

VADEMECUM VERKEERSLAWAAI IN DE STAD

GELUIDSSCHERMEN
EN GELUIDS-
ABSORBERENDE
WAND-
BEKLEDINGEN



BRUSSEL MOBILITEIT

GEWESTELIJKE OVERHEIDSDIENST BRUSSEL



leefmilieu
brussel

.brussels 

INHOUDSOPGAVE

Inleiding	3
Bepalende factoren voor de effectiviteit van een geluidsscherm	5
• <i>De afmetingen</i>	5
• <i>De vorm van de objecten</i>	5
• <i>De intrinsieke prestaties van de voorzieningen</i>	5
De afmetingen van de voorzieningen	6
• <i>De hoogte van het scherm</i>	6
• <i>De engte van het scherm</i>	6
• <i>De golflengte en de frequentie van het geluid</i>	7
• <i>Topografie en profiel van de infrastructuur</i>	9
De vorm van de objecten	10
• <i>De vorm van het scherm</i>	10
• <i>De voertuigen</i>	11
De intrinsieke kenmerken/prestaties van de voorzieningen	14
Gebruikte materialen en systemen om de verspreiding van verkeerslawaai tegen te gaan	17
Betonnen schermen	18
Metalen schermen	19
Transparante schermen	20
Ondoorzichtige kunsts of schermen	21
Met planten begroeide schermen	22
Aarden wallen	23
Houten schermen	24
Integratie van geluidsschermen	27
Integratie in het landschap	27
Overdekking van een verkeersader of tunnel	28
Toepassing	31
Installatie van geluidsschermen	31
De kosten van een geluidsscherm	32
Referenties	34

INLEIDING

Deze fiche betreft de geluidswerende voorzieningen die worden gebruikt wanneer sprake is van lawaai, te weten geluidsschermen en (geluids)absorberende wandbekledingen.

Geluidsverspreiding tegengaan betekent meestal dat obstakels worden aangebracht om die verspreiding te beperken. Die obstakels kunnen gebouwen zijn, of bestaande muren, maar ook geluidsschermen die worden geplaatst om de impact van verkeerslawaai te beperken.

We zullen verderop ook zien dat geluid ook door wanden kan worden weerkaatst (zogenoemde "akoestisch reflecterende wanden") en dan in bepaalde richtingen kan worden geleid, waardoor het gereflecteerde geluid het omgevingslawaai aanzienlijk doet toenemen. Om de negatieve impact van deze reflecties te beperken, kan gebruik worden gemaakt van zogenoemde "geluidsabsorberende" bekledingen.

Deze fiche biedt met name een antwoord op de hierna vermelde vragen.

- Wat zijn de bepalende factoren voor de effectiviteit van een geluidswerend scherm?
- Wat zijn de verschillende soorten geluidsschermen?
- Wat zijn hun voor- en nadelen?
- Wat zijn de specifieke problemen die inherent zijn aan tunnelopeningen en wat valt eraan te doen?
- Welke kosten zijn aan de diverse mogelijke oplossingen verbonden?

Algemeen gesproken zijn de meest effectieve geluidsbepalende maatregelen degene die het dichtst mogelijk bij de bron worden toegepast.

Maar voordat geluidsschermen worden geplaatst, moet eerst worden bekeken of het mogelijk is het door het verkeer zelf veroorzaakte lawaai te beperken, bijvoorbeeld door de wegbekleding stiller te maken, de snelheid van de voertuigen te beperken enz.

Indien het onmogelijk blijkt het geluid bij de bron te beperken en/of geluidsschermen te plaatsen, kan worden overwogen om rechtstreeks bij de betrokken omwonenden maatregelen te nemen, zoals bijvoorbeeld geluidswerend glas. Dat is meestal een duurdere oplossing.





BEPALENDE FACTOREN VOOR DE EFFECTIVITEIT VAN EEN GELUIDSSCHERM

De factoren die de beperking van verspreid verkeerslawaaï bepalen, en dus ook het nut van de plaatsing van obstakels zoals geluidsschermen of (geluids)absorberende wandbekledingen, zijn de volgende:

DE AFMETINGEN:

- ▶ de hoogte van het scherm, de lengte van het scherm, de golflengte / frequentie van het te dempen lawaaï;
- ▶ de relatieve positie van de voertuigen en de ontvangers in de omgeving, de topografie;
- ▶ het infrastructuurprofiel.

DE VORM VAN DE OBJECTEN:

- ▶ de schermen (vlak en verticaal, vlak en hellend, niet vlak, volumineus, extra voorzieningen enz.);
- ▶ maar ook die van de voertuigen (auto's, vrachtwagens enz.).

DE INTRINSIEKE PRESTATIES VAN DE VOORZIENINGEN:

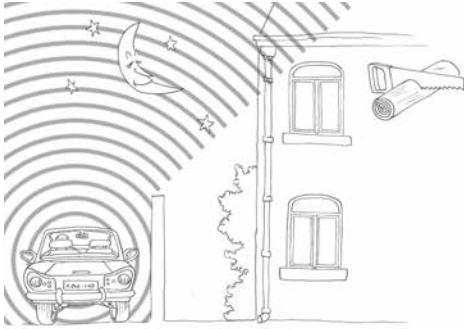
- ▶ absorptie, transmissie, diffractie.

AL deze factoren SAMEN zijn bepalend voor de globale effectiviteit van de geluidswerende voorzieningen die bij de verspreiding van verkeerslawaaï worden toegepast. De volgende paragrafen gaan hier verder op in.

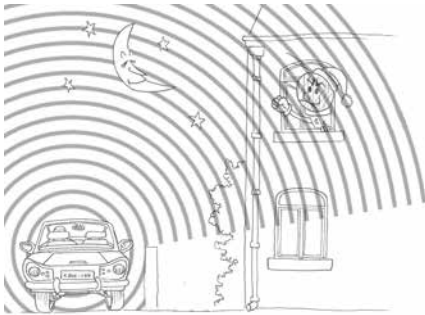
DE AFMETINGEN VAN DE VOORZIENINGEN

DE HOOGTE VAN HET SCHERM

Hoe hoger het scherm is, hoe hoger de schaduwlijn tussen de bron van het geluid (elk voertuig) en de top van het scherm is, en hoe groter de "schaduwzone" en dus de effectiviteit van het scherm is. De hoogte is een van de voornaamste factoren van de afmetingen van een scherm.



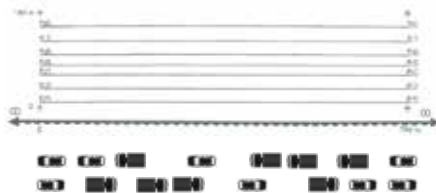
Invloed van de muur, hoogte en afstand, op de schaduwzone



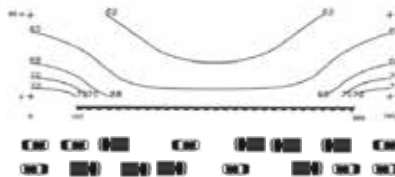
DE LENGTE VAN HET SCHERM

Het verkeerslawaai wordt veroorzaakt door een geheel aan voertuigen die zich binnen een complexe stedelijke context langs meerdere trajecten verplaatsen. Schermen hebben echter een beperkte lengte en aan de uiteinden ontstaat diffractie: op die punten kan het geluid van alle voertuigen om de schermen heen. Hetzelfde geldt voor elke opening in het scherm (bijvoorbeeld een nooduitgang of een toegangsweg).

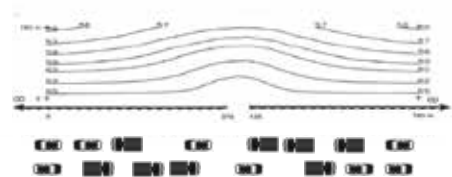
Deze effecten worden weergegeven aan de hand van de geluidsisoniveaукrommen / geluidskarten langs een rechte standaardweg, uitgaande van verschillende scherm-lengten (zie afbeeldingen hieronder, NB: voertuigen niet op schaal).



Scherm met eindeloze lengte



Scherm van 500 m lengte



Scherm met eindeloze lengte en met opening van 50 m

DE GOLFLENGTE EN DE FREQUENTIE VAN HET GELUID

De kadertekst op de volgende pagina geeft aan hoe de afmetingen van een scherm kunnen worden bepaald en gaat met name in op het belang van de frequentie op de verspreiding van het geluid. De golflengte

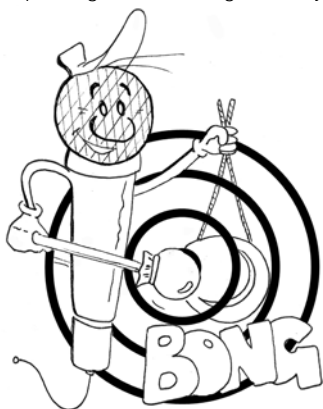
λ hangt rechtstreeks samen met het omgekeerde van de frequentie: $\lambda = c/f$.

λ = de golflengte (m).

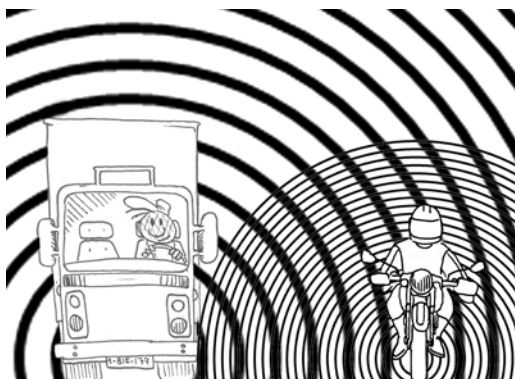
c = de snelheid van het geluid (bijvoorbeeld: 343 m/sec bij 20°C).

f = de frequentie (Hz).

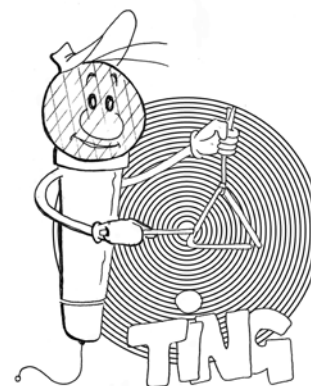
Zo is de golflengte bij lage frequenties ("doffe" geluiden) in de orde van 1 tot enkele (bijvoorbeeld: 1 m bij 340 Hz, 2 m bij 170 Hz, 4 m bij 85 Hz): bij deze frequenties "springen" de golven gemakkelijker over obstakels als geluidsschermen van vergelijkbare hoogte heen, terwijl bij middelhoge en hoge frequenties ("scherpe" geluiden) de golflengte 10 cm of minder bedraagt (bijvoorbeeld 10 cm bij 3 400 Hz, 5 cm bij 6 800 Hz) en de verspreiding daarvan dus gemakkelijker wordt afgeremd.



*Lage frequenties:
lange golflengte*



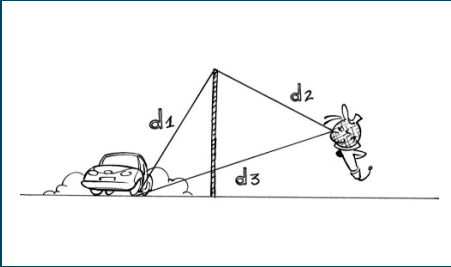
*Vrachtwagens: lage frequenties
Motors: hoge frequenties*



*Hoge frequenties:
korte golflengte*

De golflengte verklaart ook waarom achter een scherm het verkeerslawaaï niet alleen gedempt is, maar ook "doffer" klinkt (de lage frequenties worden minder goed gedempt dan de hoge).

Eenzelfde scherm is dus ook minder effectief voor het beperken van doffe geluiden (het lawaaï dat door bijvoorbeeld een vrachtwagen wordt geproduceerd) dan voor het dempen van scherpe geluiden (het lawaaï van bijvoorbeeld een motorfiets of een tram).



DE AFMETINGEN VAN EEN SCHERM BEPALEN

Geluiden met een hoge frequentie worden gemakkelijker afgeschermd dan geluiden met een lage frequentie: naast de hoogte van het scherm en de relatieve posities van de bron van het geluid en de ontvanger ten opzichte van het scherm, is ook de frequentie van het door de bron vrijgegeven geluid bepalend.

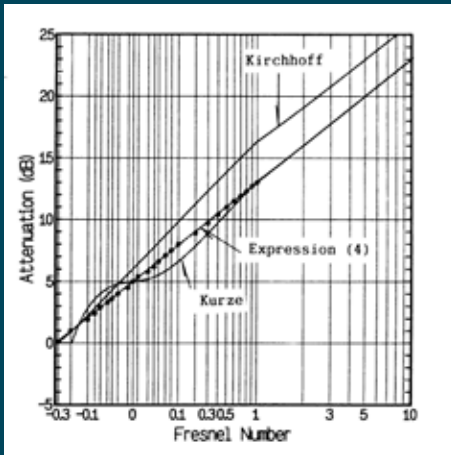
Met het algoritme van Maekawa kan de vermindering van het geluidsdrukniveau dankzij de plaatsing van een scherm worden berekend. Dit algoritme is van toepassing op schermen van onbeperkte lengte (dit is een goede benadering wanneer de afstand tussen de waarnemer en het scherm veel kleiner is dan de lengte van het scherm). Allereerst moet N , het Fresnelgetal, worden berekend:

$$N = (2/\lambda) \times (d1 + d2 - d3)$$

λ is de geluidsgolflengte

$d1$, $d2$ en $d3$ staan voor de afstanden zoals weergegeven in de afbeelding linksboven.

We wijzen erop dat het Fresnelgetal afhankelijk is van de geluidsfrequentie: Hoe groter de golflengte, hoe kleiner het Fresnelgetal. Het diagram links geeft het algoritme van Maekawa weer en toont de vermindering van het geluidsdrukniveau.



Voorbeeld

We veronderstellen dat een geluidsbron zich op 3 m afstand van een scherm van 3 m hoogte bevindt en dat die een geluid voortbrengt met een frequentie (f) van 1000 Hz. Aan de andere kant van het scherm, opnieuw op 3 m afstand, bevindt zich een waarnemer. De waarnemer en de bron bevinden zich op 1 m boven de grond. In dit geval zijn $d1$, $d2$ en $d3$ respectievelijk 3,6 m, 3,6 m en 6 m. De golflengte λ is $c/f = (343 \text{ m/s})/(1000/\text{s}) = 0,34 \text{ m}$ ($c = 343 \text{ m/s}$ is de snelheid van het geluid bij 20°C). Het Fresnelgetal wordt dan als volgt berekend: $N = (2/0,34) \times (3,6 + 3,6 - 6) = 7,05$. De grafiek links laat meteen zien dat als $N = 7$, de effectiviteit van het scherm bij een frequentie van 1000 Hz overeenkomt met 22 dB.

TOPOGRAFIE EN PROFIEL VAN DE INFRASTRUCTUUR

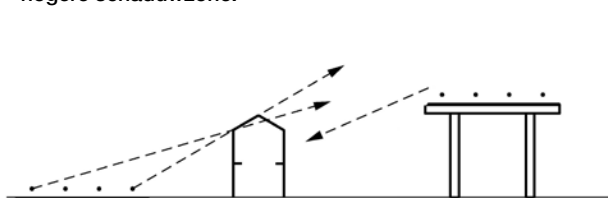
De relatieve posities van de voertuigen, de obstakels (schermen) en de ontvangers (voetgangers, gebouwen) zijn eveneens in zeer sterke mate bepalend voor de effectiviteit van de schermen. Voor de hoogte van de schermen (obstakels) geldt exact hetzelfde: hoe hoger de schaduwlijn tussen de bron (het voertuig) en de top van het obstakel (het scherm) is, hoe groter de effectiviteit is. Dit betekent dat de omgeving, net als het profiel van de weg (ingegraven, in een open geul, aan de oppervlakte, verhoogd of op een viaduct), een grote impact hebben op de verspreiding van het geluid. Ze kunnen zelfs "natuurlijke" obstakels vormen.

Zonder scherm geldt dat hoe hoger de weg ligt, hoe groter de zone is waarop het geluid een impact heeft:

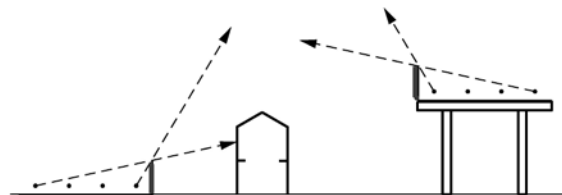
- ▶ ingegraven of in een geul lopende wegen (met gemiddelde diepte, d.w.z. ca. 5 à 7 m) bieden een zwakke bescherming voor gebouwen die niet rechtstreeks op de weg uitkijken;
- ▶ woningen "op de 1ste rij" naast de verkeerswegen staan in sterke mate bloot, terwijl ze de woningen "op de 2de of 3de rij" beschermen (bijv. Brusselse huizenblokken); schermen op viaducten zijn het effectiefst;
- ▶ **wegen op viaducten en verhoogde wegen zonder bescherming hebben dus de grootste impact binnen stedelijke zones.**

Hoe hoger de weg is gelegen, hoe groter de effectiviteit van een scherm (van dezelfde hoogte) is:

- ▶ het plaatsen van schermen langs ingegraven wegen is niet effectief;
- ▶ het plaatsen van schermen langs wegen in geulen of bovenaan ingegraven wegen, waar mogelijk, kan effectief zijn, behalve voor de verdiepingen die rechtstreeks op de weg uitkijken (zelfs een rechtstreeks uitzicht op bepaalde verkeersstroken maakt de schermen ineffectief);
- ▶ in de stad is het haast onmogelijk om schermen te plaatsen, behalve om stedelijke ruimten te beschermen (parken, voetgangerspaden), of wanneer de af te schermen woningen op voldoende afstand van de weg staan;
- ▶ **schermen op viaducten zijn het effectiefst, want ze zorgen voor een aanzienlijk hogere schaduwzone.**



Zonder scherm zijn stadsviaducten het luidruchtigst



Met scherm zijn stadsviaducten het minst luidruchtig

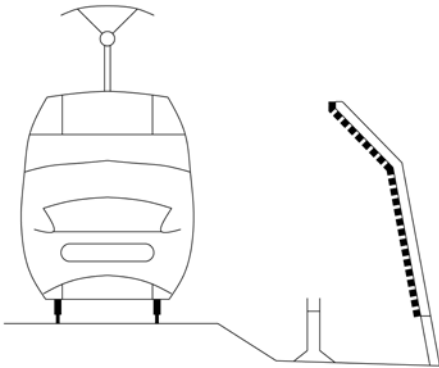
DE VORM VAN DE OBJECTEN

DE VORM VAN HET SCHERM

De markt voor geluidsschermen is zeer uitgebreid. Ze kan echter gemakkelijk in hoofd-categorieën worden verdeeld (waarbij niet moet worden vergeten dat ze akoestisch absorberend of reflecterend kunnen zijn):

- ▶ "dunne" vlakke schermen: verticaal of hellend (richting de voertuigen of richting de omgeving);
- ▶ "dunne" niet-vlakke schermen: gewelfd of met een specifieke vorm;
- ▶ "volumineuze" schermen: schermen met vegetatie, steunmuren "in trapvorm";
- ▶ schermen met "extra" voorzieningen om de diffractie te beperken.

Op **viaducten** gaat de voorkeur vaak uit naar visueel transparante schermen, omdat die de visuele impact beperkt houden. Helaas zijn visueel transparante schermen echter akoestisch reflecterend, en wanneer ze verticaal worden geplaatst, brengen ze meerdere weerkaatsingen tot stand waardoor de prestaties afnemen: er worden daarom gewelfde vormen gebruikt.



Geoptimaliseerde schermvorm voor een trein



Gewelfde transparante schermen op een viaduct

Schermen met niet-vlakke vormen kunnen ook worden ontworpen om optimaal te presteren, vooral wanneer in de onmiddellijke **nabijheid van voertuigen zoals trams of treinen worden geplaatst.**

"Volumineuze" schermen zoals **begroeiide schermen of trapvormige steunmuren** moeten alleen in zeer specifieke gevallen worden toegepast: de absorberende eigenschappen zijn vaak matig en de vegetatie vaak slecht bestand tegen nabijheid van het verkeer en de daarmee gepaard gaande vervuiling.

Tot slot kunnen **extra voorzieningen** aan de bovenzijde van geluidsschermen worden toegevoegd. Wees echter waakzaam wat de prestaties van die voorzieningen betreft. Ze zijn immers alleen effectief onder de schaduwlijn van het scherm, maar vormen geen enkele reden voor een equivalente verlaging van de schermhoogte als er woningen zijn die daardoor boven de schaduwlijn van het scherm uitkomen.

DE VOERTUIGEN

- ▶ Het stadsverkeer bestaat uit meerdere types voertuigen:
- ▶ tweewielers;
- ▶ personenwagens;
- ▶ bestelwagens;
- ▶ vrachtwagens: zonder opleggers, trekkers met opleggers en aanhangwagens;
- ▶ "enkele", "dubbele" en "driedubbele" (harmonica)bussen;
- ▶ trams enz.

Elk type voertuig heeft ofwel een gestroomlijnde vorm (tweewielers), ofwel een meer of minder continue carrosserie in verschillende lengtes. De geluidsgolven worden op uiteenlopende wijzen weerkaatst, afhankelijk van de vorm en de lengte. De weerkaatste geluidsgolven worden naar het scherm verstuurd en kunnen daar zodanig mee interageren dat de prestatie van het scherm erdoor wijzigt: dit zijn de interacties tussen de voertuigen en de schermen.



INTERACTIES TUSSEN SCHERMEN EN VOERTUIGEN

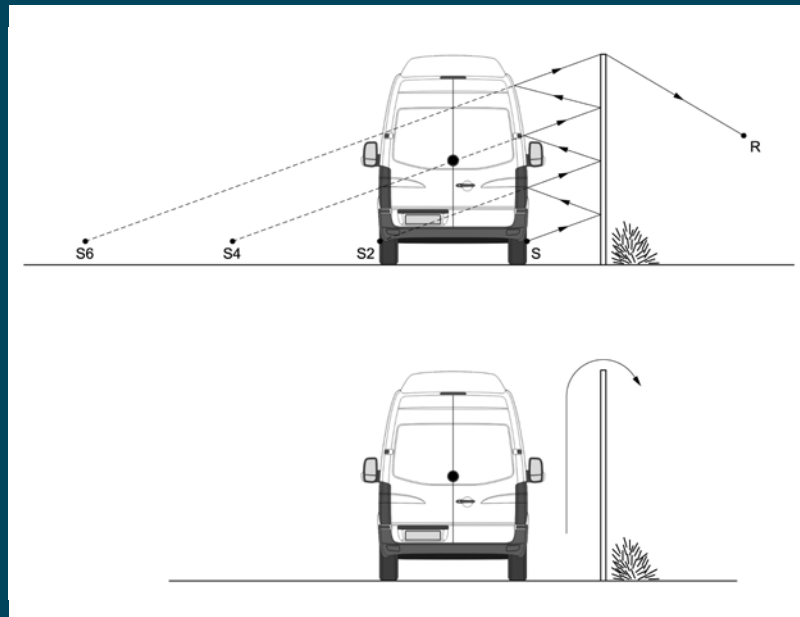
Er kunnen meerdere reflecties optreden tussen de schermen en de ombouw van de voertuigen die er langs rijden. De voertuigen kunnen in grote lijnen worden gelijkgesteld aan plaatselijke geluidsbronnen, maar het zijn in feite ook volumes die zich over de weg verplaatsen en waarvan de wanden (de ombouw van het voertuig) ook (akoestisch) reflecterend zijn.

Hierdoor ontstaan interacties tussen de schermen en de voertuigen wanneer die zich tegenover elkaar bevinden.

Dit betekent dat, doordat de hoogte van de bron van het geluid kunstmatig wordt "verhoogd", deze interactie een merkbaar beperkende invloed heeft op de bescherming die de reflecterende schermen kunnen bieden.

Dit effect is des te sterker als de voertuigen hoog (kunstmatige verhoging van de geluidsbron) en langgerekt zijn (verlenging van de duur van het effect). Helaas zijn de hoogste en langste voertuigen net de vrachtwagens, dat wil zeggen de voertuigen die het meeste lawaai maken.

Het gebruik van geluidsabsorberende of gewelfde schermen kan dit effect beperken.



Interactie tussen een bestelwagen en een (geluids)reflecterend scherm (alsof de bron van het geluid kunstmatig is verhoogd)

INVLOED VAN DE VEGETATIE

Vegetatie is niet erg effectief als geluidswerende barrière.

Alleen een zeer dichte vegetatie maakt een lichte demping van het geluid mogelijk. Onderstaande tabel laat ook zien dat hoogfrequente geluiden beter worden geabsorbeerd dan geluiden met een lage frequentie.

Gemiddelde octaafbandfrequentie (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Absorptie per 100 m dichte vegetatie (dB)	3	5	7	9	12	15

De geluidsfrequentie van verkeerslawaai ligt meestal tussen de 500 en 1500 Hz. In dit geval bedraagt de beperking van het geluid 7 tot 10 dB per 100 m dichte vegetatie. Dit is dus helaas niet realiseerbaar in de stad.

AARDEN WALLEN

Een aarden wal is minder effectief dan een verticaal scherm. Hier zijn twee redenen voor:

- ▶ de diffractie bovenaan de aarden wal is sterker dan die welke bovenaan een verticaal scherm wordt gemeten. De diffractie is het vermogen van een golf om een obstakel te omzeilen. Dit fenomeen doet zich voor wanneer de golflengte van een geluid van dezelfde orde van grootte is als de afmetingen van het obstakel. Voor een aarden wal met een openingshoek van 45° tussen beide hellingen is de demping ca. 2 dB(A) minder dan die welke met een dun scherm van dezelfde hoogte wordt verkregen. Dit komt door de toegenomen diffractie;
- ▶ aangezien de voet van een aarden wal meer ruimte inneemt dan een scherm, ligt de bovenzijde van de wal onvermijdelijk verder van de bron en/of de ontvanger, waardoor de geluidsbescherming minder effectief is



DE INTRINSIEKE KENMERKEN/PRESTATIES VAN DE VOORZIENINGEN

De zogenoemde "intrinsieke" kenmerken/prestaties zijn de kenmerken die eigen zijn aan het product zelf (in tegenstelling tot de toepassing – lengte, hoogte, locatie – die niet eigen zijn aan het product).

Afhankelijk van het type voorziening zijn de vereiste essentiële (akoestische) kenmerken als volgt:

- ▶ voor geluidswerende schermen: de geluidsabsorptie (indien het product geluidsabsorberend is) en de geluidsisolatie;
- ▶ voor geluidsabsorberende wandbekledingen: de geluidsabsorptie;
- ▶ voor extra voorzieningen die bovenaan de schermen worden aangebracht: de prestaties op het vlak van </944><947geluidsdiffractie.



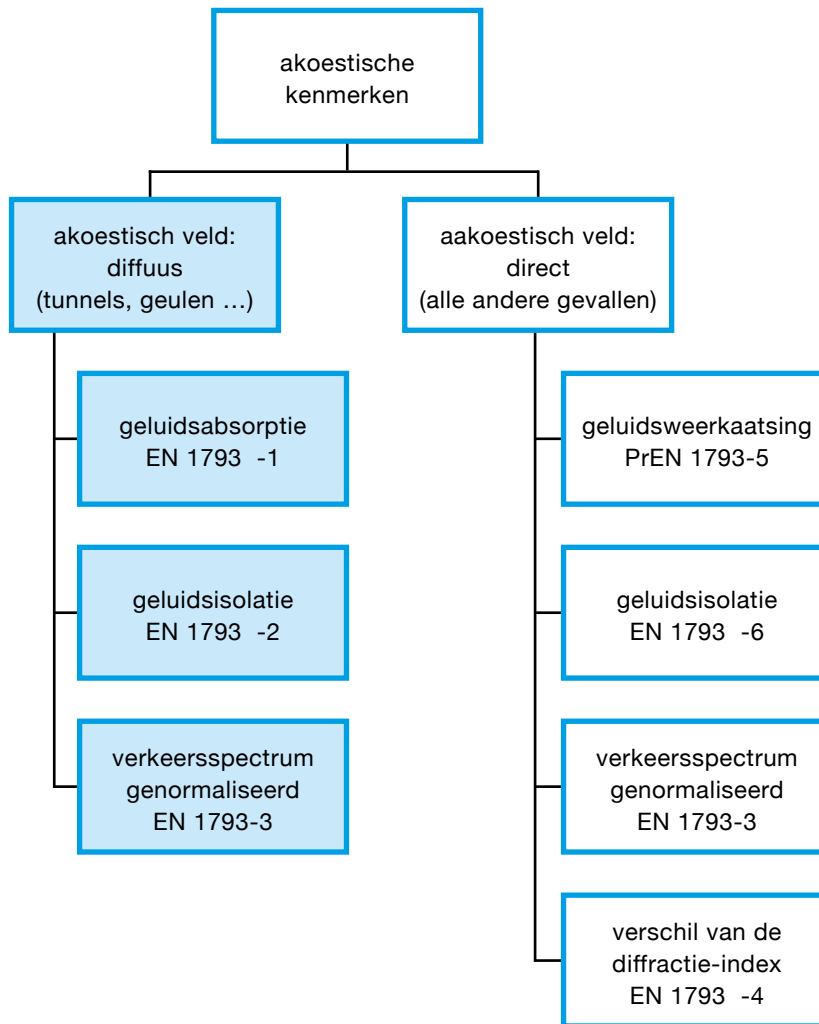
De absorberende / reflecterende eigenschappen, de diffractiekenmerken en de isolerende eigenschappen zijn van groot belang voor de uiteindelijke prestaties van de geluidswerende voorziening: om de verschillende producten die op de Europese markt worden verkocht met elkaar te vergelijken, heeft het Europees Comité voor Normalisatie (CEN) een reeks (EN-)normen opgesteld waarin de meetmethodes worden vermeld die een objectieve karakterisering van de producten mogelijk maken.

De productnorm is norm NBN EN 14388.

De afbeelding hiernaast toont de reeks NBN EN 1793 van ondersteunende normen voor de akoestische kenmerken. Andere normen, zoals de reeks NBN EN 1794 of EN 14389, verwijzen respectievelijk naar de niet-akoestische eigenschappen (met name de stabiliteit, de veiligheid en de milieukenmerken) en naar de duurzaamheid: **al die kenmerken zijn belangrijk bij het ontwerp van geluidswerende voorzieningen.**

Het is sterk aanbevolen om **enkel gebruik te maken van gecertificeerde producten waarvan de prestaties (die door de fabrikant worden gegarandeerd op basis van officiële testrapporten) in overeenstemming zijn met de gekozen toepassing.**

Aarden wallen of vegetatie kunnen eveneens als geluidswerende voorzieningen worden gebruikt, maar hier bestaan nog geen certificaten of andere labels voor. We wijzen er ook op dat vegetatie niet echt een goede geluidswerende voorziening is.



Norm NBN EN 1793



GEBRUIKTE MATERIALEN EN SYSTEMEN OM DE VERSPREIDING VAN VERKEERSLAWAAI TEGEN TE GAAN

Uit het voorgaande komt naar voren dat de omstandigheden rond de realisatie van het geluidsscherm (absorberend of niet, voldoende zwaar enz.) essentieel zijn, net als de materiaalkeuze. Er zijn diverse materialen die zich lenen voor de vervaardiging van geluidsschermen:

- ▶ Metaal: aluminium of staal (absorberend of niet)
- ▶ Beton (absorberend of niet)
- ▶ Hout (absorberend of niet)
- ▶ Glas (alleen niet-absorberend)
- ▶ Kunststof: transparant, zoals polycarbonaat of polymethylmethacrylaat (alleen niet-absorberend), of ondoorzichtig (absorberend of niet)
- ▶ Aarde

Op de volgende pagina's wordt gedetailleerd op deze materialen inge-



BETONNEN SCHERMEN

Betonnen schermen zijn in tal van verschillende vormen en maten beschikbaar.

Betonnen schermen kunnen van absorberende eigenschappen worden voorzien: hiertoe worden verschillende poreuze materialen gebruikt (houtbeton, poreus beton, Argex enz.).

Die staan wel rechtstreeks bloot aan de weersomstandigheden en aan contactimpact.

Bij eenzelfde oppervlakte presteren deze poreuze materialen minder goed dan producten van minerale wol; ze hebben een grotere ontwikkelde oppervlakte die gegaufreerd of gegroefd kan zijn. De voordelen van deze schermen zijn hun lange levensduur en hun beperkte (maar minder eenvoudige) onderhoud). Beton biedt minder kleurmogelijkheden.

VOORDELEN

- ▶ Zwaar, inert en zeer resistent materiaal.
- ▶ De elementen kunnen zelfdragend zijn.
- ▶ Weinig onderhoud vereist.
- ▶ Vrij goede vormsoepelheid.
- ▶ Eenvoudig tegen graffiti te behandelen voor wat de massieve (niet-absorberende) elementen betreft.

NADELEN

- ▶ Zwaar om te plaatsen; elementen kunnen minder gemakkelijk worden vervangen.
- ▶ De poreuze, absorberende elementen zijn kwetsbaar.
- ▶ Correcte geluidsabsorptieprestaties.
- ▶ Het onderhoud van de poreuze materialen is minder gemakkelijk (maar minder vaak nodig).
- ▶ Beperkt aantal kleuren.
- ▶ De poreuze (absorberende) materialen zijn moeilijker tegen graffiti te behandelen.



Betonnen scherm met gegroefd motief voor betere geluidsabsorptie

METALEN SCHERMEN

Metalen schermen bestaan meestal uit met minerale wol gevulde bakken: deze bakken zijn vervaardigd van geplooid gegalvaniseerd staal of van hoogkwalitatief aluminium. De bakken worden ingebouwd of op elkaar gestapeld tussen twee steunpalen. De bakken kunnen aan een zijde van gaten worden voorzien (aan de kant van het verkeer) of aan beide zijden (centrale schermen). De perforatie, aangevuld met een geschikt type minerale wol binnen de bak, verleent deze metalen schermen geluidsabsorberende eigenschappen van hoog niveau.

Mits goed tegen roest beschermd en regelmatig onderhouden, hebben metalen schermen een levensduur van 30 jaar of langer. De absorberende versies kenmerken zich door een uitstekend geluidsabsorptievermogen.

Metalen schermen kunnen in eender welke kleur worden uitgevoerd.



VOORDELEN

- ▶ Licht, stevig en resistent materiaal.
- ▶ Eenvoudig te plaatsen en te vervangen modulaire elementen met een redelijk gewicht.
- ▶ Geluidsabsorptieprestaties van hoog niveau.
- ▶ Onderhoudsvriendelijk (bijv. met de hogedrukreiniger).
- ▶ Vormsoepelheid.
- ▶ Vrijwel onbeperkte keuze aan kleuren.
- ▶ Eenvoudig tegen graffiti te behandelen.

NADELEN

- ▶ Moet tegen corrosie worden behandeld:
 - Ivoor staal is een behandeling van het type galvanisering vereist voor de mas-sieve elementen (bakken). Deze behandeling is effectief;
 - Igeperforeerde staalplaten, zelfs indien gegalvaniseerd, zijn echter vermijden, aangezien doorboring ze gevoeliger maakt voor corrosie;
- ▶ Minerale wol moet op de juiste wijze worden behandeld om duurzaam te zijn (ventilatie, bescherming tegen vocht, waterafvoer).

VOORDELEN

- ▶ Blokkeren het gezichtsveld van de omwonenden niet (of in mindere mate) en stellen reizigers in staat zich te oriënteren of van het landschap te genieten.
- ▶ Kunnen in de massa worden gekleurd in verschillende tinten.
- ▶ Vrij eenvoudig te onderhouden.

NADELEN

- ▶ Systemen voor bescherming tegen schokken noodzakelijk (vandalisme of steenslag).
- ▶ Akoestisch reflecterend.
- ▶ Kunststof schermen kunnen brandbaar zijn.
- ▶ Worden vuil door stof en regen (maar zijn eenvoudig te reinigen).

TRANSPARANTE SCHERMEN

Transparante schermen kunnen in glas of transparante kunststof worden uitgevoerd (polycarbonaat of polymethylmethacrylaat (PMMA)). Glas heeft als voordeel dat het beter bestand is tegen ultraviolette straling (uv, afkomstig van blootstelling aan de zon) en tegen krassen. Kunststoffen breken dan weer minder snel.

Transparante schermen hebben als groot voordeel dat ze het gezichtsveld voor de omwonenden en de gebruikers niet blokkeren. In principe zijn transparante schermen vooral bedoeld voor stedelijke omgevingen (zie foto onderaan). Het scherm moet zijn transparante eigenschappen echter behouden: die kunnen worden aangetast door vuil, stof, condensatie of graffiti. Transparante schermen zijn niet absorberend en hun geluiddempend vermogen is daardoor lager dan dat van absorberende schermen. Voor transparante schermen zijn beschermingssystemen tegen schokken nodig (vandalisme of steenslag).

De onderste rand van een transparant scherm wordt meestal in een ander materiaal uitgevoerd (metaal, beton, hout).



Geluidsscherm in gewapend kunststof (PMMA)

ONDOORZICHTIGE KUNSTS OF SCHERMEN

Schermen van visueel ondoorzichtige kunststof vormen een alternatief voor metalen schermen: ze worden vaak volgens dezelfde principes opgebouwd (bakken, minerale wol, geperforeerde voorzijde).

Deze schermen bestaan uit geperforeerde pvc-elementen met een laag steenwol. Daardoor hebben ze zeer goede geluidsabsorberende eigenschappen die vergelijkbaar zijn met metalen en houten schermen.

Dit systeem biedt veel flexibiliteit voor wat de kleuren betreft.

Ze hebben het voordeel dat ze op basis van gerecycleerde kunststof kunnen worden vervaardigd en dat ze zelf ook recycleerbaar zijn.



Absorberend pvc-scherm

VOORDELEN

- ▶ Licht, stevig en resistent materiaal.
- ▶ Eenvoudig te plaatsen en te vervangen modulaire elementen met een redelijk gewicht.
- ▶ Geluidsabsorptieprestaties van hoog niveau.
- ▶ Onderhoudsvriendelijk (bijv. met de hogedrukreiniger).
- ▶ Vormsoepelheid.
- ▶ Diverse kleuren mogelijk.
- ▶ Antigraffitibehandeling mogelijk.
- ▶ Kunnen worden vervaardigd op basis van gerecycleerde kunststof en kunnen zelf ook worden gerecycleerd.

NADELEN

- ▶ De productie van pvc vereist het gebruik van giftige chemische stoffen.
- ▶ Kunststof schermen kunnen brandbaar zijn

VOORDELEN

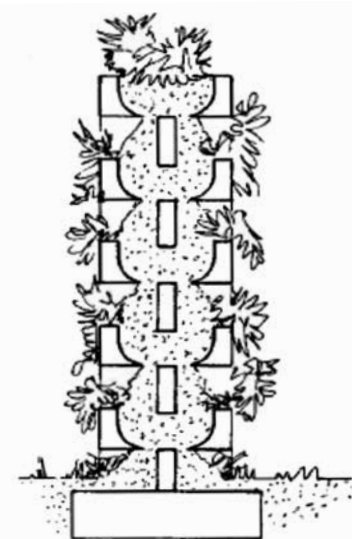
- ▶ Mogelijkheid om een zeer esthetisch geheel te creëren dat goed in het natuurlijke landschap past.
- ▶ De levensduur hangt af van het basismateriaal en kan dus aanzienlijk zijn. De levensduur kan meer dan 30 jaar bedragen in het geval van betonnen schermen.
- ▶ Een met planten begroeid scherm kan eveneens toegevoegde ecologische waarde bieden, want er zullen kleine dieren (spinnen, insecten enz.) op afkomen.

NADELEN

- ▶ Vereisen meestal veel verzorging en onderhoud. Het onderhoud is in de eerste jaren vaak frequent, maar zodra de vegetatie volgroeid is, is een enkele onderhoudsbeurt per jaar vaak voldoende.
- ▶ De aarde kan door de regen wegspoelen of kan uitdrogen, waardoor de vegetatie sterft. Een irrigatiesysteem kan dit probleem helpen oplossen, maar daardoor nemen de kosten toe.
- ▶ Zonder gebruik van geschikte materialen zijn begroeide schermen niet geluidsabsorberend: vegetatie, ook indien die dicht en van goede kwaliteit is, is geen geluidsabsorberend materiaal.
- ▶ Aarde is een "levend" materiaal: als het voor geluidsisolatie wordt gebruikt, kunnen gebreken ontstaan wanneer de aarde inklinkt.

MET PLANTEN BEGROEIDE SCHERMEN

Met planten begroeide geluidsschermen worden meestal uitgevoerd in de vorm van boven elkaar geplaatste, met aarde gevulde bakken (er zijn diverse materialen mogelijk: beton, kunststof, hout, metaal, manden). In de aarde worden planten gezaaid die de constructie na verloop van tijd volledig bedekken. Zo ontstaat een zeer "natuurlijk" geluidswerend scherm. De vegetatie heeft een zuiver esthetische functie: de afwezigheid of aanwezigheid van planten heeft vrijwel geen invloed op akoestisch vlak. Dit type geluidsscherm past harmonieuzer binnen het landschap, hetgeen een aanzienlijk pluspunt is. De onderhoudskosten van een dergelijk scherm zijn meestal hoog (de planten moeten worden gesnoeid, dode exemplaren moeten worden verwijderd enz.) en de begroeiing moet worden bewaterd. Als alternatief voor een scherm waarbij de planten "erin" groeien (de aarde bevindt zich in het scherm zelf) kan men de vegetatie ook tegen het scherm aan laten groeien. Hiervoor wordt vaak gebruikgemaakt van klimop. Dat laat men bijvoorbeeld tegen een betonnen scherm met een ruwe structuur groeien, dat daardoor voldoende "houvast" biedt voor de plant.



Geluidsscherm bestaande uit op elkaar gestapelde betonnen bakken

AARDEN WALLEN

De aanleg van een aarden wal als geluidsscherm kan aantrekkelijk en kostenbesparend lijken indien in de omgeving grote hoeveelheden overtollige aarde beschikbaar zijn. Er is echter voldoende ruimte nodig voor de basis van de wal, hetgeen in een stedelijke omgeving allesbehalve vanzelfsprekend is. Een aarden wal zonder versterking moet een helling van maximaal 45° hebben, wat betekent dat de breedte minstens gelijk of zelfs het dubbele van de hoogte moet zijn. Wanneer een versterking met metalen, kunststof of betonnen elementen wordt voorzien, kan de wal een sterkere helling hebben zonder dat gevaar op aardverschuivingen ontstaat, maar dit brengt ook hogere kosten met zich mee.



Aarden wal die als geluidsscherm dient

Verband tussen de hoogte en de breedte van de basis van aarden wallen			
Hoogte (m)	Breedte van de basis (m) indien de helling = 60°	Breedte van de basis (m) indien de helling = 45°	Breedte van de basis (m) indien de helling = 30°
3	3,5	6,0	10,4
4	4,6	8,0	13,9
5	5,8	10,0	17,3

VOORDELEN

- ▶ Goedkope oplossing indien in de omgeving grote hoeveelheden overtollige aarde beschikbaar zijn.
- ▶ "Natuurlijke" uitstraling, vooral wanneer de wal met planten wordt begroeid.
- ▶ Extreem duurzaam: de levensduur is "onbeperkt".
- ▶ Ongevoelig voor graffiti.

NADELEN

- ▶ Vereisen veel meer ruimte dan een normaal "dun" scherm. Het is echter mogelijk de benodigde hoeveelheid ruimte te beperken door een wal aan te leggen waarvan een van de hellingen is versterkt. Zo kan een helling worden gerealiseerd met een hoek van meer dan 45°.
- ▶ De geluidsbescherming is minder effectief dan die van een dun scherm van dezelfde hoogte.
- ▶ Vereisen relatief veel onderhoud (snoeien, maaien).
- ▶ Blokkeren het gezichtsveld van de omwonenden en de gebruikers.

HOUTEN SCHERMEN

Geluidswerende schermen kunnen ook in hout worden uitgevoerd.

Tot enkele jaren geleden werd hiervoor tropisch hardhout gebruikt. Dat zijn zeer dure houtsoorten die vanuit het oogpunt van duurzame ontwikkeling negatief worden gewaardeerd.

De voorkeur gaat nu uit naar inheemse houtsoorten. Die zijn veel minder dicht en minder hard. Ze zijn zelfs zeer poreus en moeten een rottingswerende behandeling ondergaan, want ze staan sterk bloot aan de weersomstandigheden en aan van de weg afkomstige producten (bijv. strooizout).

Voor deze behandeling van inheems hout worden echter chemische stoffen gebruikt die extreem giftig zijn.

Ondanks die behandeling is de levensduur van houten schermen sterk beperkt.

Wel moet worden toegegeven dat een houten scherm een "warme" en "natuurlijke" uitstraling heeft die een betonnen of metalen scherm niet kan bieden.

VOORDELEN

- ▶ "Levend" materiaal.
- ▶ "Natuurlijke" en "warme" uitstraling, meestal goed geïntegreerd en gewaardeerd.
- ▶ Geluidsabsorberende prestaties van hoog niveau indien gebruik wordt gemaakt van goed beschermde minerale wol (vergelijkbaar met metalen schermen).

NADELEN

- ▶ Inheems hout is gevoelig voor schimmels, de zon en de temperatuur: behandeling kan nodig zijn. Bij zo'n behandeling moeten helaas giftige producten worden gebruikt.
- ▶ Vrijwel geen kleurvariatie mogelijk, hout wordt na verloop van tijd vaal.
- ▶ "Levend" materiaal (barsten, verschuiving van elementen, mogelijk op de weg vallen van onderdelen indien hier niet op wordt geanticipeerd).



Houten geluidsscherm

OVERZICHTSTABEL

Type	Metaal				Beton		Hout		Materialen transparant			Schermen begroeid	Wallen van aarde/taluds
Criterium	staal		aluminium						glas	PC	PMMA		
	A	R	A	R	A	R	A	R					
Modulariteit	++	++	++	++	+	+	++	++	++	++	++	=	PA
Lichtheid	+	+	++	++	--	--	=	=	-	+	+	--	PA
Flexibiliteit (vorm)	+	+	+	+	+	+	=	=	=	+	+	PA	=
Flexibiliteit (kleur)	++	++	++	++	+	+	-	-	=	+	+	PA	PA
Benodigde ruimte	+	+	+	+	+/=	+/=	+/=	+/=	+	+	+	--	--
Diefstalbestendigheid	=	=	-	-	++	++	=	=	+	=	=	++	PA
Kwetsbaarheid	=	+	=	=	-	++	-	=	--	+	+	=	PA
Mogelijke bescherming tegen graffiti	+	++	+	++	--	++	--	--	=	=	=	=	PA
Onderhoudsvriendelijkheid	++	++	++	++	--	++	--	--	++	+	+	--	--

Legenda

- A** Geluidsabsorberende voorziening
- R** Geluidsweerkaatsende voorziening
- PC** Scherm van polycarbonaat
- PMMA** Polycarbonaat of polymethylmethacrylaat
- PA** Criterium niet van toepassing op dit type scherm
- + / ++** Dit type scherm scoort positief voor dit criterium
- =** Dit type scherm scoort neutraal voor dit criterium
- / --** Dit type scherm scoort negatief voor dit criterium



INTEGRATIE VAN GELUIDSSCHERMEN



INTEGRATIE IN HET LANDSCHAP

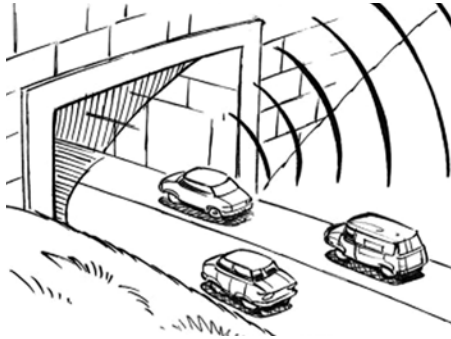
Parallel aan de akoestische en technische eigenschappen die een geluidsscherm moet bieden, is er ook een niet te onderschatten derde aspect: de esthetische kant. Bij het ontwerp van geluidsschermen moet worden vermeden dat een storend element in het landschap ontstaat. Voor een esthetisch passende constructie moet worden geprobeerd het scherm zo goed mogelijk in het landschap te integreren of moet de aanwezigheid van het scherm in de verf worden gezet door met contrasten te spelen, waardoor een harmonieus geheel ontstaat.

De ontwerper van een geluidsscherm beschikt over vier parameters: kleur, textuur, vorm en secundaire elementen, zoals planten, ornamenten enz.

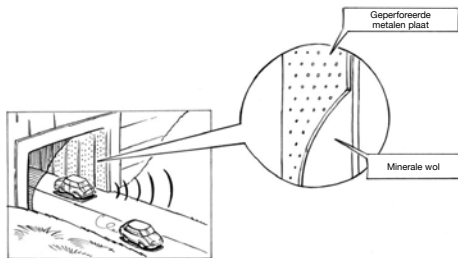
Planten dienen vaak om een geluidsscherm te verbergen of minstens te "verzachten" – een betonnen scherm bijvoorbeeld – dat zonder die planten een "harde" en "koude" uitstraling zou hebben. Deze vorm van "natuurlijke" integratie wordt vooral gekozen wanneer in een landelijke omgeving een geluidsscherm moet worden geplaatst.

In de stad kan het scherm worden geïntegreerd door het bijvoorbeeld dezelfde kleur en textuur te geven als de omringende gebouwen.





Tunnel met reflecterende wanden



Tunnel met absorberende wanden

OVERDEKKING VAN EEN VERKEERSADER OF TUNNEL

Een radicale – maar kostbare – oplossing om het verkeerslawaai te beperken, is een volledige overdekking van de weg. Er kan worden gekozen voor een "lichte", minder dure overdekking of voor een duurdere, "zware" overdekking. In het eerste geval dient de constructie uitsluitend om het geluid binnen te houden; in het tweede geval kunnen bovenop de overdekking wegen, parken of gebouwen worden aangebracht.

Er kan zich echter een specifiek probleem voordoen bij de tunnelopeningen (in- en uitgang): het lawaai van de voertuigen wordt door de wanden en het plafond van de tunnel weerkaatst, waardoor het geluidsniveau aanzienlijk toeneemt. Deze "galm" heeft twee gevolgen:

Tunnel met reflecterende wanden

- ▶ een hoger geluidsniveau aan de uiteinden;
- ▶ maar ook een (tijdelijk) aanhoudend geluidsniveau aan de uiteinden van elk voertuig dat door de tunnel rijdt.

Het plaatsen van absorberende materialen aan de wanden en het plafond van de tunnel, op een afstand van enkele tientallen meters van de tunnelopening, helpt om dit type geluidsoverlast te beperken. De wanden van het traject bij de uitgang of de ingang van de tunnel moeten eveneens met absorberende materialen worden bekleed.

In de praktijk wordt vaak gebruikgemaakt van geperforeerd staal of aluminium met een isolatielaag van minerale wol.



VERSPREID LAWAAI ROND DE TOEGANGSOPENINGEN VAN EEN TUNNEL

Doordat ze "twee keer twee" parallelle wanden hebben (de twee zijmuren, de bodem en het plafond) die meestal (akoestisch) reflecterend zijn, zijn tunnels zeer "galmend" van aard: de afgegeven geluidsgolven worden steeds weer weerkaatst, zonder te verdwijnen.

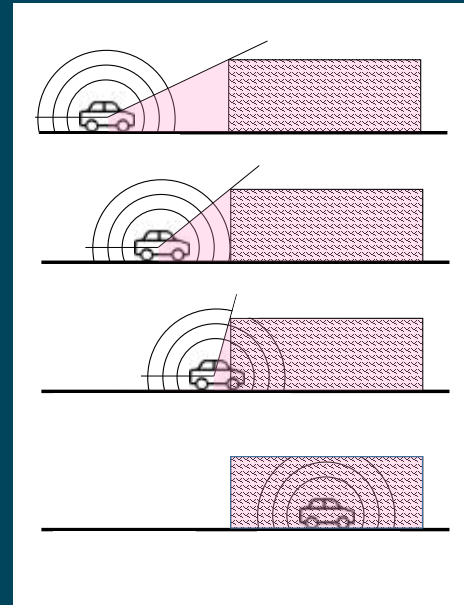
Voor een individueel voertuig geldt daardoor het volgende:

- ▶ wanneer het voertuig ver genoeg bij de tunnel vandaan is, komt vrijwel niets van de geluidsenergie die het voertuig afgeeft in de tunnel terecht;
- ▶ bij het naderen van de tunnel komt geleidelijk aan een toenemende hoeveelheid van de energie de tunnel binnen en blijft een steeds kleiner gedeelte daarbuiten, tot het moment dat het voertuig zich volledig in de tunnel bevindt;
- ▶ op dat moment zit het voertuig, met uitzondering van de open uiteinden van de tunnel "gevangen" in een ruimte waar het geluid "eindeloos" wordt teruggekaatst (meerdere reflecties, zoals in een vertrek waarin elke wand met een spiegel is bekleed): **dit effect houdt aan zolang het voertuig zich in de tunnel bevindt.**

Als er veel verkeer is, voegt het aanhoudende geluidsniveau van elk voertuig bij de opening van de tunnel zich bij het geluid van alle andere voertuigen, maar het tunneleffect wordt gedeeltelijk gemaskeerd door het verkeer buiten de tunnel.

Is er minder verkeer, dan kan het aanhoudende geluidsniveau veel meer hinder opleveren. Als de voertuigen zich op afstand van de tunnallengte bevinden, kan dit aanhoudende effect ervoor zorgen dat het lawaai vrijwel continu hoorbaar is.

Dit aanhoudende geluidseffect is vooral 's nachts storend, want het kan de slaapfasen wijzigen en kan mensen zelfs wakker maken (het beste voorbeeld is een luidruchtige motor die 's nachts door een tunnel van bijvoorbeeld 300 m lang rijdt).





TOEPASSING



INSTALLATIE VAN GELUIDSSCHERMEN

Met uitzondering van aardewallen worden vrijwel alle schermen van metaal, beton, hout, glas of kunststof opgebouwd uit geprefabriceerde elementen. Een veelgebruikte methode is het plaatsen van verticale, H-vormige profielen van beschilderd of gegalvaniseerd staal op een stevige fundering. Die profielen staan perfect verticaal en hebben een welbepaalde onderlinge afstand. Vervolgens worden met een kraan de geprefabriceerde elementen in de groeven tussen de H-profielen geplaatst. Dit montageprincipe wordt hieronder weergegeven.



Montage van geprefabriceerde schermelementen tussen twee verticale H-profielen

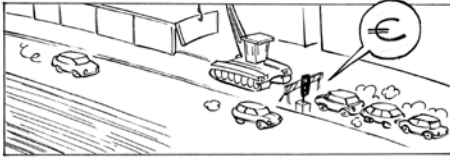
Dit principe wordt vaak toegepast op betonnen schermen, maar die laatste kunnen ook zelfdragend zijn ontworpen, waardoor geen steunprofielen nodig zijn. Met groen beklede schermen bestaan soms uit op elkaar gestapelde betonnen bakken zonder steunelementen.

DE UITEINDEN VAN DE GELUIDSSCHERMEN

De uiteinden van een geluidsscherm moeten bijzondere aandacht krijgen. Het is meestal niet erg esthetisch om een geluidswerend scherm plotseling op te laten houden. Er zijn meerder oplossingen mogelijk: De hoogte van het geluidsscherm geleidelijk aan "afbouwen", waardoor het met het landschap versmelt. Dit kan in een trapvormige of glooiende uitvoering gebeuren.

Een andere mogelijkheid is het uiteinde van het scherm te camoufleren met bijvoorbeeld vegetatie.

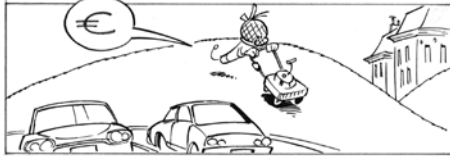
In bepaalde gevallen wordt echter besloten het scherm plots te laten ophouden, juist om het "hedendaagse" karakter te benadrukken.



DE KOSTEN VAN EEN GELUIDSSCHERM

De reële kostprijs van een geluidswerend scherm omvat alle volgende kosten:

- ▶ ontwerp, materiaal en installatie;
- ▶ onderhoud;
- ▶ transformatie aan het einde van de levensduur.

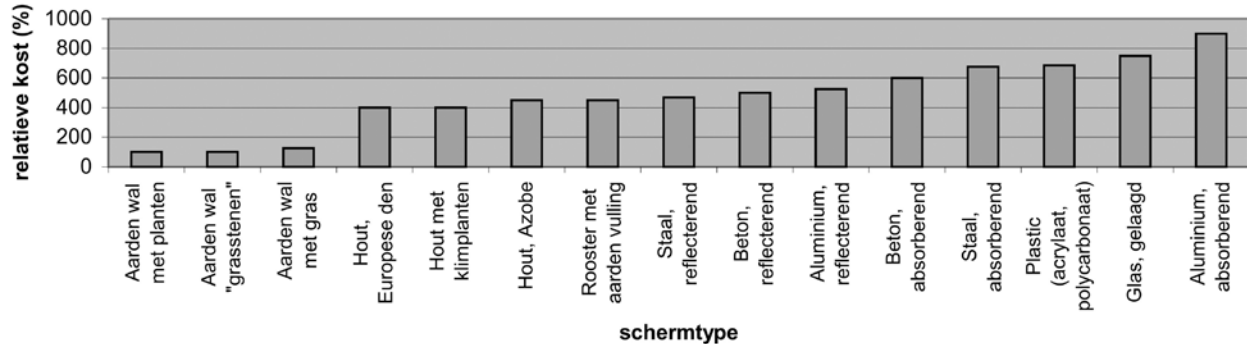


Deze prijs wordt door een groot aantal factoren beïnvloed; het is daarom onmogelijk een precieze eenheidsprijs te geven voor een bepaald materiaaltipe. De prijs van het scherm per m² varieert dus: per project en zal met name afhankelijk zijn van de volgende factoren:

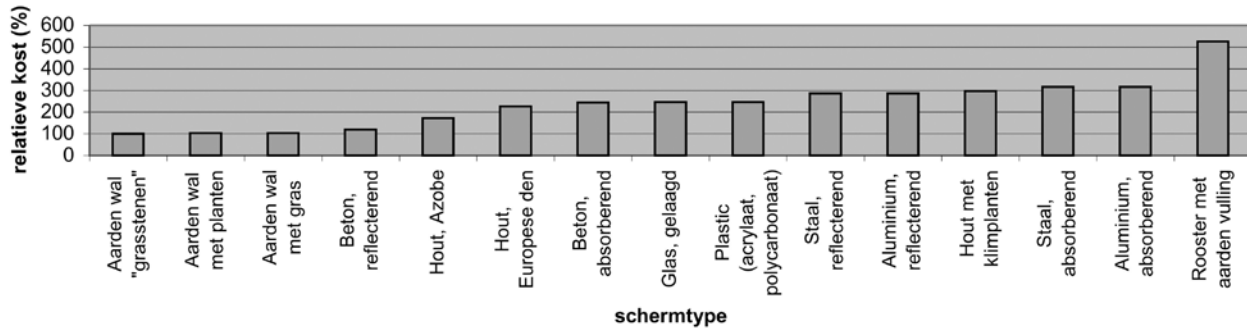
- ▶ de dikte, de hoogte en de lengte van het scherm;
- ▶ de afmetingen van de vereiste funderingen;
- ▶ de vereiste windbestendigheid;
- ▶ de veiligheid (vrije ruimten, viaducten, geulen, tunnels, nabijheid van andere wegen enz.);
- ▶ de beschikbare ruimte en de toegankelijkheid van de werf (voor de plaatsing en het onderhoud van de schermen);
- ▶ de vereiste bewegwijzering (voor de plaatsing en het onderhoud van de schermen);
- ▶ de toegankelijkheid van de aarde (voor aarden wallen).



Inschatting van de plaatsingskosten per m²



Inschatting van de jaarlijkse onderhoudskosten per m²



REFERENTIES

- NBN EN 14388 Verkeerslawaaibeperkende constructies – Specificaties
- NBN EN 1793-1 tot 6 Beproevingmethode voor de bepaling van de akoestische kenmerken
- NBN EN 1794-1 tot 3 Niet-akoestische prestaties
- NBN EN 14389-1 en 2 Procedure voor de beoordeling van de prestaties op de lange termijn





Voor meer informatie:

Redactie: ARIES consultants & CRR (editie 2004) - A-Tech (editie 2018)
Leescomité: J.-L. Simons, F. Saelmackers, E. Monami-Michaux & V. Thibert

Wettelijk depot: D/5762/2017/20
Fotorechten: Leefmilieu Brussel, A-Tech, Thinkstock

Verantwoordelijke uitgever: F. Fontaine & B. Dewulf · Havenlaan 86C/3000 · B-1000 Brussel
Met plantaardige inkt op gerecycleerd papier gedrukt.