



2. AKOESTISCHE BEGRIPPEN EN HINDERINDICES

1. Definitie van geluid

Fysisch gesproken kan geluid omschreven worden als een drukverandering die door het menselijk oor waargenomen kan worden. De drukveranderingen worden van punt tot punt doorgegeven in het medium (bijvoorbeeld in de lucht). Deze drukschommeling, die we akoestische druk noemen, wordt uitgedrukt in Pascal ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$).

2. Fysieke kenmerken van geluid

2.1. Frequentie

Het aantal drukveranderingen per seconde noemen we de frequentie. Die wordt in Hertz (Hz) uitgedrukt. De frequentie bepaalt de "klank" van een geluid, ook wel de "hoogte" genoemd. Naarmate de frequentie hoger is, zal een geluid dus scherper klinken (gefluit), terwijl een geluid met een erg lage frequentie zwaarder klinkt (gebrom). Een geluid met slechts één frequentie noemen we "zuiver". Over het algemeen is een geluid het resultaat van verschillende zuivere geluiden met verschillende frequenties en amplitudes. Het menselijk oor vangt geluiden op met frequenties tussen de 20 en 20 000 Hz.

2.2. Amplitude

De maximale drukverandering die wordt bereikt ten opzichte van de referentiedruk, wordt de amplitude van het geluid genoemd, en komt overeen met wat we in gewone taal het "geluidsvolume" noemen. Zij wordt berekend als de verhouding tussen het gemeten akoestisch drukniveau (P) en het referentiedrukniveau (P_0). Het referentiedrukniveau komt ongeveer overeen met de waarnemingsdrempel van het menselijk oor, dit is een akoestische druk van $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ of $20 \mu\text{Pa}$. De pijndrempel daarentegen komt overeen met ongeveer 20 Pa , d.w.z. een akoestische druk die een miljoen keer sterker is.

2.3. De duur

Als laatste parameter die een geluid kenmerkt, is er de duur gedurende dewelke het geluid zich voordoet. We onderscheiden drie types van geluid op basis van de duur:

- continue geluiden (vb.: fontein, waterval);
- onregelmatige geluiden (vb.: opeenvolgende voorbijkomende treinen);
- impulsgeluiden (vb.: geweerschot).

3. Kenmerking en meting van het geluid

3.1. Decibels en het menselijk oor

Hoewel het menselijk oor drukveranderingen van $20 \mu\text{Pa}$ tot 20 Pa aankan, ervaart het een verdubbeling van de akoestische druk niet als een verdubbeling van het geluidsniveau. Om makkelijker te kunnen werken met de waarden die de amplitude van een geluid weergeven, werd deze brede waaier van mogelijke drukwaarden omgezet met behulp van een logaritmische functie die ervoor zorgt dat de zwakste waarden "uitgezet" worden terwijl de hoogste waarden "samengedrukt" worden. De resultaten van deze functie worden uitgedrukt in decibel. De op die manier verkregen schaal gaat van 0 dB , de waarnemingsdrempel ($20 \mu\text{Pa}$), tot 120 dB , de pijndrempel (20 Pa).



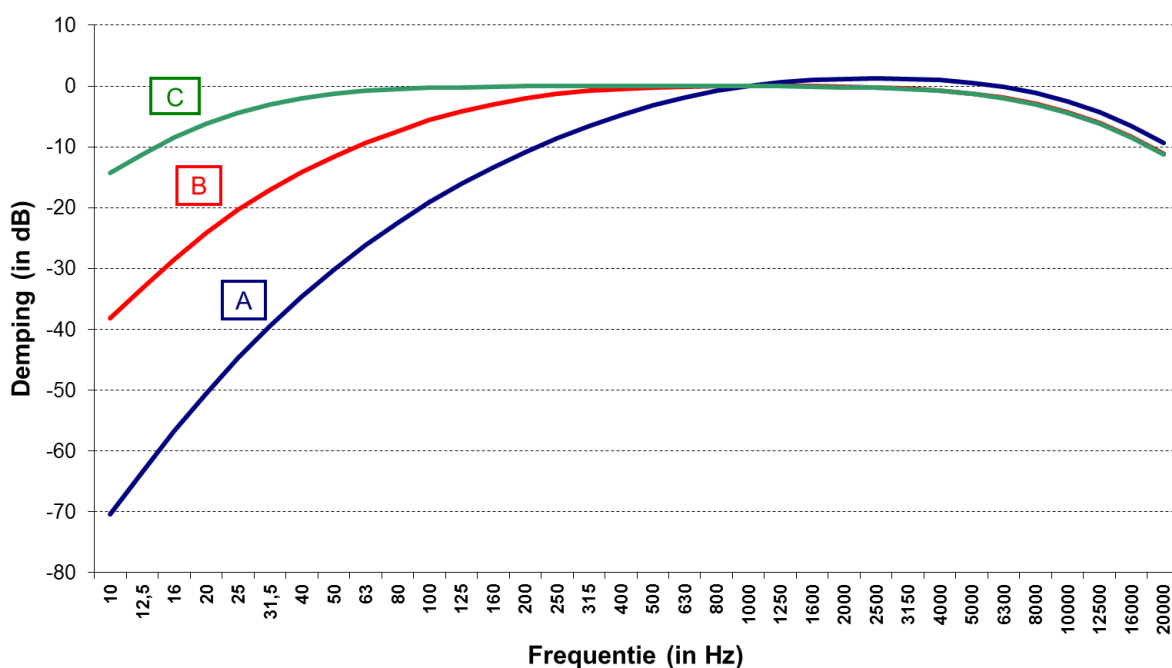
Tabel 2.1:

Illustratie van de decibelschaal			
GELUIDSERVARING	GELUIDSNIVEAU	GELUIDSOMGEVING	GESPREK
Zeer luid	80 dB(A)	Langs autoweg	Schreeuwen
Luid	75 dB(A)	Weg met druk verkeer	Zeer luide stem
	65 dB(A)		
Relatief luid	60 dB(A)	Stadcentrum	Luide stem
	55 dB(A)		
Relatief rustig	50 dB(A)	Residentiële wijk	Normaale stem
	45 dB(A)		
Rustig	40 dB(A)	Binnen plaats	
Zeer rustig	30 dB(A)	Nachtgeluid in een landelijke omgeving	Fluisteren
Stilte	20 dB(A)	Woestijn	

Het menselijk oor kan echter niet alleen een brede waaier van amplitudes waarnemen, maar is ook in staat om zeer uiteenlopende frequenties op te vangen (van 20 tot 20.000 Hz). De gevoeligheid van het oor varieert in functie van deze twee grootheden. Ons gehoor is relatief gevoeliger voor frequenties tussen de 800 en de 4.000 Hz, frequentie die overeenstemmen met het frequentiegamma van de stem.

Om rekening te houden met het feit dat de gevoeligheid van het menselijk oor varieert in functie van de frequenties, moeten de meetinstrumenten het geluid "filteren" en een gegeven verstrekken dat deze fysiologische verschillen in perceptie weerspiegelt. Hiervoor werden "filters voor frequentieële weging" opgesteld. Deze filters bestaan hierin dat voor elke frequentieband een correctiefactor wordt toegepast op de geluidsdruk (uitgedrukt in decibel) teneinde een frequentiespectrum te krijgen dat overeenkomt met de reële gevoeligheid van het oor. Er bestaan verschillende wegingsfilters, waaronder deze die worden aangeduid met de benaming A, B, en C. De metingen uitgevoerd met deze filters worden naargelang het geval uitgedrukt in dB(A), dB(B), of dB(C).

Figure 2.2: Frequentieële wegingen A, B en C





De meest gebruikte eenheid voor het meten van geluid in de natuur en in industriële omgevingen is dB(A). Deze eenheid biedt over het algemeen een goede correlatie tussen het fysieke fenomeen van het geluid en de gewaarwording die het bij de mens teweegbrengt. Ze is ook representatief voor de menselijke perceptie op conversatieniveau.

Voor hogere geluidsniveaus (hoger dan 85 dB) moet bij voorkeur worden gekozen voor de wegingsfilter C. Die filter houdt rekening met de gevoeligheid van het menselijke oor die voor lage frequenties verhoogt naarmate het globale geluidsniveau verhoogt.

3.2. De optelling van geluiden

Een eenvoudige regel voor de optelling van de geluidsniveaus bestaat erin aan het geluidsniveau dat wordt veroorzaakt door de lawaaierigste geluidsbron een waarde toe te kennen tussen 0 en 3 dB, waarbij deze waarde afhangt van het verschil tussen de twee geluidsniveaus in kwestie. Wanneer twee geluidsbronnen hetzelfde geluidsniveau voortbrengen op één plaats, volstaat het 3 decibels toe te voegen aan het geluidsniveau van een van de geluidsbronnen om zo het totale resulterende geluidsniveau te verkrijgen. Bijvoorbeeld, het totale geluidsniveau van twee identieke geluidsbronnen die elk 60 decibel produceren is 63 decibel ($60 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 63 \text{ dB}$).

Wanneer het verschil tussen de geluidsniveaus van de twee geluidsbronnen ter hoogte van de toehoorder groter is dan of gelijk aan 10 dB, spreekt men daarentegen over een "maskerend effect". In dit geval is het totale geluidsniveau dat resulteert uit de blootstelling aan de twee geluiden, gelijk aan het geluidsniveau dat wordt voortgebracht door de meest lawaaierige geluidsbron.

3.3. Meting van het geluid

De eenvoudigste fysische manier om geluid te meten, bestaat erin het akoestische drukniveau te meten met behulp van een sonometer. De akoestische druk wordt op die manier omgezet in een elektrisch signaal dat qua amplitude en frequentie met het akoestisch fenomeen vergelijkbaar is. Dat elektrisch signaal kan dan geconditioneerd worden, er kan een staal van genomen worden en men kan er bewerkingen op uitvoeren teneinde het gemeten geluid te definiëren. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om de akoestische waarde uit te drukken in dB(A), om frequentie-analyses en statistische analyses uit te voeren, het signaal te integreren over een bepaalde duur, enz.

4. De hinderindices

4.1. Inleiding

Aan de hand van geluidsmetingen kunnen we de kenmerken van een geluid omschrijven. Er bestaan hiervoor heel wat wetenschappelijke analysemethoden, parameters en indicatoren. De grote verscheidenheid op dit vlak is toe te schrijven aan de complexiteit van het fysische fenomeen en aan de moeilijkheid om de door individuen ondervonden hinder in objectieve cijfers uit te drukken (zie factsheet nr.3).

Zoals hierboven al werd toegelicht, is een geluid een natuurkundig fenomeen dat wordt gekenmerkt door zijn akoestisch drukniveau en zijn frequentieële samenstelling. Deze parameters vormen de objectieve componenten van het geluid.

Om rekening te houden met de gevoeligheid van het menselijk oor, worden deze fysische parameters gewogen door een "frequentieële filter", wat een eerste manier is om de "door het individu ondervonden hinder" te benaderen (zie punt 3.1).

Een degelijke indicator mag zich echter niet beperken tot een omschrijving van de hinder op basis van het akoestisch drukniveau en een spectrum van frequenties. Er zijn nl nog andere kenmerken die essentiële parameters vormen waarmee een indicator rekening dient te houden. Een individu dat gedurende een zekere tijd aan een geluidsbron blootgesteld wordt, "absorbeert" bijvoorbeeld een "dosis" geluid die gekenmerkt wordt door een blootstellingstijd. Het is dan ook nuttig dat een indicator met dit aspect rekening houdt.

Een indicator wordt steeds uitgedrukt in verhouding tot de overlastdrempels. Elke drempel komt overeen met een specifiek niveau van overlast: hinderlijk, zeer hinderlijk, onverdraaglijk, enz.

Hinderindices dienen niet alleen rekening te houden met de objectieve componenten, maar dienen tevens te beantwoorden aan drie belangrijke criteria:

- een correcte evaluatie van de invloed van het geluid op de gezondheid;
- het gemak voor het gebruik en de verwerking;
- voldoende eenvoudig om toegankelijk te zijn voor het publiek.



We onderscheiden twee grote categorieën van geluidsindicatoren, namelijk:

- de “globale” indicatoren waarin een notie van “gemiddelde” blootstelling over een gegeven tijdsperiode vervat zit;
- de “evenement”-indicatoren die zijn aangepast aan akoestische evenementen met punctueel karakter.

4.2. Indices voor de globale geluidshinder

4.2.1. De equivalente geluidsniveaus $L_{eq,t}$

Het “equivalente geluidsniveau” ($L_{eq,t}$ uitgedrukt in dB) van een stabiel of fluctuerend geluid is, wat energie betreft, equivalent met een permanent en continu geluid dat op hetzelfde meetpunt en gedurende dezelfde periode werd waargenomen. Het equivalent geluidsniveau komt dus overeen met een “geluidsdosis” die wordt ontvangen gedurende een welbepaalde tijdsduur.

Het is het resultaat van de berekening van de integraal van de geluidsniveaus die worden opgemeten met regelmatige intervallen (staalneming van 1,2,...n keer per seconde) en voor een gegeven periode, t (10 min, 1 uur, 24 uur, ...). Indien het staal genomen werd met een frequentieële weging (A bijvoorbeeld), wordt het equivalente niveau uitgedrukt in dB(A) en weergegeven met $L_{Aeq,t}$.

Dit niveau wordt zeer vaak gebruikt als indicator voor geluidsoverlast. In de praktijk wordt namelijk een zeer goede correlatie vastgesteld tussen deze waarde en de geluidsoverlast die ervaren wordt door personen die aan het lawaai blootgesteld worden (zie factsheet nr.3). De indicator $L_{Aeq,t}$ vlakkt de in de beschouwde periode waargenomen amplitudepieken van korte duur uit. Om die reden worden ook andere indicatoren van het “evenementgebonden” type gebruikt (zie punt 4.3).

4.2.2. De geluidspersentielen L_x

De “fractiele geluidsniveaus” worden uitgedrukt in dB en wordt weergegeven door de parameter L_x waarbij x een cijfer tussen 0 en 100 is (bijvoorbeeld: L_{10} , ..., L_{90} , L_{95} , ...). Het geeft het geluidsniveau weer dat overschreden werd gedurende x procent van de tijd (10 %, ..., 90 %, 95 %, ...) ten opzichte van de totale duur van de meting.

Net als de equivalente niveaus worden de fractiele niveaus bepaald op basis van geluidsniveaus die met regelmatige intervallen (staalneming) en gedurende een bepaalde periode opgemeten worden. De statistische analyse bestaat dan in het rangschikken van alle aldus verzamelde stalen in functie van hun geluidsniveau en het berekenen van de duur, uitgedrukt in %, gedurende dewelke een bepaald geluidsniveau overschreden werd. De waarden L_1 en L_5 staan in het algemeen voor de hoogste niveaus en maken het mogelijk rekening te houden met bepaalde geluiden die sterk op de voorgrond treden, terwijl de waarden L_{90} en L_{95} de achtergrondgeluiden kenmerken.

Indien het staal genomen werd met een weging (A bijvoorbeeld), worden de fractiele niveaus uitgedrukt in dB(A) en weergegeven met L_{Ax} .

4.2.3. Indicatoren voor globale hinder zoals gedefinieerd door de “geluidsrichtlijn”

Op Europees niveau heeft de richtlijn 2002/49/EG inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai (zie factsheet nr.41) verschillende globale indicatoren gedefinieerd, in het bijzonder:

- L_{day}

L_{day} komt overeen met het gemiddeld geluidsniveau dat representatief is voor overdag (L_{Aeq} (7-19 uur)), zoals vastgesteld over een jaar. Deze geluidsindicator is geassocieerd met de hinder gedurende de dagperiode.

- $L_{evening}$

$L_{evening}$ komt overeen met het gemiddeld geluidsniveau dat representatief is voor de avonden (L_{Aeq} (19-23 uur)), zoals vastgesteld over een jaar. Deze geluidsindicator is geassocieerd met de hinder gedurende de avondperiode.

- L_{night}

L_{night} komt overeen met het jaarlijks gemiddeld geluidsniveau dat representatief is voor de nachten (L_{Aeq} (23-7 uur)). Deze geluidsindicator is geassocieerd met een verstoring van de slaap.

- L_{den}

De gewogen indicator L_{den} (day-evening-night) vertegenwoordigt het gemiddeld jaarlijks geluidsniveau over 24 uur beoordeeld op basis van de gemiddelde niveaus tijdens de dag (07-19 uur), 's avonds (19-



23 uur) en 's nachts (23-07 uur). Voor zijn berekening worden de gemiddelde avond- en nachtniveaus verhoogd met respectievelijk 5 en 10 dB(A). Met andere woorden, deze geluidsindicator is geassocieerd aan de globale geluidshinder die gepaard gaat met een langdurige blootstelling aan geluid en houdt rekening met het feit dat het geluid waaraan men 's avonds en 's nachts wordt blootgesteld, als hinderlijker wordt ervaren. Deze indicator wordt met name gebruikt voor de opstelling van strategische geluidskarten. Hij wordt berekend aan de hand van de formule:

$$L_{DEN} = 10 * \log \frac{1}{24} \left[12 * 10^{\left(\frac{LA_{eq,7-19}}{10}\right)} + 4 * 10^{\left(\frac{(LA_{eq,19-23})+5}{10}\right)} + 8 * 10^{\left(\frac{(LA_{eq,23-7})+10}{10}\right)} \right]$$

Deze indicatoren lenen zich meer bepaald voor continue geluidsbronnen, zoals het geluid van het wegverkeer. Voor onregelmatige (onderbroken) geluidsbronnen zoals het geluid van het spoorverkeer of het geluid van het luchtverkeer daarentegen, is het gebruik van bijkomende indicatoren onmisbaar willen ze representatief zijn voor geluidsevenementen (voorbijkomende treinen, overvliegende vliegtuigen, ...).

4.3. De evenement-indicatoren

Van de evenementgebonden indicatoren vermelden we de volgende:

- L_{Amax} (of "maximum momentgebonden niveau")

L_{Amax} is het maximum geluidsniveau (gewogen met een frequentiefilter A) gedurende een bepaalde periode. Het komt overeen met een geluidsniveau dat nooit wordt overschreden en dat dus gelijk is aan het fractiele niveau L_{A0}

- SEL (Sound Exposure Level)

Het SEL (of L_{EA}) is het akoestisch blootstellingsniveau. Het integreert zowel het geluidsniveau als de duur gedurende dewelke het geluid aanwezig is. Het SEL wordt gedefinieerd als het constante niveau tijdens een seconde dat over dezelfde geluidsenergie beschikt als het originele geluid dat gedurende een bepaalde duur werd gehoord. Deze geluidsindicator wordt vaak gebruikt om de geluidsenergie van een eenvoudig evenement in cijfers uit te drukken (voorbijkomend voertuig) en om de geluidsevenementen van eenzelfde geluidsbron onderling te vergelijken. SEL wordt berekend volgens de formule:

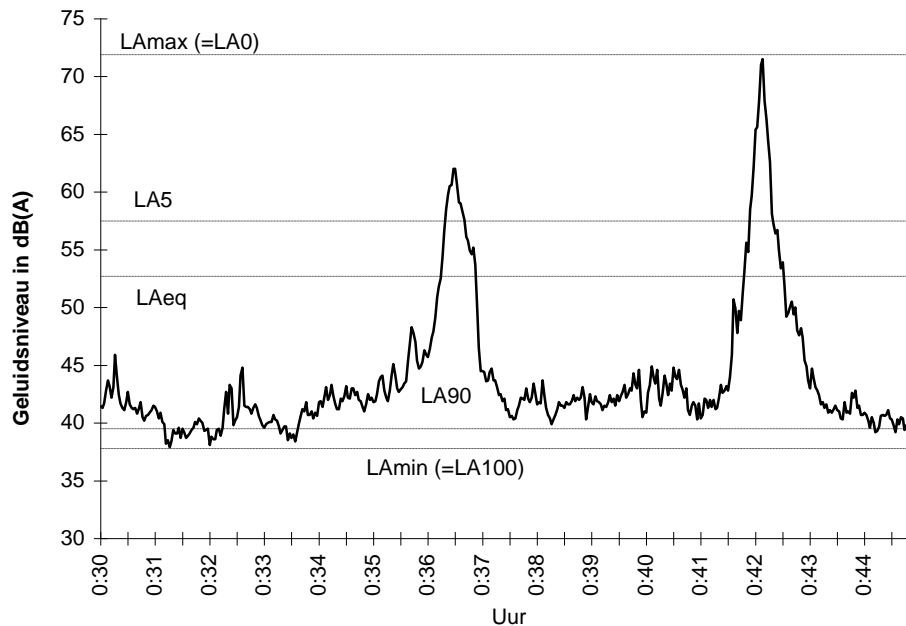
$$SEL = L_{Aeq,t} + 10 * \log(t)$$

waarbij t = duur van het evenement uitgedrukt in seconden

De onderstaande grafiek 2.3 is een voorbeeld van hoe geluidsniveaus worden gemeten en geregistreerd. In de grafiek worden ook de niveaus L_{Amin} en L_{Amax} weergegeven, de percentielen L_{A90} en L_{A5} en het equivalente geluidsniveau voor de meetperiode. Figuur 2.4 illustreert dan weer het blootstellingsniveau SEL.

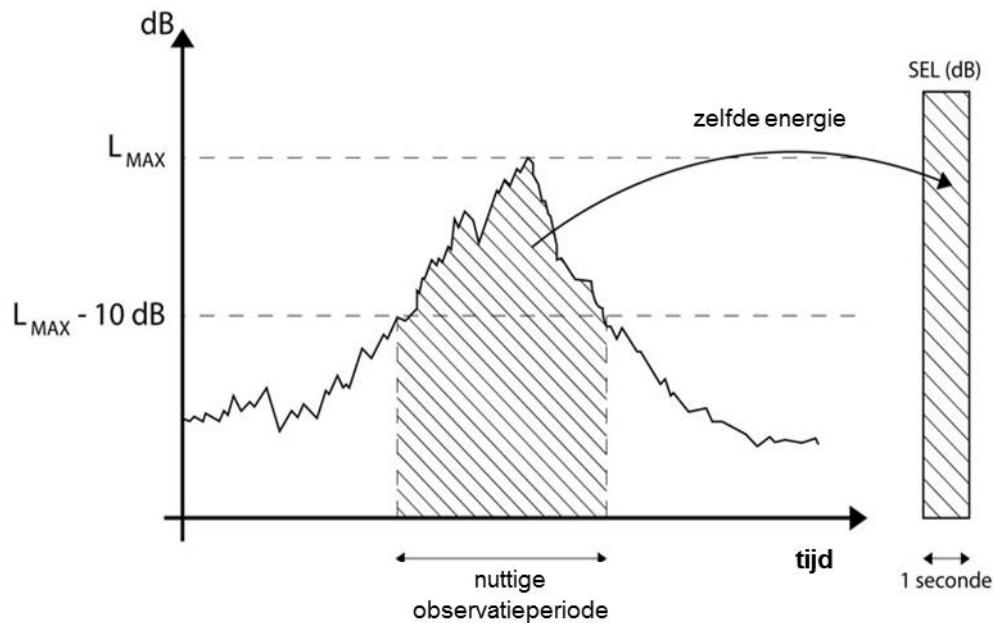


Figuur 2.3: Voorbeeld van een geluid met aanduiding van de geluidspercentielen en het equivalent niveau (L_{Amax} , L_{A5} , L_{A90} , L_{Amin} en $L_{Aeq,t}$)



De indicatoren L_{A5} en L_{A90} komen overeen met de geluidsniveaus die worden bereikt of overschreden gedurende respectievelijk 5 en 90 % van de meettijd (15 minuten in het voorbeeld van de grafiek). L_{A0} (of L_{Amax}) komt overeen met het maximale geluidsniveau en L_{A100} (of L_{Amin}) komt overeen met het minimale geluidsniveau. De indexen L_{A1} en L_{A5} worden vaak gebruikt om de kortstondige en onderbroken niveaus weer te geven (industriële geluiden, geluid van treinen, geluid van vliegtuigen, enz.). Omgekeerd zijn de indexen L_{A90} en L_{A99} kenmerkend voor de stilste momenten van de meetperiode en representatief voor het achtergrondgeluid.

Figuur 2.4: Voorbeeld van geluid, bepaling van het SEL-niveau



Op dit ogenblik bestaat er op internationaal vlak nog geen consensus omtrent de keuze en het gebruik van de hinderindices. Elk land legt zijn hinderdrempels vast, en wel op een uitermate verschillende manier. De geluidsindicatoren en de normen en richtwaarden die worden gehanteerd in het Brussels Gewest worden beschreven in factsheet nr.37.



Bronnen

1. RICHTLIJN 2002/49/EG VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 25 juni 2002, inzake de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai. PB L 189 van 18.07.2002. 14 pp. p.12-25. Beschikbaar op: [HTTP://EUR-LEX.EUROPA.EU/LEXURISERV/LEXURISERV.DO?URI=OJ:L:2002:189:0012:0025:NL:PDF](http://eur-lex.europa.eu/lexuriserv/lexuriserv.do?uri=OJ:L:2002:189:0012:0025:NL:PDF)
2. BRUEL & KJAER, 1984. "Mesures acoustiques".
3. BRUEL & KJAER, 2000. "Bruit de l'environnement".
4. MIGNERON J.G., 1980. "Acoustique urbaine", ed. Masson, 427 pp.

Andere fiches in verband hiermee

Thema "Geluid"

- 3. Impact van lawaai op overlast, levenskwaliteit en gezondheid
- 37. De in het Brussels Gewest gebruikte geluids- en trillingswaarden
- 41. Brussels wettelijk kader inzake geluidshinder

Auteur(s) van de fiche

BOULAND Catherine, DELLISSE Georges, DE VILLERS Juliette

Update: POUPÉ Marie

Datum van update: Maart 2018