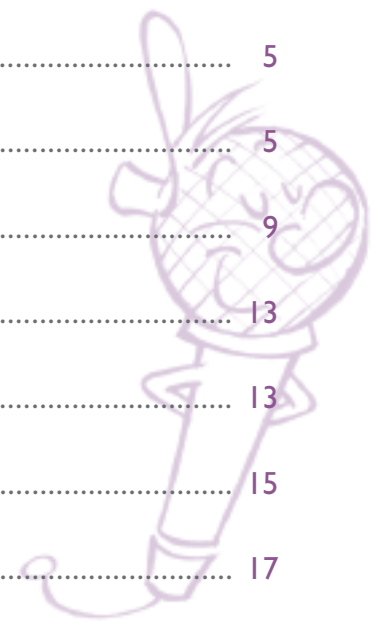
Woord of begrip gevolgd door zijn definitie.



# INHOUDSOPGAVE



Inleiding.....	3
Geluidsbronnen bij wegverkeer .....	5
Het lawaai van een voertuig.....	5
Het lawaai van meerdere voertuigen.....	9
De voortplanting van verkeerslawaai .....	13
Voortplanting in het vrije veld .....	13
Voortplanting van lawaai onder reële omstandigheden .....	15
Systemen om de voortplanting van lawaai tegen te gaan.....	17





# INLEIDING

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■

Bij het ontstaan van verkeersgeluid spelen niet alleen de voertuigen een rol, maar ook de weg waarop zij rijden. Bij voertuigen situeren de voornaamste geluidsbronnen zich ter hoogte van de motor en in het contactvlak tussen de banden en het wegoppervlak.

Algemeen gesproken kan lawaai worden verminderd door hetzij in te grijpen op het ontstaan van het lawaai aan de bron, hetzij door de voortplanting van het lawaai te beïnvloeden. Het opleggen van normen voor de emissie van lawaai door motoren, is een voorbeeld van het ingrijpen aan de bron. Het plaatsen van geluidsschermen langs een verkeersweg is een voorbeeld van het tegengaan van de voortplanting van het lawaai.

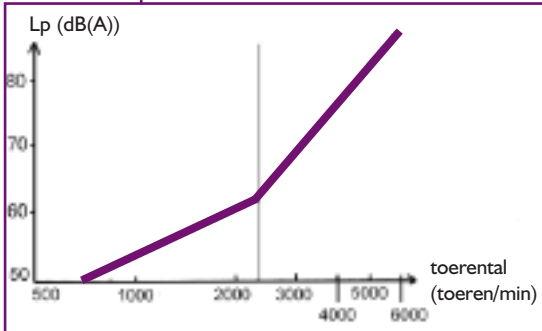
Met betrekking tot het ontstaan en de voortplanting van geluid kunnen een aantal vragen worden gesteld:



- ♪ In welke mate beïnvloedt de voertuigsnelheid het geproduceerde lawaai?
- ♪ Krijgt men bij het rijden over verschillende types wegdekken steeds dezelfde lawaai-emissie?
- ♪ Beïnvloedt het type voertuig de geproduceerde hoeveelheid lawaai?
- ♪ Hangt de lawaai-emissie af van het rijgedrag van de chauffeur?
- ♪ Met welke middelen kan de voortplanting van lawaai worden tegengegaan?

Antwoorden op deze vragen worden gegeven op de volgende pagina's.

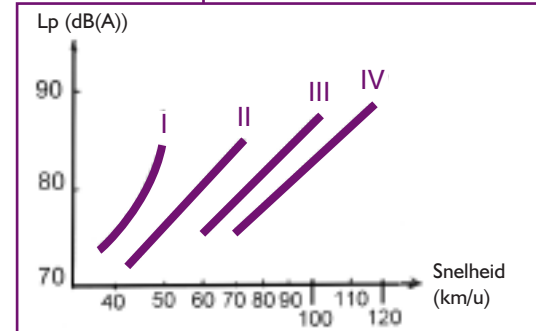
## TOERENTAL EN HET VERMOGEN VAN HET VOERTUIG



De grafiek links geeft het geluidsniveau weer op een afstand van 3 m van het voertuig in functie van het toerental van de motor.

De grafiek rechts toont het geluidsniveau op 7,5 m van een voertuig in functie van de overbrengingsverhouding (I, II, III of IV) en van de voertuigsnelheid.

Het vermogen van de motor heeft slechts een lichte invloed op het geluidsniveau:



Cilinderinhoud (cm <sup>3</sup> )	Geluidsniveau op 7,5 m van de voertuig
< 1100	101
de 1100 à 1600	100
> 1600	99

Snelheid : 60km/u

Bron: DENDAL J.



## DE HELLING VAN DE WEG

De helling van de weg heeft een lichte invloed op het voertuiglawaai. Wanneer een voertuig een helling oprijdt, moet de motor meer vermogen leveren om het voertuig te verplaatsen. De Nederlandse rekenmethode SRM-I stelt volgende correcties voor bij de voorspelling van lawaai afkomstig van wegen met een helling:

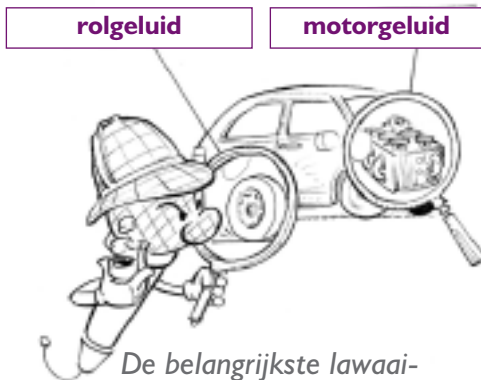
<3% : **0 dB(A)**      3 à 5 % : **+1 dB(A)**      5 à 8 % : **+2 dB(A)**      >8% : **+3 dB(A)**



# GELUIDSBRONNEN BIJ WEGVERKEER



## HET LAWAAI VAN EEN VOERTUIG



De belangrijkste lawaai-bronnen bij een voertuig

Het is duidelijk dat hoe sneller een voertuig rijdt, des te meer lawaai het zal produceren. Wegverkeerslawaai vindt zijn oorsprong in twee belangrijke bronnen: de motor en het contact banden-wegdek (ook rolgeluiden genoemd). Wanneer het voertuig traag rijdt, is het vooral het **motorlawaai** dat wordt waargenomen. Over het algemeen is bij snelheden hoger dan 40 km/uur het **rolgeluid** van de banden dominant. Bij een rijdend voertuig zijn motor- en rolgeluiden steeds tegelijkertijd aanwezig, maar afhankelijk van de snelheid wordt het ene geluid door het andere gemaskeerd.

### PARAMETERS DIE DE PRODUCTIE EN VOORTPLANTING VAN LAWAAI BEÏNVLOEDEN

Het motorgeluid hangt vooral af van zijn **toerental**, dus het aantal cycli dat de motor doorloopt per minuut. Dit fenomeen wordt duidelijk waargenomen wanneer men van de eerste versnelling (hoog **TOERENTAL**) overschakelt naar de tweede (laag toerental). De motor maakt plotseling veel minder lawaai. Het motorlawaai neemt dus niet geleidelijk toe met de voertuigsnelheid, maar trapsgewijze bij elke verandering van versnelling.



**Het rijgedrag van de chauffeur** beïnvloedt in belangrijke mate de lawaaiproductie. “Sportief” rijgedrag leidt tot meer lawaai omdat het gemiddelde toerental van de motor hoger ligt.

De lawaaiproductie hangt ook af van het **VERMOGEN** dat de motor kan ontwikkelen, maar dit geldt slechts in lichte mate.

De **HELLING VAN DE WEG** is ook een factor die de lawaaiproductie licht beïnvloedt. Wanneer een voertuig een **helling** oprijdt moet de motor meer vermogen leveren, wat dus leidt tot een iets hoger geluidsvermogen.



## BANDENLAWAAI

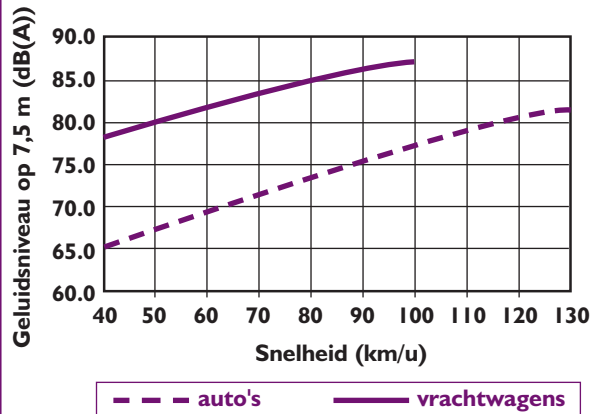
Het lawaai dat ontstaat aan de banden van een rijdend voertuig, wordt vooral veroorzaakt door het trillen van de banden. De intensiteit van de trillingen hangt af van volgende parameters:

- ♪ de textuur van het wegoppervlak;
- ♪ de omwentelingssnelheid van de wielen;
- ♪ het profiel en de afmetingen van de banden;
- ♪ de stijfheid van de banden.

De bandentrillingen veroorzaken een geluid met frequenties tussen de 500 en 1000 Hz. Dit frequentiebereik is goed waarneembaar voor het menselijk gehoor. Een andere lawaaibron vindt zijn oorsprong in het ontsnappen van lucht die door de rollende band wordt samengedrukt.



## HET TOTALE GELUID VAN EEN VOERTUIG IN BEWEGING



Bron: IBGE, A-Tech & FIGE, 1997

Op het diagram wordt het totale geluidsniveau weergegeven van een auto of een vrachtwagen die rijdt op DAB en dit in functie van de voertuigsnelheid.

De voertuigsnelheid wordt aangeduid op de horizontale as en het geluidsdrukniveau (gemeten op 7,5 m van het voertuig) op de verticale as. Een auto die met een snelheid van 50 km/uur rijdt over DAB produceert dus gemiddeld 68 dB(A). Een vrachtwagen produceert onder dezelfde omstandigheden gemiddeld 80 dB(A).







Het **type motor** speelt tenslotte ook een belangrijke rol. Een dieselmotor maakt meer lawaai dan een motor op benzine of LPG. De stilste motor is echter de elektromotor.

### PARAMETERS DIE DE PRODUCTIE VAN ROLGELUIDEN BEÏNVLOEDEN



Het **wegdektype** beïnvloedt het geluidsniveau van een voorbijrijdend voertuig. Bepaalde wegdektypes zijn meer geluidsabsorberend dan andere. In dit verband kan worden opgemerkt dat in 1997 een gegevensbank is opge maakt met de wegdektypes van het wegennet van de 19 gemeentes van Brussel. Hierin zijn de wegdektypes, hun locatie en hun toestand opgenomen. Het BIM en het BUV maken bij hun strijd tegen de geluidshinder gebruik van deze databank. Er dient opgemerkt dat men begin 2002 begonnen is met het bijwerken van deze gegevensbank.

Het lawaai veroorzaakt door het contact van de **BANDEN** met het wegdek neemt toe met stijgende voertuig-snelheid. De **karacteristieken van de band** (zoals zijn afmetingen en de kwaliteit van de rubber) spelen ook een rol.



Ter herinnering wordt erop gewezen dat een Europese richtlijn normen vastlegt voor de lawaaiproductie van banden.

### HET LAWAAI VAN EEN VOERTUIG IN BEWEGING

Het geluid voortgebracht door een **VOERTUIG IN BEWEGING** is dus het resultaat van een reeks bronnen, waarvan de voornaamste kunnen gegroepeerd worden onder motorgeluid (toerental, vermogen, motortype) en rolgeluid (karacteristieken banden en wegdek).



## METHODES OM DE KARAKTERISTIEKEN VAN HET VERKEER TE BEOORDELEN

Er bestaan manuele en automatische technieken om de verkeersparameters te schatten.

De manuele techniek bestaat uit het plaatsen van een persoon in een punt van het wegennet. Deze persoon houdt één of meerdere parameters bij van het verkeer (aantal voertuigen, bestemming voertuigen, type voertuigen, etc).

Bij de automatische technieken maakt men gebruik van elektronica en informatica. Een piëzo-elektrische plaat, een pneumatische kabel of een inductielus onder het wegdek laten toe voertuigen te tellen en de verschillende voertuigtypes te onderscheiden. Met een radarsysteem kan de voertuigsnelheid nauwkeurig worden meten. Camera's worden soms gebruikt om de rijstijl te observeren.



## INTENSITEIT VAN HET VERKEER

Men herinnert zich dat het geluid van twee identieke bronnen samen 3 dB(A) hoger ligt dan het geluid van één van de bronnen afzonderlijk. Wanneer de passage van 50 voertuigen per uur een equivalent geluidsdrukniveau  $L_{Aeq,T}$  veroorzaakt van 60 dB(A) in een punt langs de weg, dan meet men bij een intensiteit van 100 voertuigen per uur een equivalent geluidsdrukniveau van 63 dB(A).

Om de verkeersintensiteit in een punt van het wegennet te beoordelen, is het van belang de voertuigen onder te verdelen in verschillende categorieën:

- ♪ lichte voertuigen, met een totaalgewicht van minder dan 3,5 ton;
- ♪ zware voertuigen, met een totaalgewicht van meer dan 3,5 ton;
- ♪ gemotoriseerde tweewielers.

De verkeersintensiteit op het wegennet van het BHG neemt momenteel jaarlijks toe met 2,5%.



## HET LAWAAI VAN MEERDERE VOERTUIGEN

Het lawaai geproduceerd door een verzameling voertuigen hangt sterk af van de **karakteristieken van het verkeer**. De lawaaiproductie kan sterk variëren naargelang het verkeer:

- ♪ snel of traag;
- ♪ continu of onderbroken;
- ♪ vlot of gestremd is.



Deze parameters worden op hun beurt beïnvloed door de intensiteit en het regime van het verkeer, maar ook door de eigenschappen van de weg (breedte, aanwezigheid van bochten of snelheidsremmende inrichtingen, verkeerslichten, etc.).

De **KARAKTERISTIEKEN VAN HET VERKEER** kunnen kwalitatief of kwantitatief geëvalueerd worden met automatische of manuele technieken.



### DE INTENSITEIT VAN HET VERKEER

**DE INTENSITEIT VAN HET VERKEER** is het aantal voertuigen dat in een bepaald punt voorbijrijdt tijdens een gegeven periode.

Momenteel bedraagt de intensiteit op de grote assen in het BHG, zoals de Wetstraat, tijdens de piekuren ongeveer 5000 voertuigen per uur. Een buurtstraatje krijgt op deze momenten per uur slechts enkele honderden voertuigen te verwerken.

## TYPES VERKEERSREGIMES

Men kan vier types verkeersregimes onderscheiden:

- 🎵 **continu en vlot verkeer:** de voertuigen rijden met een constante snelheid. Er is geen versnelling of vertraging. De verkeersintensiteit is stabiel in de ruimte en de tijd. Dit verkeersregime treft men onder normale omstandigheden aan op de auto-snelwegen;
- 🎵 **continu en gepulseerd verkeer:** een belangrijk deel van de voertuigen vertraagt of versnelt. De verkeersintensiteit is niet stabiel in de ruimte en de tijd. Dit verkeersregime treft men aan op verkeersaders in het centrum van grote steden;
- 🎵 **versneld en gepulseerd verkeer:** een belangrijk deel van de voertuigen versnelt. De verkeersintensiteit is niet stabiel in de ruimte en de tijd. Dit verkeersregime treft men aan op opritten van snelwegen, voorbij een kruispunt of na een stop;
- 🎵 **vertraagd en gepulseerd verkeer:** een belangrijk deel van de voertuigen vertraagt. De verkeersintensiteit is niet stabiel in de ruimte en de tijd. Dit verkeersregime treft men aan op afritten van snelwegen, vóór een kruispunt of bij het naderen van een stop.

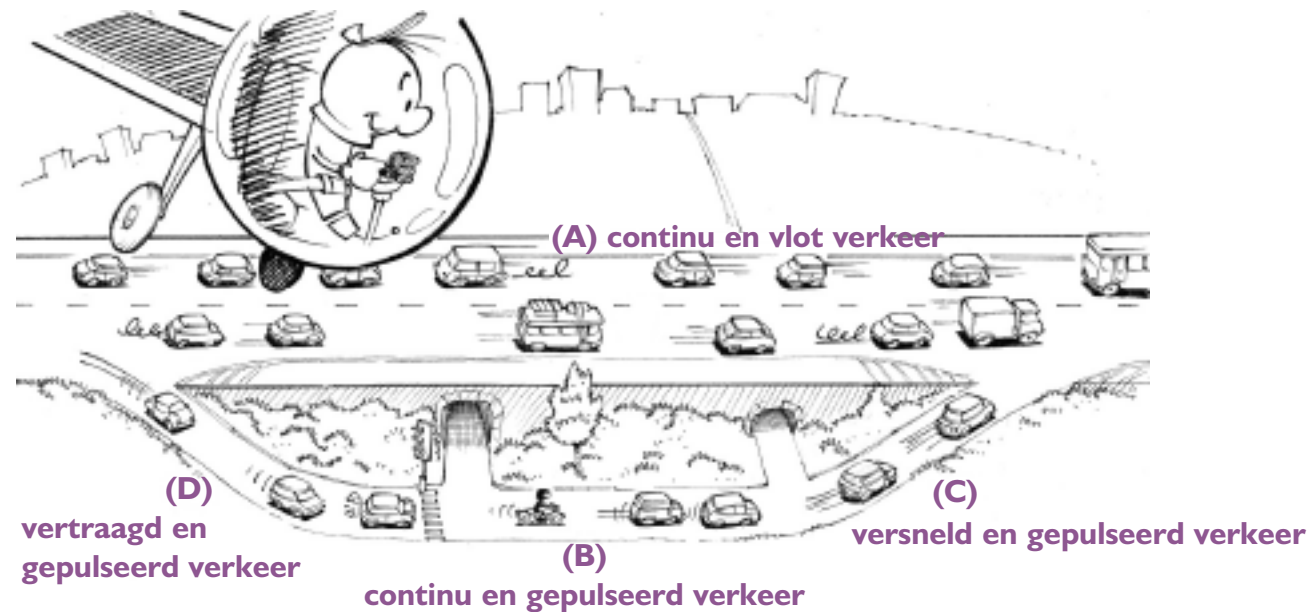


De instrumenten van de planning laten toe in te grijpen op de verkeersparameters (debiet en rijregime) en aldus het lawaai te verminderen.



## HET TYPE VERKEERSREGIME

**HET TYPE VERKEERSREGIME** houdt rekening met de versnelling of vertraging van het voertuig op het beschouwde stuk weg. Er bestaan vier soorten verkeersregimes: continu en vlot verkeer, continu en gepulseerd verkeer, versneld en gepulseerd verkeer en vertraagd en gepulseerd verkeer.

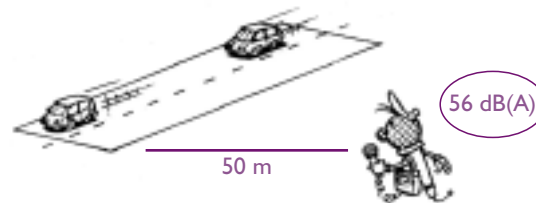
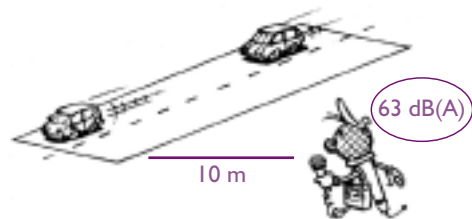
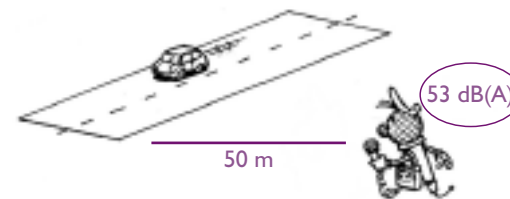
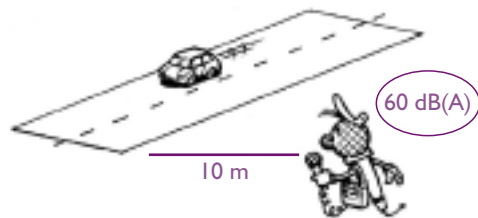


Het verkeersregime beïnvloedt sterk het voortgebrachte lawaai. Bij vlot verkeer rijden de voertuigen met een constante snelheid en kunnen de motoren draaien met een laag toerental. Bij gepulseerd verkeer vertragen en versnellen de voertuigen. Hierdoor verandert het toerental van de motor voortdurend, wat dan weer een belangrijke weerslag heeft op de lawaaiproductie.

## VOORTPLANTING VAN GELUID IN HET VRIJE VELD

Bij deze (theoretische) situatie zonder reflecterende oppervlakken kan de voortplanting van het geluid worden beschreven met een eenvoudige formule.

Deze formules worden uitgewerkt in de technische handleiding. De illustraties zijn er een toepassing van.



# DE VOORTPLANTING VAN VERKEERSLAWAAI

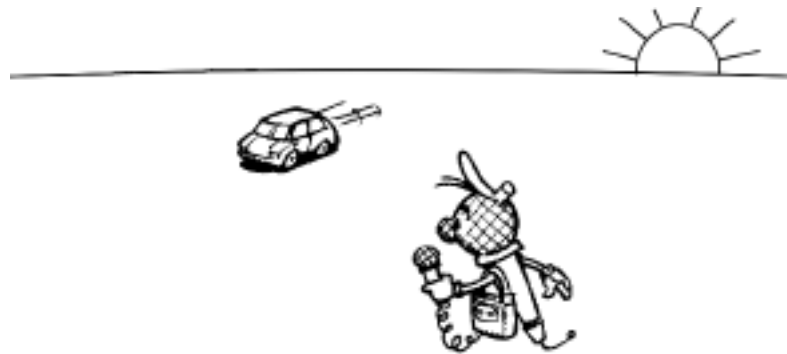


## VOORTPLANTING IN HET VRIJE VELD



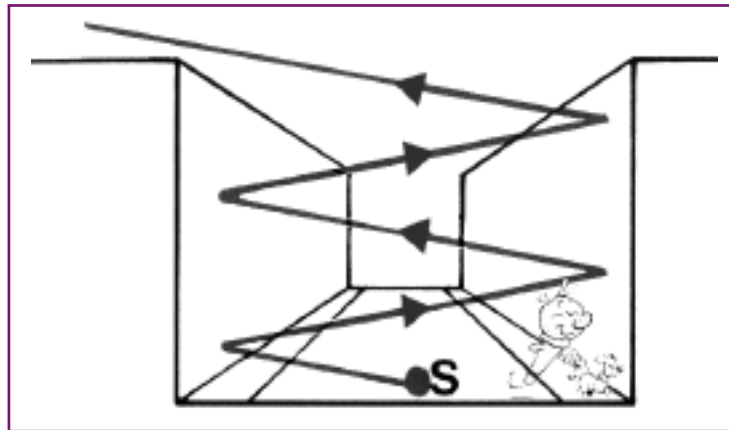
Wanneer geluid zich voortplant in de ruimte zonder hindernissen (bijvoorbeeld muren) te ontmoeten, spreekt men van **VOORTPLANTING ONDER VRIJ-VELDCONDITIES**. Er wordt hierbij geen rekening gehouden met weersomstandigheden en evenmin met absorptie van het geluid door lucht of bodem.

Bij het voorbijrijden van een voertuig onder deze omstandigheden hangt het geluidsniveau bij de waarnemer af van de afstand tot de weg, maar ook van de snelheid van het voertuig en van het geluidsvermogen bij de emissie.



## WEGPROFIELEN

Wegen zijn op sommige plaatsen afgeboord met huizen. Deze kunnen zich aan beide zijden van de weg bevinden of slechts aan één zijde. In het eerste geval spreekt men van een weg met een U-profiel en in het tweede geval van een weg met een L-profiel. De aanwezigheid van woningen beïnvloedt sterk de voortplanting van het verkeerslawaaï. Bij straten met een U-profiel treden er veelvuldige reflecties van het geluid op tussen de tegenoverliggende gevels, waardoor het geluidsniveau bij een waarnemer (die zich in de straat bevindt) verhoogt.



Weg met een U-profiel

Bron: *Bruit et formes urbaines, CETUR 1981*





## VOORTPLANTING VAN LAWAAI ONDER REËLE OMSTANDIGHEDEN



Bij een reële situatie wordt de voortplanting van het lawaai beïnvloed door al de elementen die zich op zijn traject bevinden: muren, karakteristieken van de grond, meteorologische omstandigheden.

De volgende paragrafen behandelen de specifieke elementen die de voortplanting van verkeerslawaai in reële omstandigheden beïnvloeden.



### *Reliëf en eigenschappen van de bodem*

Het reliëf kan een belangrijke weerslag hebben op de voortplanting van lawaai. Het meest sprekende voorbeeld is dat van de echo die optreedt in het gebergte. Het reliëf kan hindernissen opwerpen voor de voortplanting van lawaai. Zo is een weg die in een uitgraving loopt over het algemeen minder lawaaiërig voor de omgeving.

Door de effecten van absorptie en reflectie beïnvloeden ook de akoestische eigenschappen van de bodem de geluidsniveaus. Een rotswand en een betonnen wegdek weerkaatsen zeer efficiënt het geluid, terwijl een sterk begroeide bodem lawaai goed kan absorberen.

### *Hindernissen in de stad*

**GEVELS VAN GEBOUWEN**, stilstaande voertuigen, verkeersborden, monumenten, aanplantingen en omheiningen zijn voorbeelden van elementen in het stadsbeeld die de voortplanting van geluid beïnvloeden. Deze verschillende oppervlakken weerkaatsen of absorberen het lawaai in mindere of meerdere mate.



## GELUIDSSCHERMEN

Geluidsschermen zijn ofwel:

- reflecterend:** in dit geval kaatsen ze een groot gedeelte van de invallende akoestische energie terug. De manier waarop de muur is ingeplant laat toe het weerkaatste lawaai niet in de richting van de omwonenden te sturen. Meestal zijn ze vrij compact en opgetrokken uit beton, plastic of hout;
- absorberend:** in dit geval wordt het invallende geluid "vastgehouden"\* door het materiaal van het scherm. Er wordt gebruik gemaakt van vooruitstrevende technieken: houtbeton, betonsoorten op basis van geëxpandeerde materialen, vlakken voorzien van absorberende materialen, etc.

Efficiënt aangewende geluidsschermen kunnen de levenskwaliteit van de omwonenden verbeteren. De dikte van de schermen varieert in de praktijk van 10 tot 50 cm en hun hoogte van 2 tot 8 m, naargelang de gebruikte materialen, hun reflecterend of absorberend karakter en de hoogte van de te beschermen gebouwen. De schermen kunnen vlak zijn of naar de weg toe gebogen. Meestal worden ze verticaal geplaatst, maar in sommige gevallen worden ze geplaatst met helling tot 30°. Een geluidsscherm houdt nooit 100% van het lawaai tegen. Een deel van het lawaai gaat altijd over het scherm door diffractie van het lawaai, een ander deel gaat door het scherm (transmissie van het lawaai).

Het plaatsen van anti-lawaaisystemen vereist altijd een voorafgaande studie om tot een optimaal concept en inplanting te komen.



Geluidsschermen in hout

\* de geluidsenergie wordt omgezet in warmte



Geluidsschermen in beton

Bron: Benz Kotzen and Colin English



Geluidsschermen in metaal

# SYSTEMEN OM DE VOORTPLANTING VAN LAWAAI TEGEN TE GAAN



Het is mogelijk om de voortplanting van lawaai tegen te gaan door het aanwenden van aangepaste systemen. Er zijn drie verschillende soorten systemen voorhanden: geluidsschermen, aarden wallen en het overkappen van de verkeersas. Deze systemen grijpen in op de voortplanting van het lawaai.

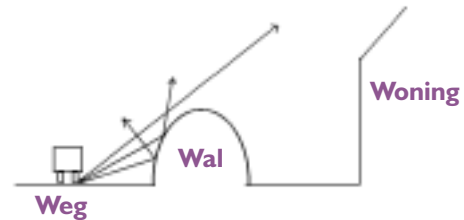


Het **GELUIDSSCHERM** wordt tussen de verkeersweg en de te beschermen woningen geplaatst. Het is gemaakt uit geluidsabsorberend of –reflecterend materiaal. Een geluidsscherm heeft als voordeel dat het weinig plaats inneemt, maar als nadelen dat het dikwijls weinig esthetisch is en het uitzicht belemmert.



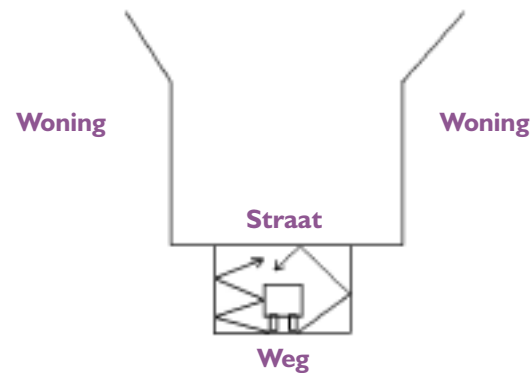
## DE AARDEN WAL

Door het opwerpen van een aarden wal kan men een hindernis construeren voor lawaai. Meestal worden ze aangelegd met de aarde die vrijkomt bij de uitgraving(en) voor de verkeersweg.



## OVERKAPPING VAN DE VERKEERSAS

Het overkappen van de verkeersas laat toe het verkeerslawaai sterk te verminderen. Bovendien kan, als de constructie het toelaat, boven op de overkapping een andere inrichting worden aangelegd (een voetgangerszone, een groene zone, een park, een plein, een recreatiezone en/of een zone 30).





Een aarden **WAL**, met een typische dikte van enkele meter, wordt ook tussen de verkeersweg en de woningen geplaatst. Een begroeide wal heeft een behoorlijke akoestisch absorptievermogen. Over het algemeen worden ze opgeworpen met aarde die overschiet na de aanleg van de verkeersweg. Een aarden wal is esthetischer dan een geluidsscherm, maar neemt veel plaats in, vraagt nogal wat onderhoud en er is veel aarde nodig om hem aan te leggen.



In dichtbevolkte en gevoelige zones, zoals de stedelijke omgeving, gaat men soms over tot een **TOTALE OVERKAPPING VAN EEN LAWAAIERIGE VERKEERSWEG**. Deze oplossing is het laatste redmiddel, want zij is ook het duurst. Een totale overkapping neemt bijna alle verkeerslawaai weg. Er zijn twee types: het zware type, waarvan de oppervlakte boven op het dak kan gebruikt worden voor allerlei doeleinden en het lichte type, waarbij het dak niet ontworpen is om gewichten te dragen.



Deze verschillende systemen worden meer gedetailleerd besproken in de fiche die speciaal de anti-lawaaisystemen belicht.



## REFERENTIES

Benz Kotzen and Colin English, *Environmental noise barriers*, éditions E & FN SPON, 1999.

CETUR, *Guide du bruit des transports terrestres, Prévission des niveaux sonores*, 1980.

CETUR, *Bruit et formes urbaines*, 1981.

Conseil Economique et Social (FR), *Le bruit dans la ville*, édition Journal Officiel de la République française, 1998.

DENDAL J., *Acoustique de l'environnement*, Université de Liège, 1996.

BIM, A-Tech & FIGE, *Administratieve voorschriften en technieken voor de voorbereiding van de elementen van planning in de strijd tegen de geluidshinder*, 1997.

