

## Geluidisolatie tussen appartementen

inzicht in de manier waarop men tijdens het bouwproces tot de gewenste kwaliteit komt  
*Paul Mees, Daidalos Peutz Bouwfysisch Ingenieursbureau*

### Samenvatting

Bewoners van woningen of appartementen verwachten akoestisch comfort. Het is vaak een niet uitgesproken verwachting, die pas op de voorgrond treedt bij problemen: geluidhinder door verkeersgeluid, burenlawaai, of overdreven geluid van technische installaties.

Architecten en aannemers besteden tijdens het ontwerp en de uitvoering in wisselende mate aandacht aan het akoestisch comfort. Zij baseren zich meestal op ervaring, en passen oplossingen toe waarmee ze in het verleden goede resultaten boekten. De problematiek van de geluidisolatie treedt eerder zelden uitdrukkelijk op de voorgrond: in erg geluidbelaste omgevingen, bij ongebruikelijke constructies, of op uitdrukkelijke vraag van de opdrachtgever. Er is geen systematische controle van de akoestische kwaliteit in afgewerkte woongebouwen.

Het akoestisch comfort ontstaat bijgevolg vaak 'onbewust'. Dit is niet hetzelfde als 'bij toeval', want er is wel degelijk inbreng van kennis. Maar het gaat vaak om ervaring, om het toepassen van richtlijnen, eerder dan om een volgehouden aandacht tijdens het bouwproces.

In deze voordracht gaan we na hoe men bij het bouwproces bewuster met het akoestisch comfort kan omspringen. We bekijken dit telkens uit twee invalshoeken. Enerzijds doorlopen we de verschillende fases in het project: de formulering van het bouwprogramma, het ontwerp, en de uitvoering. Anderzijds belichten we de rol van de belangrijkste spelers: de overheid, de bewoner of de opdrachtgever, de architect, de aannemer. Op elk ogenblik is er een rol voor elke betrokkene, zij het in verschillende mate. De onderstaande tabel is een eerste schetst van de mogelijke rol van eenieder tijdens het bouwproces.

In de volgende hoofdstukken doorlopen we het bouwproces en lichten we de belangrijkste aandachtspunten toe. Soms gaat het om eerder administratieve aandachtspunten, vaak echter om technische aspecten van de geluidisolatie. Deze tekst is niet bedoeld als een volledige handleiding, met uitgewerkte technische oplossingen. Het is een aanzet om de verschillende betrokkenen in het bouwproces samen te brengen rond het thema geluidisolatie.

FASE IN HET BOUWPROCES			
BETROKKE	formulering van het bouwprogramma	ontwerp	uitvoering en oplevering
<b>overheid</b>	(akoestische) prestatie-eisen volgens de nieuwe NBN S01 - 400-1:2006 bijkomende (strengere) eisen voor specifieke locaties of doelgroepen bepaling van bouwheren en architecten	(ruimtelijke ordening) bouwvorm opleggen van materialen en technieken als deel van de bewustwording type lastenboeken; te herzien? aantonen van de akoestische kwaliteit tijdens het ontwerp (cfr EPR)	controlemeting van de akoestische kwaliteit steekproeven in overheidsprojecten
<b>opdrachtgever bewoner (huurder)</b>	bewustwording afwegen van het akoestisch comfort in het geheel van zijn/haar wensen uitdrukkelijk aangeven van wensen inzake akoestisch comfort: geschreven verbintenissen aangaan bij de koop of bij de start van het ontwerp budget aanpassen	aandacht en motivatie behouden voor de akoestische prestaties keuze van de bouwvorm schikking van grondplan	overeenkomst met aannemer inzake proeven voor oplevering en vaststellen van 'onzichtbare' akoestische kwaliteit (discussie voorlopige - definitieve oplevering)
<b>architect adviseurs</b>	bewustwording bepaling advies inzake de comforteisen en de invloed op de bouwkosten	keuze van de bouwvorm algemene schikking van het grondplan en de doorsnede basisopties inzake de constructie: massiefbouw, skeletbouw, ontdubbelde constructies, mengvormen wand- en vloerpakketten: samenstelling, dikte, massa robuuste wand- en vloerpakketten: eenvoud van uitvoering interactie met technieken, stabiliteit uitvoeringsdetails	werfopvolging mogelijkheden voor tussentijdse controles door metingen controlemetingen voor de oplevering
<b>aannemer</b>	-	bouwteam formule aangeven van alternatieven invloed op de kostprijs en op de uitvoeringstijd	bepaalt de volgorde van de uitvoering correcte uitvoering tussentijdse controlemeting

## I Formulering van het bouwprogramma

Het bouwprogramma is het geheel van eisen en wensen die de bouwheer wil realiseren. Bij het samenstellen van zijn bouwprogramma doet de bouwheer al snel een beroep op de overheid, en op een architect. Het bouwprogramma omvat immers niet alleen zijn eigen wensen, maar moet ook rekening houden met wettelijke, administratieve en technische eisen. Zowel de overheid als de architect hebben een adviserende rol, en maken de bouwheer wegwijs in de mogelijkheden en de verplichtingen, nog voor het ontwerp echt aanvat.

Inzake akoestisch comfort is de norm NBN S01-400 - 1 : 2006 het basisdocument waarin de eisen inzake geluidisolatie, installatiegeluid en geluidabsorptie beschreven zijn. Een moderne en aangepaste norm inzake akoestisch comfort is belangrijk voor alle partijen in het bouwproces. Het begrip 'norm' krijgt verschillende draagwijdtes naargelang de betrokkene.

### I.1 De bouwheer

Voor een bouwheer is de norm de vertaling van zijn verwachting inzake akoestisch comfort. Zelfs indien een bouwheer zijn verwachtingen niet uitdrukkelijk aangeeft, legt de norm vast welke geluidisolatie hij in een modern gebouw mag verwachten. De nieuwe norm NBN S01-400 - 1 : 2006, die verfijnder is dan de voorgaande NBN S01-400 : 1977, noemt dit een 'normaal akoestisch comfort'. Het is belangrijk dat 'normaal comfort' een realistische, goede doorsnee kwaliteit biedt. Voor de meeste bouwheren is de aankoop van een woning een grote investering, en zij verwachten waarde voor hun geld, op alle gebied.

Een bouwheer kan aangeven dat hij hogere verwachtingen heeft inzake akoestisch comfort. De nieuwe norm NBN S01-400 - 1 : 2006 noemt dit een 'verhoogd akoestisch comfort'. Het is niet eenvoudig om een 'hoog akoestisch comfort' universeel te definiëren, daarom is dit een verdienste van de nieuwe norm.

Voor bouwheren biedt de norm bijgevolg een minimum kwaliteit, en een instrument om een vraag naar hoger akoestisch comfort ondubbelzinnig te formuleren. Slechts in bijzondere situaties moet de bouwheer andere, meestal strengere eisen inzake zijn akoestisch comfort formuleren. Dat geldt bijvoorbeeld voor muzikanten die thuis wensen te repeteren.

### I.2 De ontwerper

Voor de architect is de norm een kwaliteitseis waaraan zijn ontwerp zal moeten voldoen. De norm biedt een houvast, omdat hij de subjectieve verwachtingen van de bouwheer vertaalt in objectieve getallen. Wanneer een ontwerp voldoet aan de norm, mag men verwachten dat een meerderheid van de bewoners het resultaat als comfortabel ervaart. De architect die een gebouw realiseert dat beantwoordt aan de norm, heeft dan gewerkt volgens de regels van de kunst, volgens de actueel beschikbare kennis. Dit is een belangrijk principe, als men weet dat 'normaal' en 'verhoogd' akoestisch comfort ongeveer overeenstemmen met 70% en 90% tevreden bewoners. Het feit dat 30%, respectievelijk 10% van de bewoners enige klacht zou hebben over het akoestisch comfort, valt volgens de norm binnen de verwachtingen.

Bij de uitwerking van het bouwprogramma brengt de architect de bouwheer op de hoogte van de akoestische normering. Mogelijk adviseert hij, op basis van zijn ervaring, over de keuze tussen 'normaal' en 'verhoogd' akoestisch comfort. Meestal echter verschuift dit aspect naar de ontwerpfase, omdat men dan pas de consequenties van deze keuze op het ontwerp (en het budget) kan inschatten.

In deze fase adviseert de architect ook over akoestische eisen die mogelijk afwijken van de waarden voorgesteld in de norm. Een bijzondere wens van de opdrachtgever, of specifieke wettelijke bepalingen, kun tot strengere eisen leiden. Voor appartementen zijn er enkele situaties die niet in de norm voorzien zijn, zoals: de geluidisolatie van een parkeergarage naar de woonruimten, de gevelisolatie nabij de in- en uitrit van een garage, de gevelisolatie naar gaanderijen,... De architect besteedt hier bijzondere aandacht aan.

### **I.3 De overheid**

Door het opstellen van normen inzake akoestisch comfort streeft de overheid in de eerste plaats naar een woningenpark met een duurzame akoestische kwaliteit. De geluidisolatie in woongebouwen is immers een belangrijke factor in het welzijn van de bevolking. Dit geldt des te meer naarmate de woondichtheid groter is, en samenlevingsproblemen sneller opduiken, of naarmate de omgeving lawaaiër is, door weg-, spoor- of vliegverkeer.

Door de normen systematisch te hanteren en bekend te maken, kan de overheid ook een voortrekkersrol spelen in de bewustwording van andere bouwheren en van architecten. De overheid is een belangrijke bouwheer, met name in de sociale woningbouw, en kan daarin de maatstaven inzake akoestisch comfort concreet toepassen.

## **II Ontwerp**

Het ontwerp is de concrete uitwerking van het bouwprogramma. Het belang van het bewust omgaan met akoestische kwaliteit tijdens het bouwproces komt uitdrukkelijk tot uiting tijdens het ontwerp. In deze fase maakt men keuzes en weegt men prioriteiten af. Enkel wanneer men de akoestische kwaliteit als één van de vele aspecten meeneemt, heeft men de garantie dat het resultaat een correct afgewogen beslissing zal zijn.

### **II.1 De bouwheer**

De opdrachtgever blijft actief betrokken, omdat zijn programma nu vorm krijgt en hij daarom constant keuzes maakt. Het is de verantwoordelijkheid van de bouwheer, samen met de ontwerper, dat de akoestische kwaliteit op een duurzame wijze in het ontwerp opgenomen wordt. Daarmee bedoelen we, dat zij kiezen voor robuuste oplossingen met een lange levensduur, en dat zij de waarde van de 'onzichtbare' akoestische kwaliteit afwegen tegen de soms meer verleidelijke 'zichtbare' kwaliteiten van het ontwerp. Steeds meer opdrachtgevers beseffen dat het akoestisch comfort een belangrijke kwaliteit is van een gebouw, en zijn bereid dit in overweging te nemen bij het stellen van prioriteiten.

### **II.2 De ontwerper**

De ontwerper vertaalt het bouwprogramma in plannen, bestek en meetstaat. Hij is verantwoordelijk voor het concept. Dit betekent dat zijn ontwerp voldoet aan de vooropgestelde akoestische eisen, op een realistische, uitvoerbare manier. Mits een correcte uitvoering, zal het gerealiseerde gebouw beantwoorden aan de vooropgestelde akoestische prestaties.

#### De aanpak

Om een correct ontwerp te maken, is het belangrijk dat de ontwerper inzicht heeft in de constructieve oplossingen om een geluidisolatie te realiseren. Het is even belangrijk dat hij deze oplossingen weet te integreren in het geheel van technische en architecturale eisen

In de volgende paragrafen overlopen we de belangrijkste aandachtspunten.

Eerst geven we aan hoe geluid in appartementen wordt overgedragen. Vervolgens overlopen we de belangrijkste akoestische kenmerken van constructiedelen. Tenslotte geven we aan hoe men een ontwerp beredeneert uit het oogpunt van geluidisolatie en geluidoverdracht. De nadruk ligt niet op het aanreiken van concrete oplossingen, maar op de mogelijkheden, beperkingen en aandachtspunten tijdens het ontwerp.

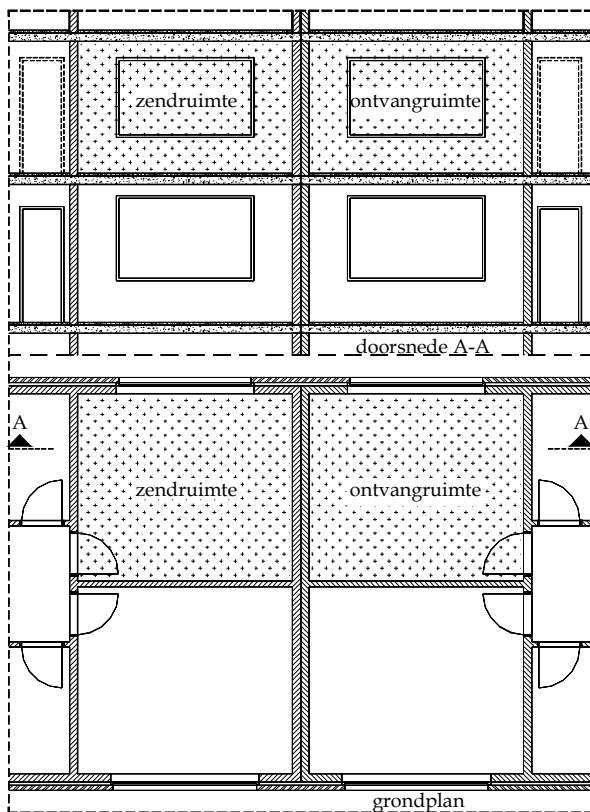
### Geluidoverdracht in appartementen

De geluidoverdracht in gebouwen, en in het bijzonder in appartementen, gebeurt door de overdracht van trillingen doorheen wanden en vloeren. Niet enkel de scheidingswand of de scheidingsvloer laat geluid door. Een belangrijke overdracht gebeurt door de aanpalende wanden en vloeren: men noemt dit de *flankerende* geluidoverdracht. Dit principe is bepalend voor de oplossingen die men aanwendt. We illustreren het principe aan de hand van de overdracht van luchtgeluid, contactgeluid en installatiegeluid.

#### **Overdracht van luchtgeluid tussen vertrekken**

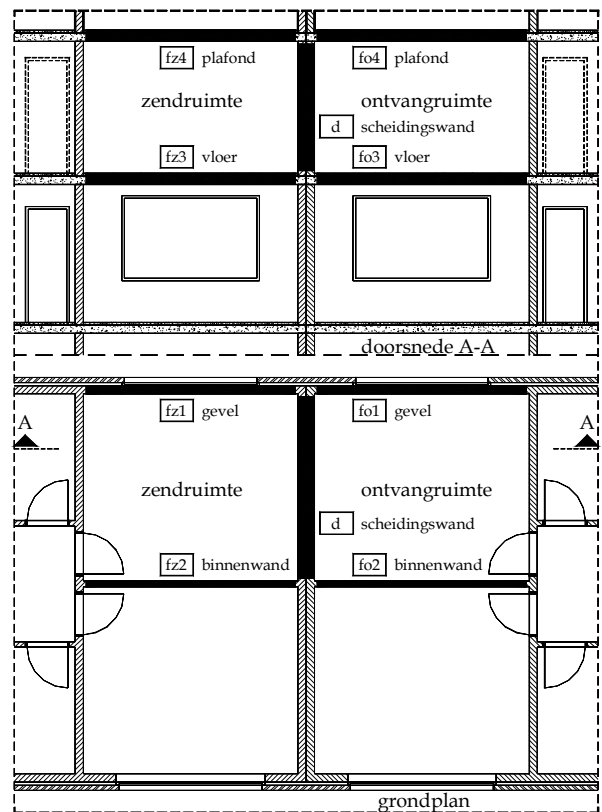
Luchtgeluid ontstaat door geluidbronnen in de ruimte. Het luchtgeluid brengt alle wanden en vloeren van de ruimte aan het trillen. Omdat wanden en vloeren met elkaar verbonden zijn, verspreiden de trillingen zich verder door de constructie. De onderstaande schema's verduidelijken aan de hand van een doorsnede en een grondplan het principe van de overdracht van luchtgeluid tussen twee vertrekken.

- Schema 1 toont de zendruimte en de ontvangruimte. De ruimten grenzen horizontaal aan elkaar.
- Schema 2 toont de belangrijkste wanden en vloerplaten die een rol spelen in de geluidoverdracht. Het gaat om de scheidingswand, en om de flankerende wanden en vloeren, 8 in totaal, die langs minstens één rand contact maken met de scheidingswand.
- Schema 3 toont de knooppunten tussen wanden en/of vloerplaten die een rol spelen in de geluidoverdracht.
- Schema 4 tenslotte toont de verschillende overdrachtswegen van het geluid. Er is de directe overdracht doorheen de scheidingswand. Dit is de weg met de hoogste geluidoverdracht. Daarnaast zijn er 12 *flankerende* overdrachtswegen. Elk op zich hebben deze een veel lagere geluidoverdracht dan de scheidingswand. Maar hun som is niet verwaarloosbaar, en domineert soms de totale geluidoverdracht, afhankelijk van de constructie.



Schema 1. De zend- en ontvangruimte.

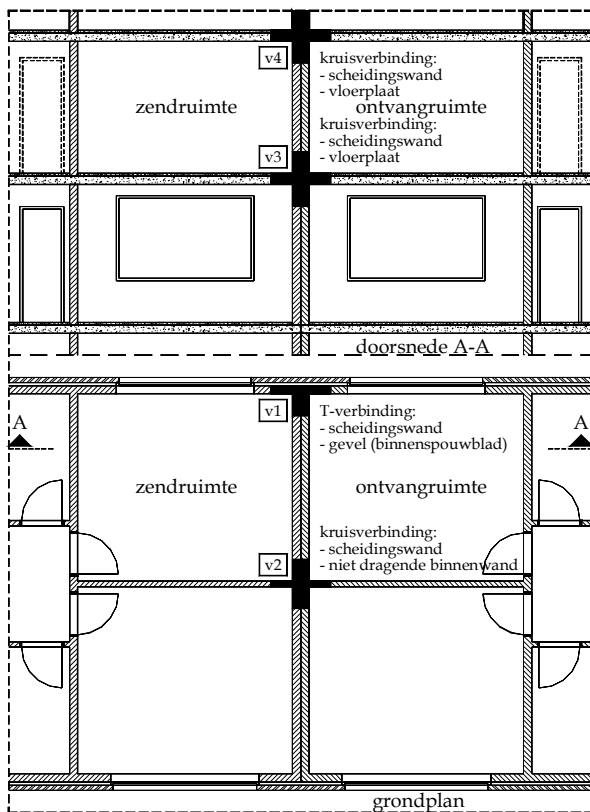
Het voorbeeld gaat uit van een naast elkaar gelegen zend- en ontvangruimten. De ruimten kunnen ook verticaal gestapeld zijn.



Schema 2. De wanden en vloeren.

Een standaard situatie omvat de scheidingswand en 8 flankerende wanden:

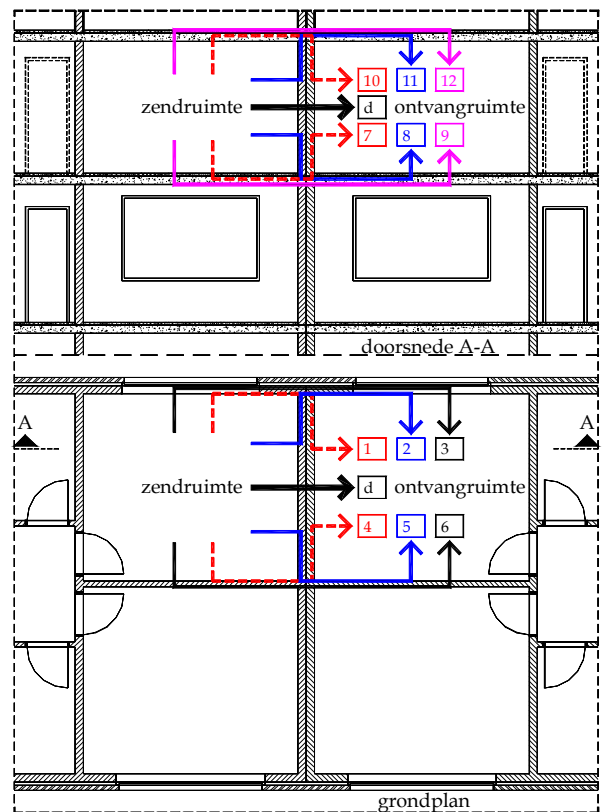
- d: scheidingswand
- fz1: wand aan verbinding 1, zendzijde
- fo1: wand aan verbinding 1, ontvangzijde
- fz2: wand aan verbinding 2, zendzijde
- fo2: wand aan verbinding 2, ontvangzijde
- fz3: wand aan verbinding 3, zendzijde
- fo3: wand aan verbinding 3, ontvangzijde
- fz4: wand aan verbinding 4, zendzijde
- fo4: wand aan verbinding 4, ontvangzijde



Schema 3. De knooppunten.

Een standaard situatie omvat 4 knooppunten, 1 langs elke rand van de scheidingswand of de scheidingsvloer:

- v1: knooppunt tussen de scheidingswand en de gevel
- v2: knooppunt tussen de scheidingswand en de binnenwand of andere gevel
- v3: knooppunt tussen de scheidingswand en de vloerplaat
- v4: knooppunt tussen de scheidingswand en de plafondplaat



Stap 4. De overdrachtswegen.

Een standaard situatie omvat de directe geluidoverdracht door de scheidingswand geluidoverdracht via 12 flankerende wegen:

- d: door de scheidingswand
- 1: via verbinding 1: fz1 → d
- 2: via verbinding 1: d → fo1
- 3: via verbinding 1: fz1 → fo1
- 4: via verbinding 2: fz2 → d
- 5: via verbinding 2: d → fo2
- 6: via verbinding 2: fz2 → fo2
- 7: via verbinding 3: fz3 → d
- 8: via verbinding 3: d → fo3
- 9: via verbinding 3: fz3 → fo3
- 10: via verbinding 4: fz4 → d
- 11: via verbinding 4: d → fo4
- 12: via verbinding 4: fz4 → fo4

Mits een aantal aannamen wordt de geluidoverdracht van 1 flankerende overdrachtsweg gegeven door de onderstaande uitdrukking:

$$R_{ij} = \frac{R_i}{2} + \Delta R_i + \frac{R_j}{2} + \Delta R_j + K_{ij} + 10 \log \left( \frac{S_s}{l_0 l_{ij}} \right)$$

waarin:

- $R_{ij}$  : de schijnbare geluidverzwakkingsindex van de overdrachtsweg van wand i aan de zenzijde naar wand j aan de ontvangzijde  
 $R_i$  : de geluidverzwakkingsindex (voor vrije golven) van wand i aan de zenzijde  
 $\Delta R_i$  : de verbetering van de geluidverzwakkingsindex van wand i aan de zenzijde, door een voorzetwand of een zwevende vloer  
 $R_j$  : de geluidverzwakkingsindex (voor vrije golven) van wand j aan de ontvangzijde  
 $\Delta R_j$  : de verbetering van de geluidverzwakkingsindex van wand j aan de ontvangzijde, door een voorzetwand of een zwevende vloer  
 $K_{ij}$  : de trillingsverzwakkingsindex tussen wand i en wand j bij het doorlopen van het knooppunt  
 $l_{ij}$  : de koppellengte tussen wand i en wand j in het knooppunt  
 $l_0$  : de referentielengte: 1 m  
 $S_s$  : de oppervlakte van de scheidingswand

Voor de globale geluidisolatie is het van belang om de directe geluidisolatie en de deelisolaties van alle flankerende wegen op elkaar af te stemmen. Uit de voorgaande schema's en formules leiden we af dat volgende aspecten daarbij een rol spelen:

- De directe geluidisolatie van de scheidingswand. Aangezien de flankerende wegen enkel zorgen voor een daling van de geluidisolatie, is een voldoende geluidisolatie van de scheidingswand de eerste voorwaarde om een vooropgestelde globale isolatie te bekomen.
- De directe geluidisolatie van de flankerende wanden. Elke flankerende wand draagt de helft van zijn geluidisolatie bij tot de deelisolatie. Het verhogen van de geluidisolatie van de flankerende wanden verhoogt bijgevolg de globale geluidisolatie.
- De trillingsverzwakking ( $K_{ij}$ ) bij het doorlopen van een knooppunt.
- De lengte van de verbinding tussen de flankerende wanden. Een kortere lengte resulteert in een betere geluidisolatie. De speelruimte is niet echt groot, want de koppellengte hangt samen met de afmetingen van de ruimte.
- De oppervlakte van de scheidingswand. Dit is, indirect, een indicatie voor de oppervlakte van de flankerende wanden ten opzichte van de oppervlakte van de scheidingswand. De flankerende weg heeft een hogere deelisolatie ten opzichte van de scheidingswand, naarmate de oppervlakte van de scheidingswand groter is.
- De aanwezigheid van voorzetwanden. Een voorzetwand, een verlaagd plafond of een zwevende vloer verbetert de geluidisolatie van een flankerende weg, voor zover hij gericht is naar de zendruimte of naar de ontvangruimte. Een voorzetwand aangebracht op een flankerende wand, maar niet gericht naar de zendruimte of naar de ontvangruimte, verbetert de geluidisolatie van die flankerende weg niet.

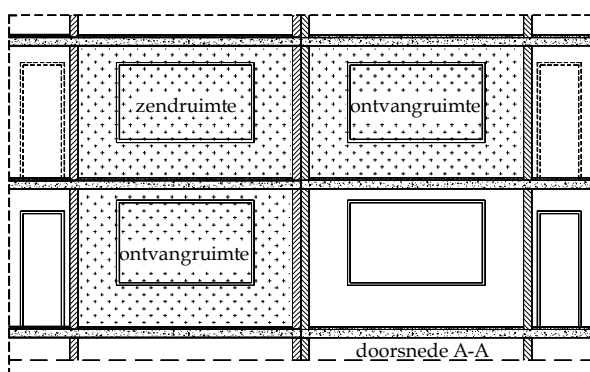
Luchtgeluid wordt ook overgedragen via kieren in de constructie, via omloopwegen (bijvoorbeeld doorheen een gang of via een leidingenkoker), of via kanalen van de ventilatie.



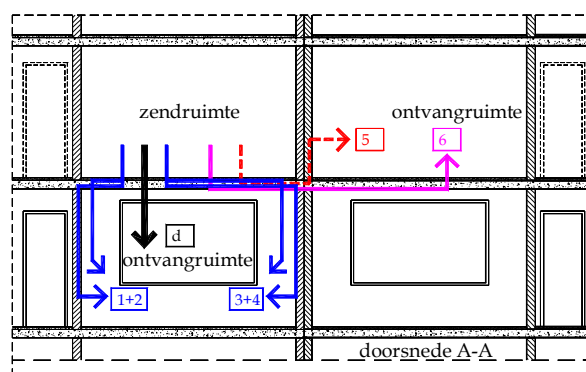
## Overdracht van contactgeluid tussen vertrekken

Contactgeluid ontstaat door loopgeluiden op de vloer van een vertrek. Contactgeluid brengt enkel de vloer aan het trillen. Via de knooppunten planten de trillingen in de vloer zich verder in de constructie. Er zijn echter minder overdrachtswegen dan bij luchtgeluid. De onderstaande schema's verduidelijken aan de hand van een doorsnede het principe van de overdracht van luchtgeluid tussen twee vertrekken, zowel horizontaal als verticaal.

- Schema 1 toont de zendruimte en de ontvangruimte. Contactgeluid is niet enkel belangrijk verticaal, maar ook horizontaal.
- Schema 2 tenslotte toont de verschillende overdrachtswegen van het geluid. Verticaal is er de hoogste geluidsoverdracht, met de directe weg en 4 flankerende wegen, één per wand. Verticaal zijn de flankerende wegen minder belangrijk als bij luchtgeluidisolatie. Horizontaal is er bij contactgeluid enkel flankerende geluidsoverdracht.



Schema 1. De zend- en ontvangruimte.



Stap 4. De overdrachtswegen.

Situatie verticaal: directe geluidsoverdracht door de vloer, en 4 flankerende wegen.

Situatie horizontaal: 4 flankerende wegen.

## Overdracht van installatiegeluid

Installatiegeluid wordt veroorzaakt door luchtgeluid of contactgeluid.

De meeste installatiegeluiden zijn contactgeluid: leidingen vastgehecht op een muur; aanstoting van vloeren of wanden door toilet, bad, douchekuij; bewegingen van een lift, liftdeuren, garagepoorten; trillingen van ventilatoren, luchtbehandelingskasten of koelmachines,... In al deze voorbeelden wordt een wand of een vloer wordt aan het trillen gebracht. De trillingen verspreiden zich doorheen de constructie en stralen geluid af in de vertrekken. Het mechanisme van de geluidsoverdracht is grotendeels gelijkaardig aan de overdracht van contactgeluid. Contactgeluiden kunnen zich hierdoor ver doorheen de constructie voortplanten.

Ventilatiegeluid in kanalen is luchtgeluid. Dit plant zich voort doorheen de kanalen als door een spreekbuis, en wordt uiteindelijk afgestraald in de ruimte waar het kanaal uitmondt.

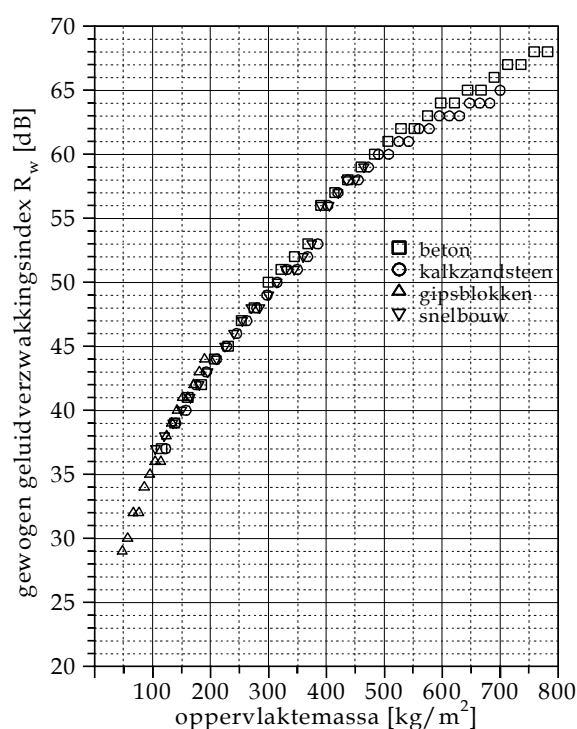
### Eigenschappen van constructiedelen

In de volgende delen geven we de belangrijkste eigenschappen van constructiedelen aan, die van belang zijn in de geluidsoverdracht.

### **Luchtgeluidisolatie van massieve wanden**

De luchtgeluidisolatie van massieve wanden is zowel belangrijk voor de directe geluidsoverdracht als voor de deelisolatie van flankerende wegen. Bij massieve wanden is de

luchtgeluidisolatie bijna volledig bepaald door de oppervlaktemassa van de wand. De onderstaande grafiek geeft de gewogen geluidverzwakkingsindex van massieve wanden in functie van hun oppervlaktemassa. De waarden zijn nagenoeg onafhankelijk van het precieze materiaal. De tabel geeft ook de volumemassa van enkele courante materialen voor massieve wanden of vloeren. Het is van groot belang dat men deze volumemassa correct kent, om wanden met de beoogde massa te voorzien. We waarschuwen dat sommige materialen, zoals metselwerkblokken en (voorgespannen) welfsels, vaak een erg lage schijnbare volumemassa hebben. Wand en vloeren met deze materialen kunnen voldoen aan de stabiliteitseisen met een relatief lage oppervlaktemassa. Deze tendens, het gebruik van relatief lichte en sterke, buigstijve wanden en vloeren, leidt tot een aanzienlijke daling van de geluidisolatie. Omdat deze evolutie geleidelijk gebeurde, is de geluidisolatie in een aantal gevallen ook haast onmerkbaar gedaald. Vooral bij woongebouwen met wanden in snelbouw en (voorgespannen) welfsels is dit een gevaar, omdat beide materialen bestaan in relatief lage densiteiten.



Gewogen geluidverzwakkingsindex van massieve wanden volgens NBN EN 12354-1.

materiaal	volumemassa [kg/m <sup>3</sup> ]
cellenbeton (licht)	600
cellenbeton (zwaar)	800
gipsblokken (licht)	850
gipsblokken (zwaar)	1200
snelbouw (afhankelijk van structuur)	900 - 1500
gevelsteen	1500 - 1900
kalkzandsteen	1700 - 1800
holle betonblok	1400 - 1600
volle betonblok	2000
betonwelfsel (afhankelijk van structuur)	1400 - 1800
gewapend beton	2400
chape	1900

Volumemassa van courante bouwmaterialen  
Oppervlaktemassa = Volumemassa x dikte

Voor een normaal akoestisch comfort tussen courante vertrekken vraagt men een gewogen gestandaardiseerd geluidrukniveauverschil  $D_{nT,w} \geq 54$  dB. Uitgaande van een beperkte flankerende geluidoverdracht bedraagt de gewogen geluidverzwakkingsindex van de scheidingswand, om dit te realiseren, minimaal  $R_w \geq 58$  dB, of een wand met een massa van minimaal  $450 \text{ kg/m}^2$ . Houdt men rekening met een hogere flankerende geluidoverdracht, en met het onvermijdelijke kwaliteitsverlies in situ, dan is een streefwaarde voor de massa van de scheidingswand  $500 - 550 \text{ kg/m}^2$ . Gaat men naar een verhoogd akoestisch comfort, 4 dB hoger, of  $D_{nT,w} \geq 58$  dB, dan is een streefwaarde voor de massa van de scheidingswand  $650 - 700 \text{ kg/m}^2$ .

### Luchtgeluidisolatie van dubbele wanden

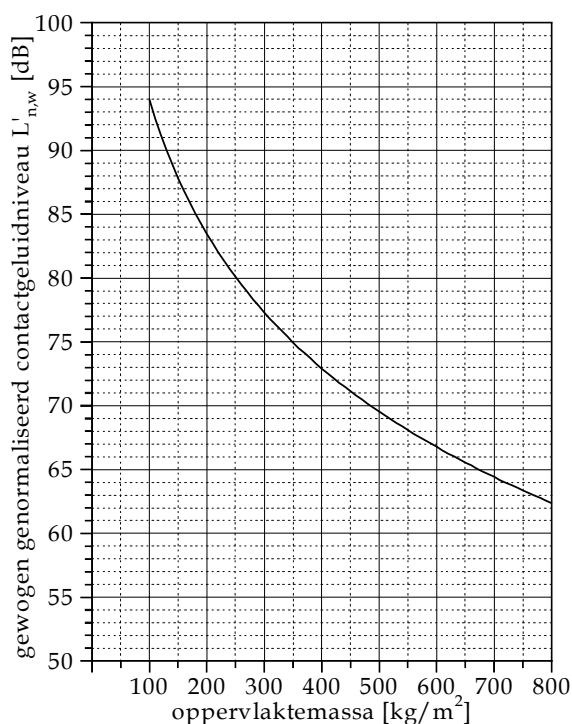
Een dubbele steenachtige wanden zonder koppeling tussen beide spouwbladen noemt men een ankerloze spouwmuur. Dit type constructie heeft een zeer hoge geluidisolatie. In de

praktijk wordt de geluidisolatie bijna steeds begrensd door flankerende geluidoverdracht of door geluidlekken.

Details van dit type wand en de toepassingen worden gegeven in de lezing 'Geluidisolatie voor woningen'.

### Contactgeluidisolatie van massieve vloerplaten

De contactgeluidisolatie van homogene vloerplaten is bijna volledig bepaald door de oppervlaktemassa van de plaat. De onderstaande grafiek geeft het gewogen genormaliseerde contactgeluidniveau van homogene vloerplaten in functie van hun oppervlaktemassa. De waarden zijn nagenoeg onafhankelijk van het precieze materiaal. Het begrip 'homogene vloerplaat' is ruim, en omvat naast massieve vloerplaten (breedplaatvloer) ook welfsels met druklaag en vloeren opgebouwd uit balken en potten met druklaag. Men kan nagenoeg alle zware, steenachtige vloeren als homogeen beschouwen.



Gewogen genormaliseerde contactgeluidniveau van homogene vloeren volgens NBN EN 12354-2.

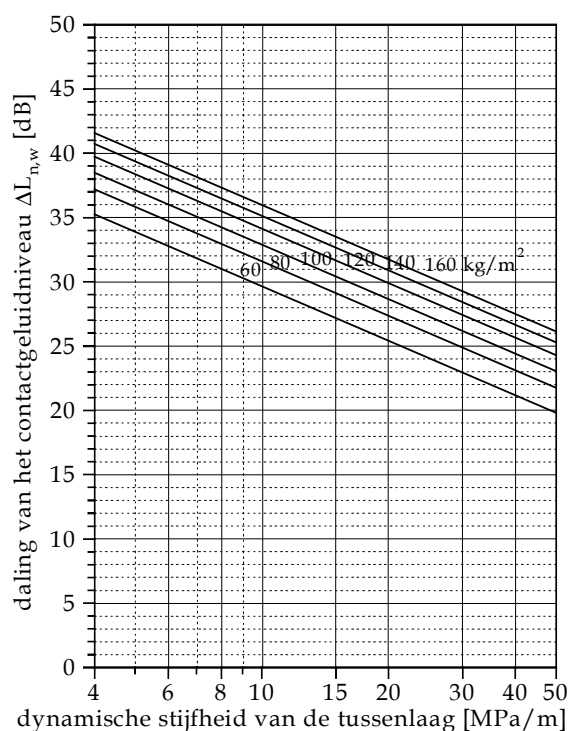
Voor een normaal akoestisch comfort tussen courante vertrekken vraagt men een gewogen gestandaardiseerd contactgeluidniveau  $L'_{nT,w} \leq 58$  dB. Dit leidt tot onrealistische vloermassa's,  $\geq 1000$  kg/m<sup>2</sup>.

In appartementen is het bijgevolg onmogelijk om akoestisch comfort voor loopgeluiden te realiseren zonder een geluiddempende vloerbekleding of een zwevende chape. Dit geldt zowel voor de overdracht van contactgeluiden in de horizontale richting als in de verticale richting.

### Verbetering van de contactgeluidisolatie door een zwevende chape

Het contactgeluidniveau vermindert aanzienlijk door het gebruik van een zwevende vloer constructie. Hierbij wordt op de effen draagvloer een contactgeluidisolatie gelegd, en daarop komen een chape en de vloerbekleding. Men spreekt van een zwevende chape, omdat de chape en de vloerbekleding volledig los gehouden worden van de omringende wanden, en van andere constructiedelen. Zij 'zweven' op de contactgeluidisolatie, die werkt als een veer, en daardoor de draagvloer isoleert van de loopgeluiden op de chape.

Voor een zwevende cementchape, die in België het meest wordt toegepast, is de verbetering groter bij toenemende dikte van de chape en bij afnemende stijfheid van de contactgeluidisolatie. De onderstaande grafiek toont de daling van het gewogen genormaliseerde contactgeluidniveau, in functie van de dynamische stijfheid van de contactgeluidisolatie, voor verschillende massa's van de zwevende chape.



*Daling van het gewogen genormaliseerde contactgeluidniveau voor zwevende cementchapes, volgens NBN EN 12354-2.*

Naargelang de massa van de basisvloer, en naargelang het beoogde akoestische comfort (waarden van  $L'_{nT,w} \leq 58$  dB tot  $L'_{nT,w} \leq 50$  dB), moet een zwevende chape een daling van het contactgeluidniveau realiseren tot ongeveer 28 dB. Met een zwevende cementchape van voldoende massa, op een soepele contactgeluidisolatie (lage dynamische stijfheid), kan men aan de strengste eisen voldoen.

Voor de stevigheid heeft een zwevende cementchape een dikte van minimaal 60 mm, en bij voorkeur meer, zeker op een soepele contactgeluidisolatie.

Een dynamische stijfheid van 30 MPa/m bekommt men met contactgeluidisolaties van 10 mm dikte. Een lagere dynamische stijfheid van 10 MPa/m vereist een contactgeluidisolatie van ongeveer 20 mm dikte.

### Ontwerpopties

Met de basiskennis inzake de geluidoverdracht tussen ruimten, en de eigenschappen van constructiedelen, overlopen we de belangrijkste keuzes van de architect om een beoogd akoestisch comfort te realiseren.

### **Schikking van de ruimten**

De norm NBN S01-400 - 1 : 2006 voorziet strengere eisen voor de isolatie van lucht- en contactgeluiden naar slaapkamers toe. Concreet gaat het om de onderstaande eisen.

<b>algemene eisen:</b>	normaal akoestisch comfort	verhoogd akoestisch comfort
tussen een ruimte van de woning (uitgezonderd de technische ruimten en de inkomhal) en een ruimte buiten de woning	$D_{nT,w} \geq 54$ dB	$D_{nT,w} \geq 58$ dB
<b>strengere eisen gelden worden opgelegd:</b>	normaal akoestisch comfort	verhoogd akoestisch comfort
tussen een slaapkamer van een woning en een ruimte met een andere functie buiten de woning	$D_{nT,w} \geq 58$ dB	$D_{nT,w} \geq 62$ dB

Eisen inzake *luchtgeluidisolatie* ( $D_{nT,w}$ ) in woongebouwen volgens NBN S01-400-1:2006.

<b>algemene eisen:</b>	normaal akoestisch comfort	verhoogd akoestisch comfort
tussen een ruimte grenzend aan de woning en een ruimte van de woning (uitgezonderd de technische ruimten van deze woning)	$L'_{nT,w} \leq 58$ dB	$L'_{nT,w} \leq 50$ dB
<b>strengere eisen gelden worden opgelegd:</b>	normaal akoestisch comfort	verhoogd akoestisch comfort
tussen een slaapkamer van een woning en een ruimte met een andere functie grenzend aan de woning	$L'_{nT,w} \leq 54$ dB	$L'_{nT,w} \leq 50$ dB

Eisen inzake *contactgeluidisolatie* ( $L'_{nT,w}$ ) in woongebouwen volgens NBN S01-400-1:2006.

Omdat hoge geluidisolaties, in het bijzonder de luchtgeluidisolaties, moeilijk te realiseren zijn, is het aangewezen om de ruimten doordacht te schikken:

- Slaapkamers niet laten grenzen aan ruimten met een andere functie in aanpalende wooneenheden. Dit geldt zowel in plan als in snede.
- Slaapkamers niet laten grenzen aan de gemeenschappelijke circulatie: openbare circulatie buiten, of gang en traphal in het gebouw. Dit geldt zowel in plan als in snede.
- In grondplan: minder geluidgevoelige ruimten van dezelfde wooneenheid gebruiken als buffer voor de slaapkamers. Voorbeeld: badkamer, technische ruimten, gang.
- Slaapkamers kunnen wel aan elkaar grenzen. Dit geldt zowel in plan als in snede.
- Slaapkamers bij voorkeur niet onmiddellijk boven een ondergrondse parking, en in geen geval boven de uitrit van een parking.
- Leidingenkokers bij voorkeur laten grenzen aan badkamers en keuken, niet aan slaapkamers en woonkamers.
- Tussen rijwoningen is de planvrijheid groter maar de principes blijven zinvol.
- Circulatiekern volledig loskoppelen van de aanpalende wooneenheden.

Het is niet eenvoudig om deze principes systematisch toe te passen. In appartementen streeft men vaak een variatie na in grondplan, doorsnede en gevel, om het gebouw aantrekkelijker te maken, of omwille van beperkingen van het bouwterrein. Toch gaat een overdreven vrijheid en flexibiliteit in planvorming vaak ten koste van de akoestische kwaliteit, of brengt ze meerkosten mee om de opgelegde hogere geluidisolaties te realiseren (voorzetwanden, verlaagde plafonds). Een meer doordachte uitgangssituatie zal bij een gelijk blijvende kostprijs steeds leiden tot een hoger akoestisch comfort.

### Horizontale en verticale geluidoverdracht

In een appartementsgebouw liggen de wooneenheden zowel horizontaal als verticaal ten opzichte van elkaar.

In principe is de verticale situatie het meest kritisch. Verticaal is de oppervlakte van de scheiding (= de vloer) het grootst. Dit wordt gedeeltelijk gecompenseerd door een in verhouding kleinere oppervlakte van de flankerende wanden. Voor de luchtgeluidisolatie is het netto effect weinig beduidend, maar toch is de verticale situatie 1 - 2 dB ongunstiger bij gelijk blijvende constructie.

Voor de contactgeluidisolatie is de verticale situatie duidelijk kritischer: de bovenbuur loopt rechtstreeks op de vloer die afstraalt naar zijn onderbuur.

Horizontaal treedt ook overdracht van contactgeluid op, maar minder sterk. Het betekent wel dat ook op de laagste bewoonde verdieping een zwevende vloer nodig is. De horizontale overdracht van contactgeluiden door een massieve doorlopende vloerplaat is gewoon te sterk.

Voor de overdracht van contactgeluiden is de verticale situatie in principe minder gunstig, in het bijzonder voor het geluid van baden of douches. Voor het geluid van leidingen, liften, trappen en dergelijke, is het onderscheid gering.

### **Massieve wanden of dubbele wanden**

In appartementen is het onmogelijk om systematisch met ontdubbelde constructies te werken - ankerloze spouwmuren - zoals aangewezen bij eengezinswoningen. Verticaal moeten de wooneenheden gestapeld worden om de belastingen naar de fundering over te brengen. Horizontaal daarentegen kan men een ankerloze spouwmuur voorzien, wanneer de gemene muur tussen de appartementen niet verspringt in grondplan. Het alternatief is zowel voor de scheidingswand als (vanzelfsprekend) voor de vloeren te werken met een massieve wandopbouw. Bij de keuze tussen beide systemen kan men zich laten leiden door de volgende overwegingen.

Voor de oplossing met een ankerloze spouwmuur als horizontale scheiding:

- Zeer hoge horizontale geluidisolaties zijn mogelijk. Men kan de hoogste comforteis realiseren.
- In de horizontale richting zijn allerlei contactgeluiden (binnendeuren, kastdeuren, geluid in de keuken,...) goed gedempt.
- De oplossing is zeker te overwegen wanneer men de dubbele scheidingswand kan starten van op de fundering, en systematisch kan doortrekken tot in de nok.
- De oplossing is minder interessant wanneer de dubbele scheidingswand aanzet op een massieve doorlopende funderingsplaat, of dakplaat van een parking. Op het laagste bewoonde niveau behaalt men niet de hoge geluidisolatie van de ankerloze spouwmuur.
- Vergeleken met rijwoningen, moeten de beide spouwbladen relatief zwaar uitgevoerd zijn. Enerzijds behoudt men horizontaal toch een normaal akoestisch comfort, zelfs met de beperking van een doorkoppeling in de fundering. Anderzijds zijn zware spouwbladen nodig om de flankerende geluidoverdracht verticaal voldoende te onderdrukken.

Voor de oplossing met een massieve wand als horizontale scheiding:

- Zeer hoge horizontale geluidisolaties zijn niet mogelijk, of vragen de inzet van voorzetwanden en/of een verlaagd plafond.
- In de horizontale richting worden allerlei contactgeluiden (binnendeuren, kastdeuren, geluid in de keuken,...) beter overgedragen.
- De oplossing volstaat met een lagere massa en dus een geringere dikte van de wand.

- Wanneer de scheidingsmuur niet systematisch doorloopt over alle verdiepingen, is een massieve wand de aangewezen oplossing.

Samengevat menen wij dat het ontdebellen van een scheidingswand in appartementen steeds een te onderzoeken piste is. Mits de nodige systematiek in het grondplan, bekomt men een aantal situaties met een zeer hoge geluidisolatie, en bijgevolg daalt de kans op klachten over het akoestisch comfort in het ganse project. De kostprijs is een gering verlies aan bewoonbare oppervlakte, door de grotere wanddikte, en een hoger materiaalverbruik, door de verhoudingsgewijs grotere totale massa van de scheidingswand.

### **Massiefbouw of skeletbouw**

In kantoorgebouwen is skeletbouw gebruikelijk voor de draagstructuur, eventueel in combinatie met dragende gevels. De invulwanden zijn lichte gipskarton wanden of verplaatsbare wandsystemen. De motivatie is een vrije indeelbaarheid van de kantoorvloeren.

Wenst men skeletbouw toe te passen voor appartementen, dan spelen de volgende overwegingen mee.

- De scheiding in de verticale richting is een zware draagvloer met een zwevende chape. De massa van de draagvloer is groter dan bij een massiefbouw, omdat er in de horizontale richting geen knooppunten zijn (tenzij vloerbalken) die flankerende transmissie onderdrukken.
- De scheidingen in de horizontale richting zijn lichte ontdebeld wanden.
- De zwevende chapes moeten onderbroken worden ter hoogte van de scheidingswanden. Men plaatst bij voorkeur eerst de scheidingswanden, omdat de zwevende chape zeker volledig te onderbreken, en om de aansluiting van de scheidingswand onderaan te verbeteren.
- De aansluiting van de lichte scheidingswand aan het (doorlopende) plafond is erg kritisch. Toleranties op de ruwbouw en mogelijke zettingen achteraf, maken het moeilijk om een geluiddichte aansluiting van de wand op de plafondplaat te garanderen.
- De gevels moeten voldoende zwaar zijn, of onderbroken worden ter hoogte van de scheidingswand en de vloerplaat, om flankerende geluidoverdracht via de gevel te beperken.

Deze overwegingen leiden er vaak toe dat skeletbouw voor appartementen niet echt een economisch alternatief is.

Het gebruik van lichte gipskarton wanden als scheiding binnen de woning, vindt wel meer ingang. De voordelen zijn de droge afbouw, en de aanpasbaarheid van de planindeling tot in een laat stadium van de uitvoering.

### **Wand- en vloerpakketten**

Reeds vroeg in het ontwerp moet men de diktes van de wand- en vloerpakketten correct inschatten. In geval van twijfel is het beter om een marge te voorzien. Meestal ontwerpt de architect een netto vloeroppervlakte en een netto hoogte, aangepast aan de vraag van de bouwheer, of aan inbouwmaten van meubilair of toestellen. Wanneer men de dikte van een wand of een vloer in een later stadium moet de dikte van de pakketten niet correct is ingeschat, kost dat veel moeite en werk om in een verder gevorderd ontwerp te corrigeren.

Voor de wanden gelden de volgende overwegingen:

- Ontdebeld wanden vereisen een spouw van minimaal 50 mm breedte, en spouwbladen van 150 - 200 mm dikte. Een totale wanddikte van 400 - 450 mm is een

realistische aanname. Een 'traditionele' ankerloze spouwmuur van ongeveer 330 mm dikte, is ondergedimensioneerd.

- Voor massieve scheidingswanden is een dikte van 250 - 300 mm een realistische aanname.
- In situaties waarin men een hoger akoestisch comfort vraagt,  $D_{nT,w} \geq 58$  dB of meer, moet men vaak uitgaan van een voorzetwand of van een verlaagd plafond. Deze vragen een extra opbouwdikte van 100 mm (voorzetwand) tot 150 mm (verlaagd plafond), afhankelijk van de afmeting van het stijl- en regelwerk en de ophanging.

Voor vloeren gelden de volgende overwegingen:

- De draagvloer moet een minimale oppervlaktemassa realiseren. Deze bedraagt 400 - 500 kg/m<sup>2</sup> voor een normaal akoestische comfort, en 600 - 700 kg/m<sup>2</sup> voor een verhoogd akoestisch comfort. Er is een grote marge in de benodigde massa's, afhankelijk van de flankerende wanden, en het type zwevende dekvloer. Belangrijk is echter de grootteorde. Wanneer men de vloer realiseert met welfsels, die een relatief lage schijnbare volumemassa hebben, kan de dikte van de draagvloer oplopen tot 300 mm voor een normaal akoestische comfort, en 450 mm voor een verhoogd akoestisch comfort.
- Leidingen op de draagvloer moeten volledig uitgevlakt worden met een uitvulchape. Een correcte plaatsing van de contactgeluidisolatie is enkel mogelijk op een egale ondergrond. De uitvulchape is ook de zone voor een thermische isolatie, of voor het opvangen van toleranties in de niveaus. Men rekent voor deze laag best minimaal 50 mm dikte in.
- De dikte van de contactgeluidisolatie bedraagt 10 - 25 mm naargelang de eisen.
- De dikte van de zwevende cementchape bedraagt minimaal 60 mm. Deze moet echter veel dikker zijn, wil men sanitaire leidingen of afvoerleidingen in de chape inwerken. Deze leidingen worden bij voorkeur niet op de draagvloer aangebracht, omdat ze geluid van toestellen van de bovenbuur afstralen via de plafondplaat van de onderbuur..
- De dikte van de vloerafwerking bedraagt enkele mm tot enkele cm.
- De dikte van het totale vloerpakket bedraagt snel 350 mm. Diktes van 400 - 500 mm komen voor naargelang de omstandigheden en de eisen. Een voorbeeld is de vloer boven een parking: het pakket moet een hoge luchtgeluidisolatie realiseren, een thermische isolatie, en de courante zwevende chape; de dikte bedraagt ongeveer 500 mm.

#### **Voorbeeld van wand- en vloerpakketten**

Voorbeelden worden overlopen tijdens de lezing.

#### **Detailering van wand- en vloerpakketten**

Voorbeelden worden overlopen tijdens de lezing.

#### **Detailering van de technische installaties**

Voorbeelden worden overlopen tijdens de lezing.

### **II.3 De aannemer**

Het initiatief voor de bouw van appartementen gaat meestal uit van de overheid, bij sociale woningbouw, of van een promotor of investeerder, bij een privé-initiatief.

In promotiebouw, maar meer en meer ook bij de overheid, wordt vaak de formule van 'bouwteam' gebruikt. Hiermee bedoelt men, dat tijdens het ontwerp zowel de opdrachtgever, de architect als de aannemer aan tafel zitten. De inbreng van de aannemer is voornamelijk het beoordelen van uitvoeringstechnieken en het inschatten van de kostprijs.



Het geeft de kans om het ontwerp zo goed mogelijk af te stemmen op de uitvoering. Een vlotte uitvoering, korte uitvoeringstermijn en beheersing van de kosten zijn vaak belangrijke doelstellingen van dit samenwerkingsverband.

Uit het oogpunt van de akoestische kwaliteit is het een voordeel dat de aannemer inziet waarom bepaalde keuze gemaakt worden, wat precies het belang van de wand- en vloerpakketten is, en aan welke uitvoeringsdetails hij bijzondere aandacht moet besteden. Voor de architect is het belangrijk dat hij de mogelijkheden van de aannemer correct kan inschatten. Beiden vinden elkaar rond de technische thema's van het ontwerp, waaronder de akoestische kwaliteit.

## **II.4 De overheid**

Tijdens het ontwerp van het gebouw is de overheid in principe niet actief aanwezig. Nochtans zijn er twee domeinen waar er voor de overheid een actieve rol kan opnemen.

Het eerste domein is in de controle van de naleving van de akoestische normen. Tot op heden hebben de akoestische normen niet de status van wet; hun naleving moet niet aangetoond worden tijdens het ontwerp of na de oplevering. Meestal komt de norm slechts ter sprake wanneer er klachten zijn inzake akoestisch comfort.

Naar analogie met de energieprestatiereggeving, zou men ook voor de akoestische prestaties kunnen vragen om aan te tonen dat het ontwerp de norm respecteert. De middelen hiertoe, prognosemethodes voor de geluidisolatie en het installatiegeluid, zijn voorhanden. Het belangrijkste voordeel van deze aanpak is dat men verplicht aandacht besteedt aan de akoestische kwaliteit van het ontwerp. Het is een belangrijk middel om alle partijen bewust te maken van het belang van akoestisch comfort.

Een tweede domein is het uitwerken van praktijkrichtlijnen voor de woningbouw. Op basis van typeplannen en van de gebruikelijke bouwwijzen, kan men richtlijnen uitwerken voor de schikking van ruimten, wand- en vloerpakketten, en aansluitingsdetails. Praktijkrichtlijnen zijn een instrument voor de ontwerpen en de aannemer, en een bijkomende garantie voor de opdrachtgever, om een vooropgesteld akoestisch comfort te realiseren.

## **III Uitvoering en oplevering**

De uitvoering is de constructie van het gebouw volgens de plannen en het bestek. Afgezien van wijzigingen en onverwachte elementen, ligt de nadruk in deze fase op de uitvoering conform het ontwerp.

De (voorlopige) oplevering is het moment waarop men vaststelt of het gebouw voldoet aan de vooropgestelde prestaties.

### **III.1 De bouwheer**

Voor de bouwheer is de (voorlopige) oplevering het belangrijke moment. De voorlopige oplevering is een akkoord met de werken na een meestal uitsluitend visuele inspectie. Verborgen gebreken komen niet onmiddellijk aan het licht. Indien men geen akoestische proeven doet, is het onmogelijk om bij de voorlopige oplevering de akoestische kwaliteit goed te keuren. De bouwheer moet dan de periode tussen de voorlopige en de definitieve oplevering gebruiken om na te gaan - door ondervinding - of het akoestisch comfort aan zijn verwachtingen beantwoordt. Is dit niet het geval, dan kan enkel een meting uitsluitsel geven over de akoestische prestaties.

Omdat bij grotere projecten de kans op een klacht inzake akoestisch comfort reëel is - zie de percentages tevreden - is het aan te bevelen om bij de voorlopige oplevering een akoestische metingen uit te voeren in een representatief aantal situaties.

### **III.2 De ontwerper**

De ontwerper heeft de verplichting toe te zien op de werken. In de meeste gevallen is dit toezicht niet permanent. De ontwerper kan bijgevolg onmogelijk verantwoordelijk zijn voor elk onderdeel van de uitvoering, in het bijzonder voor zeer gevoelige delen, zoals de plaatsing van zwevende chapes.

Om dit probleem enigszins te ondervangen, is het aangewezen om tijdens de uitvoering momenten in te lassen waarop de ontwerper en de aannemer de uitvoering samen overleggen. Het gaat onder meer om de volgende ogenblikken tijdens de uitvoering:

- De aanzet van gebouwdelen met belangrijke (akoestische) zettingsvoegen.
- De aanzet van (ankerloze) spouwmuren tussen gebouwdelen.
- De start van de uitvoering van de zwevende dekvloeren.
- De start van de uitvoering van de vloerbedekking en het aanbrengen van de plinten.
- De start van de montage van ramen en hun aansluitingen met de ruwbouw.
- De start van de pleisterwerken, in het bijzonder de aansluiting met de ramen en de afwerking van akoestische voegen.
- De start van de montage van leidingen en hun trillingsdempende bevestiging.

Deze werken kunnen pas starten wanneer alle partijen, in het bijzonder de aannemer en zijn onderaannemers, grondig op de hoogte zijn van de te volgen uitvoeringstechniek.

Tijdens de werken is het mogelijk om met metingen de kwaliteit van de uitvoering na te gaan. Dit geldt in het bijzonder voor de zwevende vloeren en de ankerloze spouwmuren, waarvan men de goede uitvoering eenvoudig in situ kan nameten. Een meting tijdens de werken laat toe om op tijd in te grijpen, mocht het resultaat onvoldoende zijn.

Zowel de ontwerper als de aannemer hebben er belang bij, voor de voorlopige oplevering, de akoestische isolatie van het gebouw te controleren aan de hand van een representatieve steekproef. Het geeft de zekerheid dat het concept en de uitvoering beantwoorden aan de doelstellingen. Individuele klachten kan men nog steeds onderzoeken: lokale fouten in de uitvoering zijn niet uit te sluiten. Maar gemiddeld genomen kan men het gebouw na een gunstige controlemeting akoestisch in orde verklaren.

### **III.3 De aannemer**

De uitvoering is voor de aannemer de belangrijkste fase. Het is van groot belang dat hij bij de aanvang van de werken met de ontwerper de gevoelige punten van de uitvoering doorneemt.

Inzake de controle op de uitvoering en de oplevering van de werken, is het ook voor de aannemer van belang om met metingen de gerealiseerde prestaties te controleren.

### **III.4 De overheid**

Wanneer de overheid de norm voor geluidisolatie oplegt (zoals dat nu is), en de toepassing tijdens het ontwerp controleert (zoals gebeurt bij de energiestatieregelgeving), is het sluitstuk een controle van de geluidisolatie in afgewerkte projecten. De bedoeling is niet in de eerste plaats om bestraffend op te treden bij gebreken, maar om het streven naar akoestische kwaliteit in de woonomgeving daadwerkelijk een impuls en een duurzaam karakter te geven.