

4.11 Akoestiek

Inleiding

Geluidsoverlast wordt steeds groter. Het straatverkeer wordt intenser, de burelen en de kinderen hebben kennelijk steeds krachtiger geluidsinstallaties en televisie kijken kan nu ook de klok rond.

In ons dichtbewoond land wordt stilte steeds meer een luxeproduct, waarmee in de toekomst in toenemende mate rekening zal moeten worden gehouden.

Jammer genoeg wordt in de meeste gevallen te laat aan de akoestische problematiek gedacht, wanneer het gebouw af is of wanneer geluidsproblemen optreden. Dit leidt dan meestal tot ingewikkelde en dure ingrepen, die niet altijd gegarandeerd resultaat opleveren.

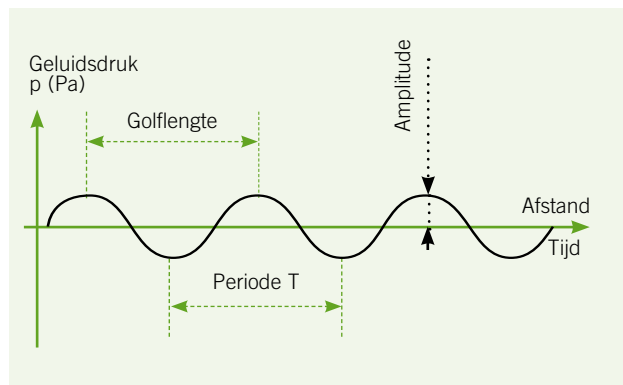
Wil men tot een akoestisch comfortabel gebouw komen, dan is het noodzakelijk dit probleem reeds van in de ontwerpfase in overweging te nemen. Gevelsamenstelling, materiaalkeuze, technische bijzonderheden, oriëntatie van het gebouw... dit zijn stuk voor stuk punten die de bouwakoestische kwaliteit van een constructie bepalen. Akoestiek is een complex fenomeen met een specifieke terminologie. Daarom is het aangewezen hier enkele algemene begrippen uit de akoestiektheorie in herinnering te brengen.

4.11.1 Algemene begrippen

Geluid is niets anders dan trillingen of golven die zich voortplanten door een medium. Dat medium kan een gasmengsel (bijvoorbeeld lucht), een vloeistof of zelfs een vaste stof zijn. Geluid plant zich niet voort in het luchtledige.

Deze golven worden gekenmerkt door een golflengte en een amplitude (= geluidsdruk p_a).

Het medium (meestal lucht) bevindt zich in een evenwichtstoestand met een evenwichtsdruk, maar door een geluidsverstoring verandert de druk van dit medium.



4.11.1.1 Frequentie

De toonhoogte van een geluid wordt bepaald door zijn frequentie.

De frequentie van het geluid is het aantal drukvariëaties per seconde en wordt uitgedrukt in Hertz (Hz).

Lage tonen hebben een lage frequentie en hoge tonen een hoge frequentie.

Een persoon met een normaal gehoor kan geluiden waarnemen binnen een bereik van 20 Hz tot 20.000 Hz, waarbij de periode (T) varieert van 0,05 tot 0,00005 seconden.

We onderscheiden:

- lage tonen: 20 tot 200 Hz
- middentonen: 200 tot 2.000 Hz
- scherpe tonen: 2.000 tot 20.000 Hz

4.11.1.2 Voortplantingssnelheid van geluid

De voortplantingssnelheid van geluid varieert van medium tot medium. In lucht bij kamertemperatuur plant geluid zich voort met een snelheid van 344 m/s of 1.238 km/uur.

In een ander medium is de snelheid anders, bijvoorbeeld:

- glas, staal: 5000 m/s
- beton: 4000 m/s
- mortel: 3000 m/s
- water: 1450 m/s
- lood: 1200 m/s
- rubber: 50 m/s

Geluid plant zich dus veel sneller voort in staal en beton dan in lucht.



4.11.1.3 Golflengte - periode

De golflengte van het geluid is de afstand tussen twee golftoppen of twee drukpieken:

Golflengte (λ) =

$$\frac{\text{voortplantingssnelheid van geluid (c)}}{\text{frequentie (f)}}$$

De golflengte bij 20Hz = 17m

en bij 20.000Hz = 1,7cm.

De golflengtes zijn bij hoge frequenties klein, en bij lage frequenties groot.

De tijd nodig voor het doorlopen van 1 cyclus (van golftop tot golftop) noemt men de periode T.

Bijgevolg geldt :

- hoe groter de amplitude,
hoe luider de toon
- hoe groter de golflengte,
hoe lager de toon
- hoe groter de frequentie,
hoe hoger de toon

4.11.1.4 Geluidsdrukkniveau

Het oor is gevoelig voor geluidsdrukken die variëren van $2 \cdot 10^{-5} P_a$ tot $100 P_a$ ($1 P_a = 1 \text{ N/m}^2$).

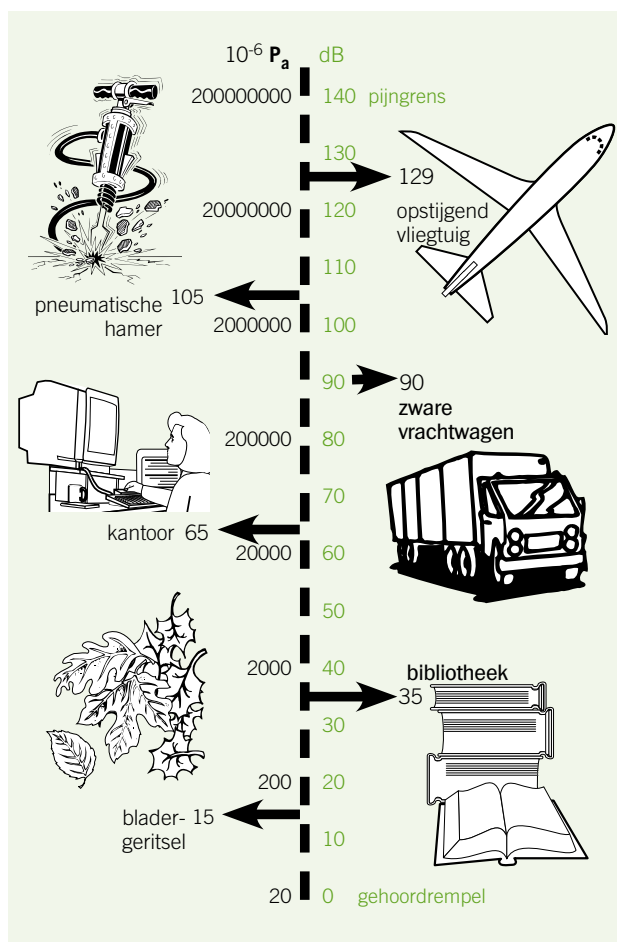
In de praktijk ervaren we dat bij een verdubbeling van de geluidsdruk de waarneming van het oor helemaal niet verdubbelt. De gevoeligheid van het oor volgt een logaritmische functie.

Daarom wordt een geluid bepaald door het geluidsdrukkniveau L_p , uitgedrukt in decibel (dB).

$$L_p = 20 \log \frac{p}{p_0} \text{ (dB)}$$

met p = geluidsdruk in P_a (N/m^2)
 p_0 = referentiegeluidsdruk gelijk aan $2 \cdot 10^{-5} P_a$
 (de onderste gehoorshoofgrens van een normaal oor)

De onderstaande figuur illustreert de orde van grootte van verschillende in de praktijk voorkomende geluidsdrukkniveaus.



4.11.1.5 Zuivere toon - het geluidsspectrum

Een geluid dat slechts één frequentie heeft, wordt een zuivere toon genoemd. Dat komt in de praktijk zelden voor. Alle geluiden bestaan uit een samenstelling van een groot aantal tonen (frequenties). We kunnen dit vergelijken met zonlicht dat in een prisma ontbonden wordt in een kleurspectrum, waarbij elke kleur gekenmerkt wordt door een frequentie-interval. De analyse van het geluidsspectrum is van belang om een akoestische situatie te beoordelen. Hiermee bepaalt men de geluidsoverbrenging van een machine, de geluidsisolatie van muren, het akoestisch comfort in bepaalde ruimten, ...enz.

Het spectrum dat van belang is voor de isolatie van woningen, is gesitueerd tussen 100 en 4.000 Hz. Voor machines spelen vooral de frequenties tussen 31 en 8.000 Hz een rol.

4.11.1.6 Luidheidsniveau - isofonen

Uit hetgeen voorafgaat blijkt duidelijk dat geluid een zeer complex fenomeen is. Daarbij komt nog dat voor het menselijk oor de luidheid van een toon afhangt van de frequentie (Hz) en van het geluidsdruk-niveau (dB). Ons oor ervaart als even luid de volgende tonen:

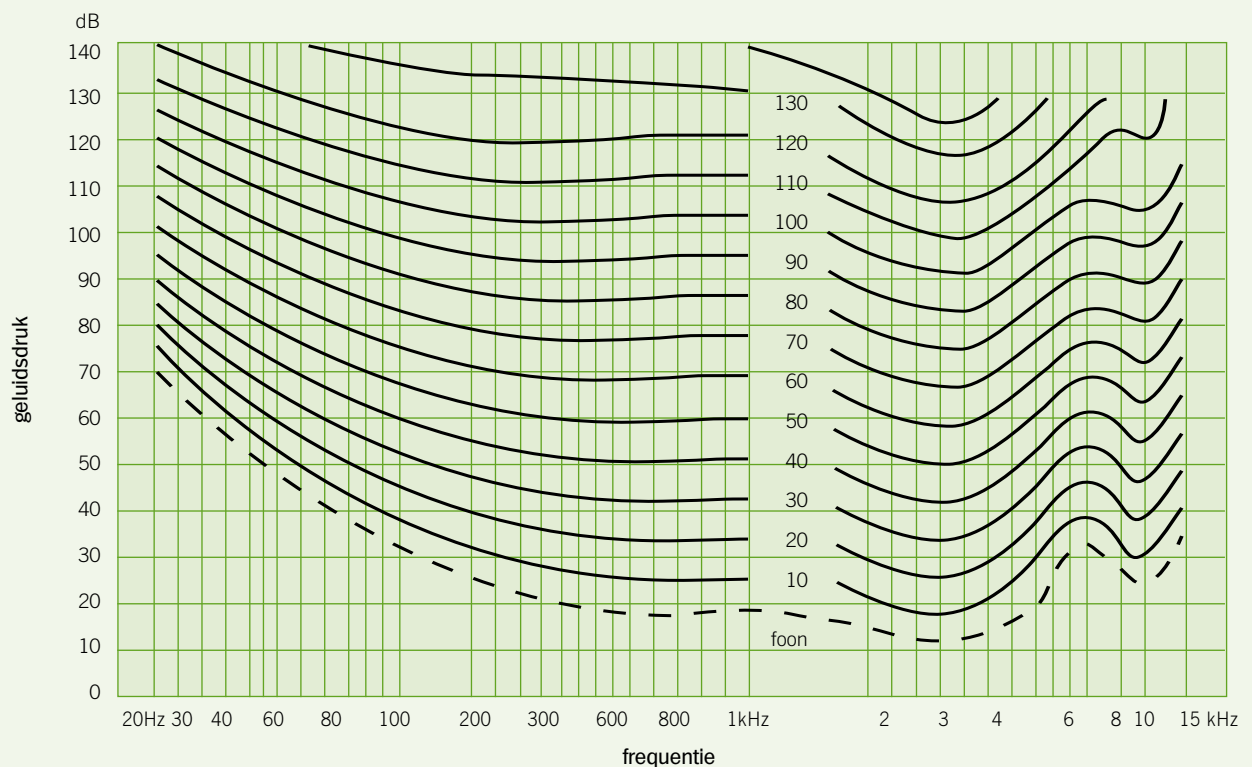
- 50 dB bij 1.000 Hz
- 56 dB bij 125 Hz
- 82 dB bij 31 Hz

Zo werden lijnen van gelijke luidheid, isofonen, opgesteld als functie van de frequentie en het geluidsdruk-niveau. Elke isofoon wordt benoemd naar zijn geluidsdruk-niveau bij 1.000 Hz.

Het menselijk oor ervaart een stijging van 8 à 10 dB als een verdubbeling van het luidheidsniveau, en omgekeerd een daling met 8 à 10 dB als een halvering van de luidheid.



Isofonen - lijnen van gelijke luidheid



Als de radio bijvoorbeeld zacht staat, stelt men vast dat de hoge tonen vaak perfect hoorbaar zijn, terwijl de bastonen er nauwelijks doorkomen. Door de toets "loudness" in te drukken kunt u de lage tonen luider laten klinken, waardoor de muziek geheel tot haar recht komt.

We kunnen dus stellen dat ons oor gevoeliger is voor hoge tonen dan voor lage tonen. Dit betekent dat de geluidsisolatie voor de lage tonen niet zo groot hoeft te zijn als voor de middentonen.

4.11.1.7 Geluid - een subjectieve waarneming

Lawaai is zeer subjectief. Een jonge moeder wordt 's nachts wakker bij het minste gekir van haar baby (= 30 dB), terwijl zij een voorbijrijdende auto 's nachts zelfs niet hoort (= 80 dB).

Het menselijk oor interpreteert het geluid subjectief. De geluidswaarneming verschilt van persoon tot persoon. De ene persoon kan hetzelfde lawaai verdraagbaar vinden, terwijl het voor een andere persoon hinderlijk luid klinkt.

4.11.1.8 Achtergrondgeruis

Vaak wordt verwacht dat achtergrondgeruis wordt teruggebracht tot nul. Dat is een misvatting. Achtergrondgeruis kan enkel gereduceerd worden en vervult een belangrijke rol in de subjectieve waarneming van lawaai. In een rustig woongebied kunnen spelende kinderen op straat storend zijn. In een omgeving met meer achtergrondgeruis, bijvoorbeeld in de stad, wordt hetzelfde lawaai niet meer als storend ervaren.

4.11.2 Bouwakoestiek

4.11.2.1 Luchtgeluid en contactgeluid

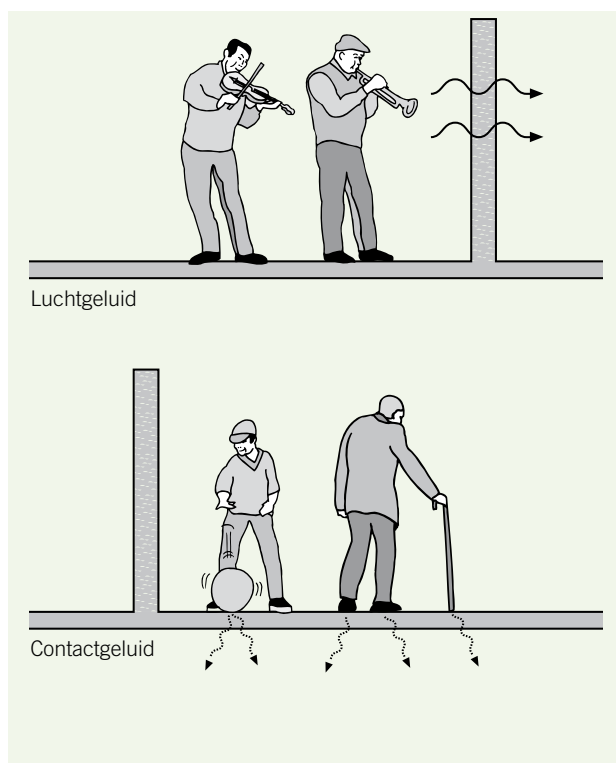
Fundamenteel dienen we voor de geluidsisolatie van constructie-elementen onderscheid te maken tussen luchtgeluid en contactgeluid.

Wil men de bewoners van een gebouw een goed akoestisch comfort geven, dan moeten de nodige maatregelen worden getroffen, zowel tegen luchtgeluid als tegen contactgeluid.

Onder geluidsisolatie verstaat men het verminderen van de geluidsoverdracht van een ruimte naar een andere. De geluidsisolatie wordt uitgedrukt in decibel (dB).

We onderscheiden :

- **luchtgeluid:** geluid afkomstig van een bron die rechtstreeks de lucht in trilling brengt, bijvoorbeeld radio, televisie, stemmen...
- **contactgeluid:** geluid afkomstig van een bron die rechtstreeks een constructiedeel (wand of vloer) in trilling brengt, waarbij dit geluid zich verder voortplant in de constructie en in een andere ruimte lawaai afstraalt (bijvoorbeeld trillingen in leidingen van de centrale verwarming).



4.11.2.2 Nagalm

In lege ruimten (bijvoorbeeld kerken, niet-gemeubelde kamers...) blijft geluid naklinken. Dit fenomeen wordt 'nagalm' genoemd. Nagalm is erg storend voor de verstaanbaarheid van het gesprek of voor de klankkleur van de muziek, en beïnvloedt ook het totale geluidsniveau van de kamer.

De geluidsgolven die vallen op een wand van een vertrek worden gedeeltelijk teruggekaatst (gereflecteerd), gedeeltelijk geabsorbeerd en gedeeltelijk doorgelaten. Dit wordt aangegeven door de absorptiecoëfficiënt (α) van de muur.

In een kamer hoort men dus eerst het directe geluid van de bron, en dan net iets later (afhankelijk van de afgelegde weg) het gereflecteerde geluid.

De mogelijkheid bestaat het geluidsniveau in een ruimte te verminderen door extra absorberend materiaal aan te brengen.

In ruimten met niet-absorberende muren (wanden bekleed met spiegels, tegels, marmer...) is de verstaanbaarheid zeer slecht en krijgt men het zogenaamde 'cocktail-effect': doordat men zich slecht verstaanbaar kan maken, gaat men nog luider praten waardoor het totale geluidsniveau nog slechter wordt.

In de dagelijkse praktijk worden de begrippen 'luchtgeluidsisolatie' en 'geluidsabsorptie' vaak met elkaar verward. Daarom ter verduidelijking: geluidsabsorberende producten dienen om de nagalm te beperken en de klankkleur binnen dezelfde ruimte bij te stellen, terwijl men onder geluidsisolatie verstaat het verminderen van de mate van geluidsoverdracht van een ruimte naar de andere.

Als extreem voorbeeld: een openstaand venster is 100% geluidsdoorlatend ($\alpha = 1$), maar is als zodanig niet geluidsisolerend.

4.11.2.3 Absorptiecoëfficiënt (α)

Geluidsgolven die op een wand invallen, worden gedeeltelijk gereflecteerd, gedeeltelijk geabsorbeerd en gedeeltelijk doorgelaten. Bij absorptie wordt de energie van de geluidsgolven in warmte omgezet.

De absorptiecoëfficiënt (α) van een muur is :

$$\alpha = \frac{\text{niet-gereflecteerde geluidsenergie}}{\text{invallende geluidsenergie}}$$

of

$$\alpha = \frac{\text{doorgelaten} + \text{geabsorbeerde geluidsenergie}}{\text{invallende geluidsenergie}}$$

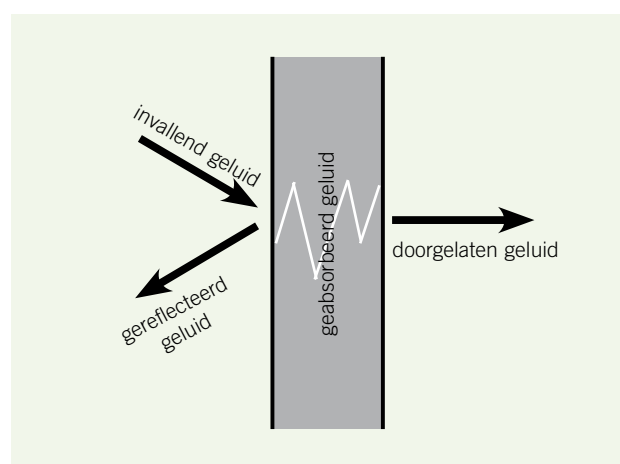
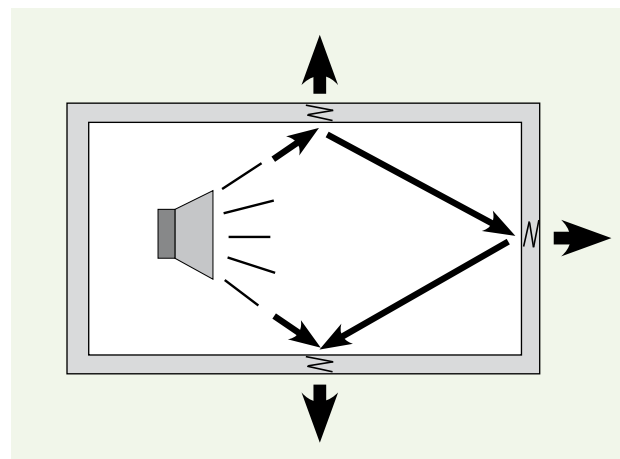
Deze absorptiecoëfficiënt is een getal tussen 0 en 1 zonder eenheid.

$\alpha = 0$ betekent dat alle geluiden worden gereflecteerd (hiertoe moeten de bouwelementen vlak, niet-poreus en stijf zijn)

$\alpha = 1$ betekent dat alle geluiden worden geabsorbeerd of doorgelaten (bijvoorbeeld een open raam)

De grootte van de coëfficiënt α hangt af van :

- de frequentie van het invallende geluid
- de aard, dikte, soortelijk gewicht en de oppervlaktestructuur van het constructie-element enz.



Absorptiecoëfficiënt (α) van verschillende materialen

Materiaal	Frequentie (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Glad beton	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03
Cementpleister	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06
Cellenbeton platen en blokken	0,09	0,09	0,12	0,18	0,19	0,18
Staalplaat	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03

Door zijn opencellige oppervlaktestructuur is de geluidabsorptie van cellenbeton 5 tot 10 keer groter dan die van gladde, 'geluidsharde' materialen.

Daardoor is de toepassing van cellenbetonplaten en -blokken vooral interessant voor geluidsintensieve constructies, zoals industriegebouwen, discotheken, bioscoopzalen, schouwburgen... om de overdracht van het intern geluid (diffuus geluid) in de hal te dempen.

4.11.3 Belgische normen

NBN S 01-400 : Geluidseer - Maatstaven voor geluidswering.

NBN S 01-401 : Akoestiek - Grenswaarden voor de geluidsniveaus om het gebrek aan comfort in gebouwen te vermijden.

NBN S 01-402 : Geluidseer - Kenmerkende peilen van omgevingslawaaï.

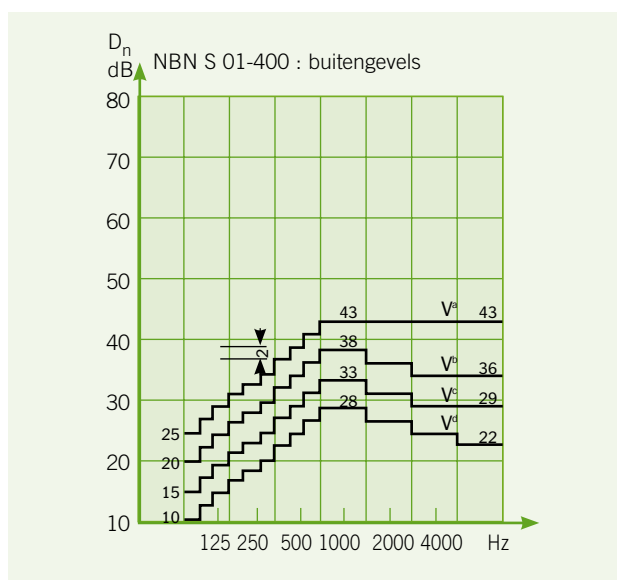
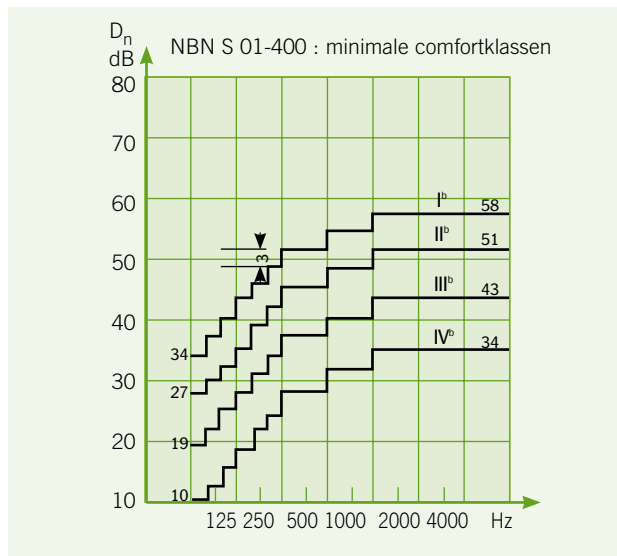
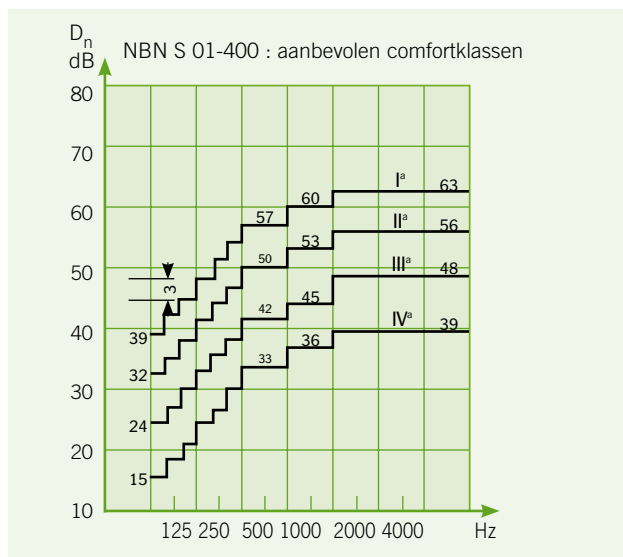
NBN S 01-403 : Akoestiek - Geluid veroorzaakt door hydraulische uitrustingen.

In de norm NBN S 01-400 worden de geluidscriteria uitgedrukt in de vorm van categorieën voor minimale comfortklassen (index b: klasse Ib, IIb, IIIb en IVb), en voor aanbevolen klassen (index a: klasse Ia, IIa, IIIa en IVa). Het verschil tussen beide klassen bedraagt bij luchtgeluidsisolatie 5 dB, terwijl dit bij contactgeluid 3 dB is.

Voor buitengevels geldt de norm NBN S 01-402. Zoals in de voorgaande norm wordt de geluidsisolatie ook hier uitgedrukt in 4 categorieën.

Op te merken valt dat wanden met klasse Ia geluid beter isoleren dan wanden met klasse IVa.

a) Criteria voor luchtgeluidsisolatie voor metingen "in situ"



In de praktijk plant het geluid zich niet alleen rechtstreeks voort tussen twee ruimten (dat wil zeggen door de scheidingswand), maar ook via indirecte overdrachtswegen (bijvoorbeeld zijmuren, vloer, zoldering enz.).

Bij geluidsisolatie tussen twee vertrekken wordt rekening gehouden met zowel de directe weg als de nevenwegen. Dit noemen we de brutogeluidsisolatie (symbool D_n).

De aanbevolen categorieën van de brutogeluidsisolatie zijn vermeld in de norm NBN S 01-400.

b) Criteria voor contactgeluidsisolatie

Ook voor de contactgeluiden zijn in de norm drie aanbevolen criteria met index a, en drie minimale criteria met index b opgegeven. Het contactgeluidsspectrum wordt veroorzaakt door machines met een genormaliseerd klopmechanisme.

Belangrijk is dat het hier gaat om geluidsniveaus, dus het omgekeerde van de luchtgeluidsisolatieklassen. Hier geldt met andere woorden: hoe hoger het spectrum, hoe slechter de geluidsisolatie.

4.11.4 Geluidsisolatie van gebouwen

Wil men een goed akoestisch comfort in een woning krijgen, dan is het van belang reeds in de planningsfase hiermee rekening te houden.

Het is uiterst belangrijk in de woning voor een oordeelkundige schikking te zorgen tussen de geluidsarme ruimten (slaapkamers, kinderkamers, woonkamer) en de geluidsintensieve ruimten (keuken, traphal, sanitaire ruimten).

In rijwoningen en flatgebouwen dient men daarnaast bij de keuze van de indeling ook nog rekening te houden met de naastgelegen woningen en de boven- en onderliggende appartementen.

4.11.4.1 Luchtgeluidsisolatie

Opfrissing:

- E_r = gereflecteerde geluidsenergie
- E_i = invallende geluidsenergie
- E_a = geabsorbeerde geluidsenergie
- E_d = doorgelaten geluidsenergie

Dan is de theoretische luchtgeluidsisolatie :

$$R = 10 \log \frac{E_i}{E_d} \text{ (dB)}$$

Dit is een logaritmische functie. Met andere woorden, een luchtgeluidsisolatie van 20, 30, 40, 50 dB betekent dat van de invallende energie slechts respectievelijk 1/100, 1/1.000, 1/10.000 of 1/100.000 wordt doorgelaten.

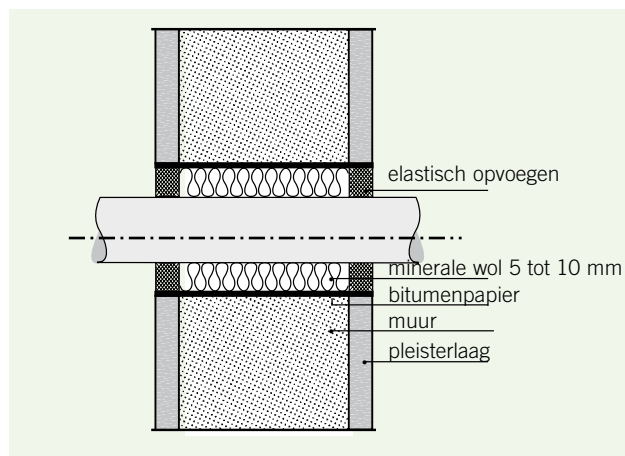
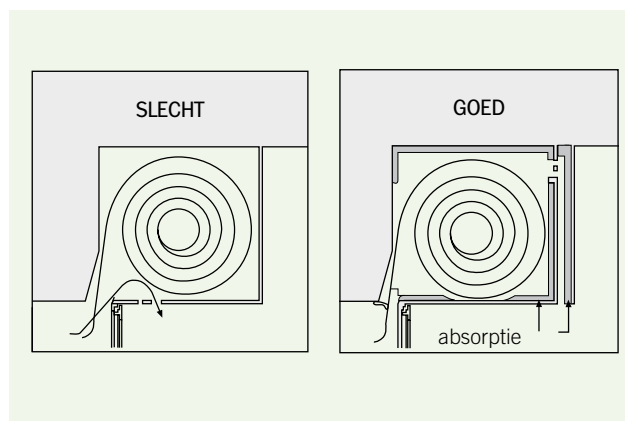
4.11.4.2 Algemeen

Een wand is meestal samengesteld uit verschillende onderdelen (deuren, ramen, betonkolommen, leidingen enz.). In de beoordeling van een wand met een dergelijke samenstelling, is er een fundamenteel verschil tussen geluidsisolatie en warmte-isolatie.

Evenals warmte-isolatie is de luchtgeluidsisolatie van een wand natuurlijk afhankelijk van de isolerende eigenschappen van de samenstellende delen. Bij de warmte-isolatie wordt het isolatieniveau van een bouw-element bepaald door het gemiddelde van de waarden van de verschillende delen, gemeten over hun aandeel in het totale oppervlak. Dat is niet het geval bij geluidsisolatie. Bij geluidsisolatie benadert het isolerend vermogen van een wand dat van het zwakste element (deuren, vensters, ingewerkte buizen...), zoals de zwakste schakel van een ketting de sterkte ervan bepaalt.

Bij warmte-isolatie helpt elke m² isolatie, bij geluidsisolatie geeft het zwakste onderdeel de doorslag.

Eerste voorwaarde voor een goede geluidsisolatie is dus een goede luchtdichtheid (kieren onder deuren, rolluik-kasten, airconditioningkokers, schoorsteen, buizen...).



4.11.4.3 Luchtgeluidsisolatie van muren

De geluidsisolatie van een massieve muur hangt in de eerste plaats af van zijn massa en van zijn stijfheid. Men kan de isolatie tegen luchtgeluidsoverdracht als volgt verbeteren :

- zorgen voor een grotere massa per m^2 bij massieve wanden;
- de muur ontdebelen met een tussenliggende spouw. Door de spouw op te vullen met absorberend poreus materiaal, voorkomt men zogenaamde spouwresonanties (staande golven).

De isolatiewaarde kan verder worden verbeterd door spouwbladen te nemen met verschillende massa of verschillende dikte (voorkoming van het coïncidentie-effect).

In de praktijk zijn voor muren betere luchtgeluidsisolatiewaarden te bereiken door de volgende principes in acht te nemen :

- een dubbele constructie (muur bestaande uit twee wanden) heeft een betere isolatiewaarde dan een massieve muur van dezelfde dikte;
- bij spouwconstructies bestaande uit hetzelfde materiaal verdient het aanbeveling spouwbladen in verschillende diktes aan te brengen.
- in de spouw moet poreus absorptiemateriaal (minerale wol) worden aangebracht om spouwresonantie (staande golven) te voorkomen;
- er dient een minimale spouwbreedte (5 tot 6 cm) te worden aangehouden. Een te kleine spouw vermindert de geluidsisolatie op lage frequenties vanwege de resonantie;
- elk star contact tussen de spouwbladen is in elk geval te vermijden (geen stijve koppelingen);
- een goede kierdichting (geen geluidlekken) en luchtdichtheid (pleisterlaag).

4.11.4.4 Contactgeluidsisolatie van muren

In gemeenschappelijke woongebouwen (appartementen, hotels, kantoorgebouwen...) wordt geluidshinder in de eerste plaats veroorzaakt door contactgeluiden. De meest voorkomende bronnen van contactgeluid zijn:

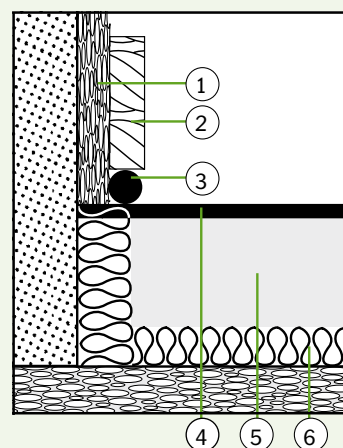
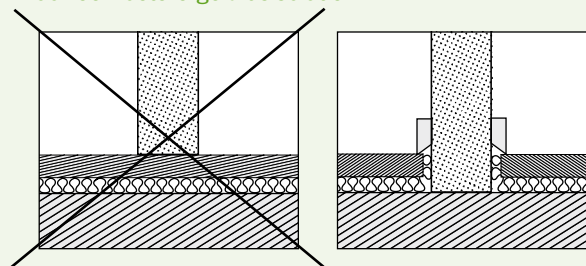
- voetstappen
- vallende voorwerpen
- verschuiven van stoelen
- machines zoals liftmotoren, pompen, installaties voor centrale verwarming

Contactgeluidsisolatie verdient reeds in het ontwerp stadium bijzondere aandacht. Oplossingen achteraf, na ontvangst van klachten, zijn dikwijls moeilijk uitvoerbaar en meestal duur.

De contactgeluidsisolatie van vloeren kan verbeterd worden door middel van :

- **een zachte vloerbekleding (tapijt)**, of een verende onderlaag bestaande uit vilt, kurk, rubbermatten e.d.
- **een zwevende dekvloer**. Belangrijk hierbij is dat de verende mat ter plaatse van de aansluiting met de wanden wordt doorgetrokken naar boven toe, om elk contact met de wand te vermijden (geluidsbruggen).

De verende mat naar boven doortrekken voor een betere geluidsisolatie.



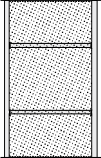
- ① Bepleistering
- ② Plint
- ③ Elastische voeg
- ④ Afgewerkte vloer
- ⑤ Dekvloer
- ⑥ Verende laag doorgetrokken tegen de muur (onontbeerlijk voor een goede geluidsisolatie)

- **een verlaagd plafond** (vooral in ziekenhuizen, kantoorgebouwen, scholen...)
- een van de basisprincipes om tot een goed akoestisch comfort in gemeenschappelijke gebouwen te komen, bestaat erin de **verschillende vertrekken oordeelkundig in te planten**, zowel in verticale als in horizontale richting, dat wil zeggen de ligging van de woonkamer, keuken, slaapkamer... ten opzichte van de naastgelegen appartementen, van de boven- en onderverdiepingen, alsook van de trapgang en de liftschacht.

4.11.5 Bouwakoestiek met cellenbeton

4.11.5.1 Massieve buitenmuren in cellenbetonblokken

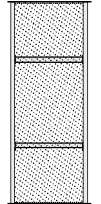
Cellenbetonblokken met crepi (12 mm) en binnenpleister (10 mm)

	Isolatiewaarde R (dB)			
	Dichtheidsklasse (kg/dm³)	Dikte van cellenbetonblokken (mm)		
		240	300	365
	0,40	-	47 (V ^a)	50 (V ^a)
	0,50	49 (V ^a)	50 (V ^a)	50 (V ^a)
	0,60	52 (V ^a)	50 (V ^a)	-

De opgegeven waarden zijn de waarden volgens de norm ISO 717-1. De waarden tussen haakjes zijn de klassen volgens de norm NBN S 01-400.

4.11.5.2 Binnenmuren in cellenbetonblokken

Cellenbetonblokken + pleister (10 mm) aan weerszijden.

	Isolatiewaarde R (dB)				
	Dichtheidsklasse (kg/dm³)	Dikte van cellenbetonblokken (mm)			
		100	150	200	240
	0,50	-	40 (IV ^a)	45 (III ^a)	49 (III ^a)
	0,60	40 (IV ^a)	44 (III ^b)	48 (III ^a)	52 (II ^b)
	0,80	-	-	51 (II ^b)	52 (II ^b)

De opgegeven waarden zijn de waarden volgens de norm ISO 717-1. De waarden tussen haakjes zijn de klassen volgens de norm NBN S 01-400.

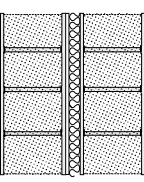
4.11.5.3 Dubbele scheidingsmuren tussen rijwoningen / dubbelwoningen / appartementen

Herinnering:

- Ten opzichte van een massieve muur met hetzelfde gewicht biedt een spouwmuur een akoestisch voordeel van ca. 12 dB.
- Hoe breder de spouw, hoe beter de geluidsisolatie. De verbetering bedraagt:

Spouwbreedte (mm)	Isolatieverbetering (dB)
30	0
40	2,5
50	4,4
60	6,0

Isolatiewaarden van dubbele scheidingsmuren

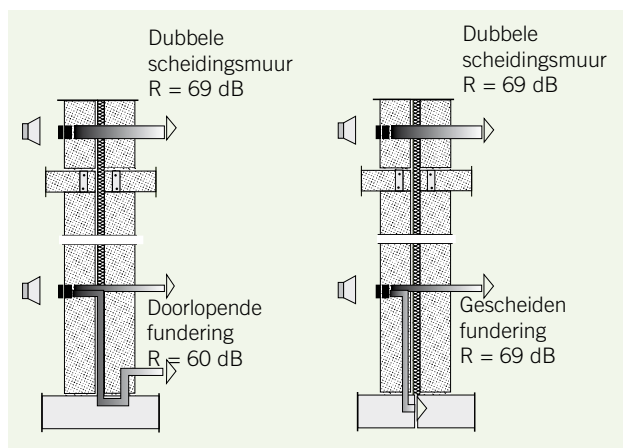
	Muuropbouw	Dikte (mm)	Isolatie-waarde R (dB)
	Binnenpleister	10	68 (I ^a)
	Cellenbetonblokken C4/550	175	
	Spouw met platen van minerale wol 40mm	50	
	Cellenbetonblokken C4/550	175	
	Binnenpleister	10	57 (II ^a)
	Binnenpleister	8	
	Cellenbetonblokken C4/550	200	
	Spouw	20	
	Cellenbetonblokken C4/550	200	
	Binnenpleister	8	

De opgegeven waarden zijn de waarden volgens de norm ISO 717-1. De waarden tussen haakjes zijn de klassen volgens de norm NBN S 01-400.

Bij de uitvoering van een scheidingsmuur tussen twee wooneenheden, is het van belang dat een voldoende brede spouw wordt aangebracht. Deze spouwconstructie moet zonder onderbreking doorlopen van de fundering tot het dak en mag niet door geluidsbruggen, zoals mortelresten, betonbalken of nagels, worden onderbroken. Het is belangrijk dat alle betonbalken, lateien, welfsels e.d. ter plaatse van de spouw worden onderbroken en zeker niet doorlopen.

Voor de vertrekken op het gelijkvloers van een onderkelderd gebouw is een ontubbelde fundering van minder groot belang vanwege de lange geluidsweg, voor zover de scheidsmuur in de kelder ook is uitgevoerd met een spouw. Hier krijgt men weliswaar een kleinere geluidsisolatie in de kelderverdieping.

Bij niet-onderkelderde woningen is een scheiding van de fundering sterk aangeraden.



4.11.5.4 Binnenmuren in cellenbetonblokken met voorzetwand aan 1 of 2 zijden

Muuropbouw		Dikte (mm)	Isolatie-waarde R (dB)
Binnenpleister	10	150	53 (II ^b)
Cellenbetonblokken C4/550	40		
Glaswol	10		
Gipskartonplaat	10		
Gipskartonplaat	10	150	58 (II ^b)
Glaswol	40		
Cellenbetonblokken C4/550	40		
Glaswol	10		
Gipskartonplaat	10	150	63 (I ^a)
Glaswol	60		
Cellenbetonblokken C4/550	60		
Glaswol	10		

De opgegeven waarden zijn de waarden volgens de norm ISO 717-1. De waarden tussen haakjes zijn de klassen volgens de norm NBN S 01-400.

4.11.5.5 Industriegebouwen met cellenbetonplaten

Bij industriegebouwen (en ook bij discotheken) moet vooral de overdracht van het lawaai naar buiten toe worden beperkt, rekening houdend met de omgeving waarin het gebouw is gesitueerd (landelijke omgeving, woongebied, industriegebied...). Ook binnen in het gebouw moet het geluidsniveau op een aanvaardbaar niveau worden gehouden (< 85 dB(A)).

Het binnengeluidsniveau in een werkhal hangt natuurlijk af van de geluidsbronnen (machines), maar ook van het absorptievermogen van het wand- en het dak-oppervlak. Hoe groter het absorptievermogen, hoe lager het geluidsniveau.

Het geluidsniveau binnen de werkhal bestaat uit het directe geluidsniveau L_{dir} en het diffuus geluidsniveau L_{diff} .

Het directe geluidsniveau varieert afhankelijk van de afstand tot de geluidsbron, zoals in een vrije ruimte.

Door de geluidsreflectie op de wanden en op het dak-oppervlak ontstaat een geluidsveld dat, ongeacht de afstand tot de geluidsbron, een min of meer constante waarde heeft, op elke plaats in de werkhal. Dat noemt men het diffuus geluidsniveau L_{diff} . De omvang van het diffuus geluidsniveau hangt af van het absorptievermogen van de oppervlakken van de dak- en wandelementen, en van de vorm van de hal. Daarom is het af te raden in werkhallen met een intensief lawaainiveau de wanden en het dak uit te voeren in niet-absorberende gladde materialen (bv. staalplaat). Voor grote hallen met dak en wanden in cellenbetonplaten mag bij benadering worden aangenomen dat het geluidsniveau met 2,5 dB vermindert bij elke verdubbeling van de afstand tot de geluidsbron (machine).

Onderzoek heeft uitgewezen dat een wand met aan de buitenzijde nog een voorgezette wandbekleding (bv. glasal, eternit, gevelplaten...) de geluidsisolatie van buiten naar binnen nog kan verbeteren met ruim 14 dB. De juiste waarde hangt af van het type voorzetwand.

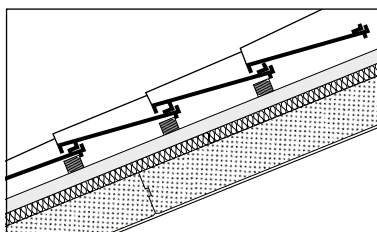
4.11.5.6 Dakplaten in cellenbeton

Voor woningen is het gebruik van dakplaten in cellenbeton vooral aangeraden in zones met veel geluidsoverlast, bv. in de nabijheid van luchthavens.

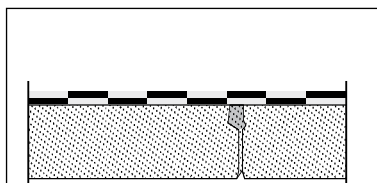
Voor industriegebouwen zijn de dakplaten vooral interessant vanwege hun absorptievermogen, waardoor de geluidsreflectie, c.q. het diffuus geluidsniveau, binnen de werkhal wordt beperkt.

Als deze dakplaten worden verzwaard met 50 mm grind (= 90 kg/m²), dan mogen deze waarden verhoogd worden met 6 tot 8 dB.

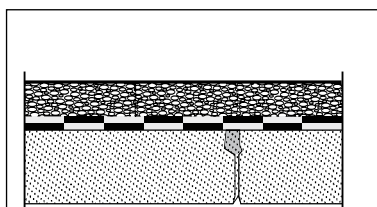
Dakplaten in cellenbeton met dakbedekking



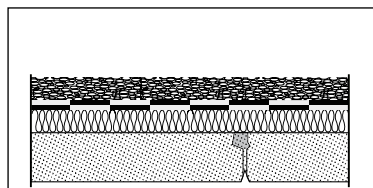
Dakopbouw	Dikte (mm)	Isolatie-waarde R (dB)
Dakpannen of leien	-	56 (V ^a)
Isolatieplaten	50	
Dakplaten in cellenbeton	200	
Binnenpleister	10	



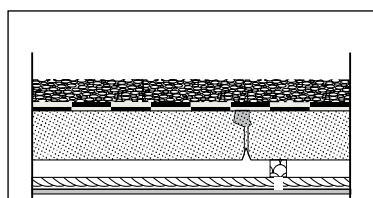
Dakopbouw	Dikte (mm)	Isolatie-waarde R (dB)
2 lagen dakdichting	-	44 (V ^a)
Dakplaten in cellenbeton	200	



Dakopbouw	Dikte (mm)	Isolatie-waarde R (dB)
Grindlaag	50	51 (V ^a)
2 lagen dakdichting	-	
Dakplaten in cellenbeton	200	



Dakopbouw	Dikte (mm)	Isolatie-waarde R (dB)
Grindlaag	50	52 (V ^a)
2 lagen dakdichting	-	
Isolatieplaat	50	
Dakplaten in cellenbeton	200	



Dakopbouw	Dikte (mm)	Isolatie-waarde R (dB)
Grindlaag	50	55 (V ^a)
2 lagen dakdichting	-	
Dakplaten in cellenbeton	200	
Latwerk - 2x30 mm	60	
Gipskartonplaten	10	

De opgegeven waarden zijn de waarden volgens de norm ISO 717-1. De waarden tussen haakjes zijn de klassen volgens de norm NBN S 01-400.