

## Gaan akoestische voorzieningen en bouwphysica samen?

*Ing. Marc Burgmeijer*  
*M+P - raadgevende ingenieurs*  
[www.mp.nl](http://www.mp.nl)  
[MarcBurgmeijer@mp.nl](mailto:MarcBurgmeijer@mp.nl)

### Inleiding

Om een goede geluidsisolatie te bereiken bij een uitwendige of een inwendige scheidingsconstructie willen wij, als akoestisch adviseur, zoveel mogelijk massa in de constructie toevoegen. Immers een verdubbeling van massa staat in de praktijk gelijk aan ongeveer 5 dB extra geluidswering en dat is meer dan een factor drie verbetering. Helaas werkt het in 'het echte leven' niet zo:

- daar wil de architect een duurzaam maar vooral mooi product;
- de constructeur wil een zo licht mogelijk materiaal toepassen om de kosten van de fundering en draagconstructie te beheersen;
- de installatieadviseur wil een dik pakket isolatie om te voldoen aan de energieprestatie en om de capaciteit van de installatie te beperken;
- de aannemer wil graag snel en goedkoop bouwen;
- de opdrachtgever wil een mooi, duurzaam, energiezuinig en goedkoop gebouw.

In veel gevallen conflicterende doelstellingen. Aangezien er toch een gebouw neergezet moet worden zullen er dus compromissen gesloten worden.

**Figuur 1** Eigenlijk willen wij dus dit:



**Figuur 2** maar komt er soms dit:



## Probleemstelling

Als we kijken naar een scheidingconstructie zijn de volgende (bouw-)fysische eigenschappen van belang:

- geluidsisolatie;
- warmteweerstand;
- lichtdoorlatendheid;
- zinstraling (dit is meer dan alleen zichtbaar licht!);
- dampremming;
- warmteaccumulatie.

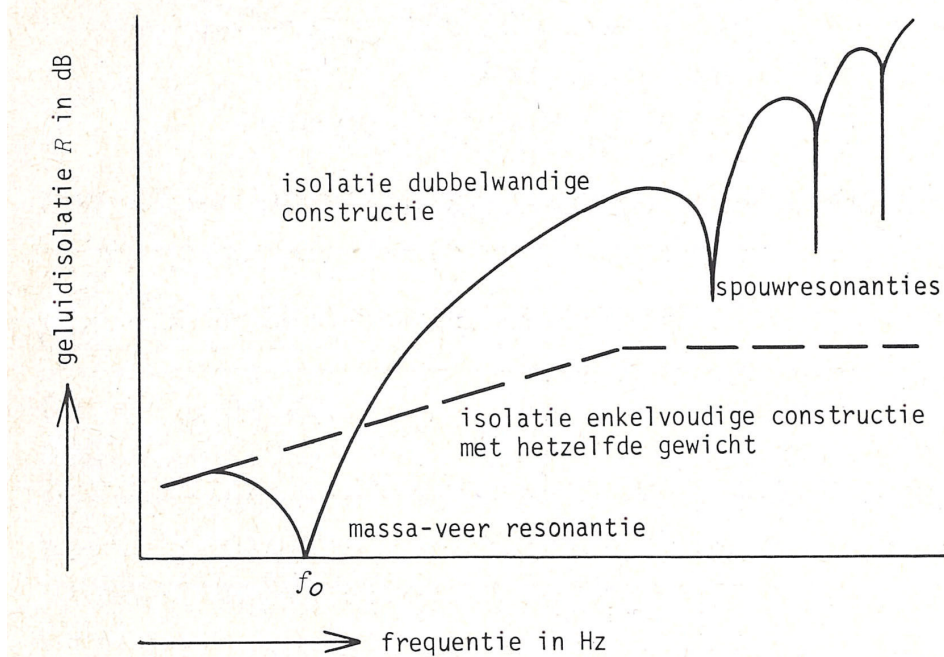
We beschouwen de geluidsisolatie in relatie tot de overig vijf genoemde eigenschappen.

## Dichte gevelconstructies

Tot ongeveer het begin van de vorige eeuw zijn steenachtige gevels vrijwel altijd homogeen opgebouwd. Dit wil zeggen meestal massieve steens muren met een dikte van ongeveer 220 mm. Massieve constructies hebben eigenlijk twee grote nadelen. Ten eerste zijn ze slecht qua thermische isolatie, ongeveer  $R_c \approx 0,2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ , daar waar tegenwoordig een  $R_c = 2,5$  tot  $4,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  gangbaar is. Ten tweede is er kans op vochtdoorslag. In eerste instantie, om de kans op vochtdoorslag te beperken, is men er toe overgegaan muren samen te stellen uit twee delen met een luchtsponw ertussen. Behalve beperking van vochtdoorslag heeft de luchtlaag in de spouw een positieve bijdrage aan de isolatie. Een constructie bestaande uit twee spouwbladen van 100 mm en een spouw van minimaal 10 mm heeft een  $R_c$ -waarde van  $\approx 0,4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Een verdubbeling van de thermische isolatie dus. Op zich mooi, maar er kleeft een nadeel aan deze constructie. Een spouwconstructie gedraagt zich als een massaveer-systeem. Karakteristiek is een dip in de geluidsisolatie rond de resonantiefrequentie. Dit wordt weer goedge maakt door de verhoogde geluidsisolatie bij hogere frequenties hoewel hier resonanties vanwege de spouwafstand weer een rol gaan spelen.

Nu valt de invloed van de resonantiedip bij een spouwmuur van circa  $400 \text{ kg/m}^2$  op de geluidsisolatie wel mee. Deze treedt op bij een frequentie rond de 20 Hz en speelt hiermee geen rol in de beschouwde geluidsisolatie. Vaak worden er pas eisen gesteld aan de isolatie vanaf 125 Hz. Bovendien wordt er ook veelal mineraalwol isolatie in de spouw opgenomen die behalve voor thermisch gunstige eigenschappen, er ook voor zorgt dat spouwresonanties minder scherp optreden. Een massieve muur van  $400 \text{ kg/m}^2$  heeft een geluidsisolatie  $R_A = 49 \text{ dB(A)}$  versus een spouwmuur met dezelfde massa van  $R_A = 51 \text{ dB(A)}$  Een geïsoleerde steenachtige spouwmuur is dus een prima constructie.

Figuur 3 isolatiewaarde van een spouwconstructie in relatie tot een enkelvoudige constructie



Anders wordt het als een spouwconstructie licht wordt uitgevoerd. Vooral houtskeletbouw elementen blijven achter in isolatiewaarde bij de lagere frequenties vanwege hun geringe massa terwijl de thermische isolatie meestal dik in orde is. Door het toepassen van dampremmende folies aan de binnenzijde wordt de kans op inwendige condensatie beperkt. Hetzelfde geldt voor samengestelde sandwichpanelen. In de handel zijn sandwichpanelen met resolharsschuim van 55 mm dikte en een bijbehorende  $R_c$ -waarde van  $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Vanwege de geringe massa en hoge stijfheid zal de geluidsisolatie niet meer bedragen dan circa 25 dB(A).

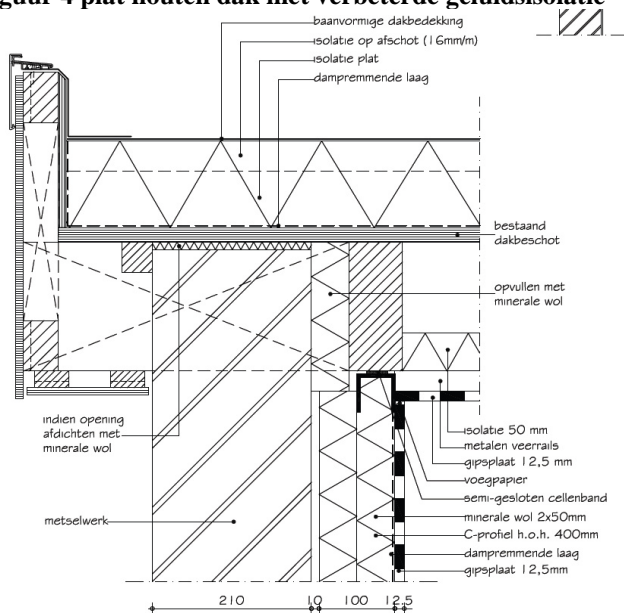
Bij lichte geveldelen is bovendien nauwelijks sprake van enige warmteaccumulatie. Het klimaat in de binnenruimte is gevoelig voor temperatuurschommelingen. Beide bovenstaande gevelelementen hebben hun specifieke toepassingsgebied en kunnen niet zondermeer worden toegepast in een geluidsbelaste situatie.

### Dakconstructies

Bij gestapelde bouw is de trend om de bouwconstructie op te bouwen met betonnen vloeren en daken. Met betrekking tot geluidsisolatie zijn betondaken meestal uitstekend. Vaak worden bij appartementen kanaalplaten met een massa van meer dan  $250 \text{ kg/m}^2$  toegepast. Deze worden dan voorzien van een dik isolatiepakket aan de buitenzijde.  $R_c$ -waarde 2,5 tot  $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ , geluidsisolatie  $R_A$  vanaf 45 dB(A).

Dit in tegenstelling tot lichte platte daken. Zo heeft een dak bestaande uit een houten balklaag met houten dakbeschoot waarop een dampremmende laag, isolatie en een bitumineuze dakbedekking uitstekende thermische eigenschappen maar een slechte geluidsisolatie. Deze bedraagt niet meer dan 25 dB(A). Om dit te verbeteren wordt vaak massa toegevoegd in de vorm van grind, wordt er een spouw gecreëerd door een (verend) plafond aan te brengen en wordt er isolatie in de spouw aangebracht om de optredende spouwresonanties te onderdrukken. Uiteindelijk is met kunst en vliegwerk een geluidsisolatie haalbaar van  $R_A = 38$  dB(A)

**Figuur 4 plat houten dak met verbeterde geluidsisolatie**



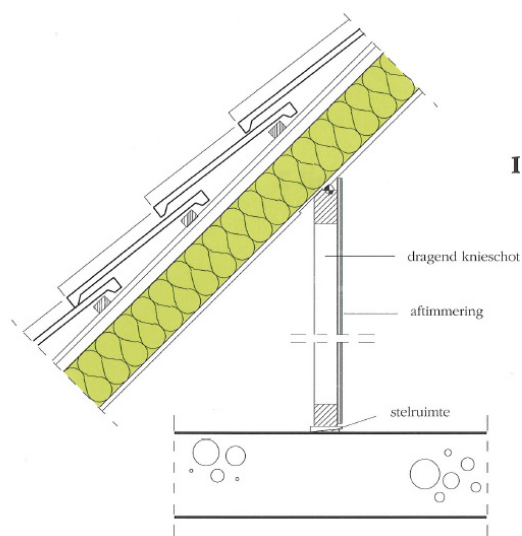
Te zien is in bovenstaand detail dat er zich zowel isolatie bevindt op het dakbeschoot als boven het plafond. Dit is bouwfysisch ongewenst, het vergroot namelijk de kans op inwendige condensatie omdat de temperatuur van het dakbeschoot zodoende wordt verlaagd. Het is daarom raadzaam om in dit geval de mineraalwol boven het plafond maar op 50% van het oppervlak aan te brengen. Deze isolatie dient immers alleen maar voor de absorptie van spouwresonanties. Ook kan eventueel een dampremmende folie worden aangebracht direct boven het plafond. In de praktijk moet je altijd kritisch zijn bij dergelijke constructies. De dampdichte laag is moeilijk goed dicht aan te brengen en wordt veelal doorboord, bijvoorbeeld bij lichtpunten in het plafond.

Vaak zie je dat vergelijkbare constructies vaak als akoestische na-isolatie worden toegepast. De kans op inwendige condensatie hangt af van de dikte van de isolatie op het dakvlak. Als deze matig is of helemaal ontbreekt is de kans hierop en dus op rot van het dakbeschoot zeer groot.

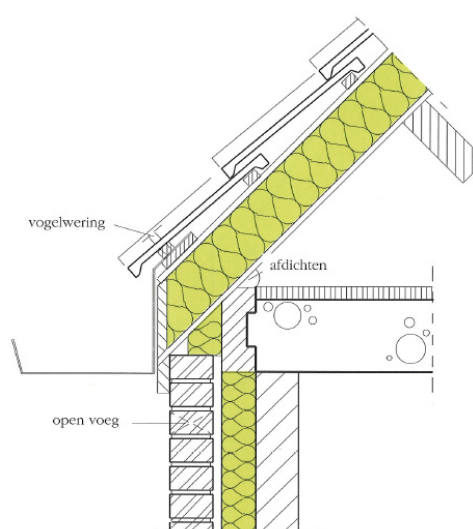


Minder kritisch qua damptransport zijn hellende pannendaken. Aangezien aan de koude zijde van het dak makkelijk waterdamp tussen de kieren van de pannen zijn weg naar buiten kan vinden. Tegenwoordig wordt er wel aan de buitenzijde op het dakbeschoot een waterkerende laag toegepast om lekwater af te voeren, maar deze is dampopen uitgevoerd middels microporeuze openingen. In de nieuwbouw worden twee types dakplaten nu veel toegepast, zelfdragende dooselementen (ook wel klapkap genoemd) en prefab dakplaten die op gordingen of spanten worden opgelegd. Bouwfysisch zijn beide constructies vergelijkbaar. Deze panelen kunnen geleverd worden met een  $R_c$ -waarde van 2,5 tot en met  $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

Figuur 5 zelfdragend dakelement



Figuur 6 sandwich dakelement



Wat betreft de geluidsisolatie is er wel een groot verschil tussen beide types dakplaten. De zelfdragende dakplaten zijn stijf en licht uitgevoerd. Het isolatiemateriaal bestaat meestal uit een schuimmateriaal. De geluidsisolatie van een dergelijk dak bedraagt circa 28 dB(A). In geluidsbelaste situaties zijn deze daken meestal niet geschikt. De sandwich dakelementen zijn in veel uitvoeringen te krijgen. De lichte varianten met PUR of PIR isolatie onderscheiden zich niet qua geluidsisolatie van de zelfdragende elementen. Gunstig is het type dakplaat dat is uitgevoerd als open doos met mineraalwolvulling en met folieafwerking aan de bovenzijde. Deze variant is minder stijf en heeft een isolatiewaarde van  $R_A = 35 \text{ dB(A)}$ . Eventueel kan, bij dit type dak, om de geluidsisolatie te verbeteren nog een (verend) plafond onder de gordingen worden aangebracht. In dat geval is het raadzaam om een dampremmende folie toe te passen boven het plafond en in de spouw over 50% van het oppervlak mineraalwol op te nemen.

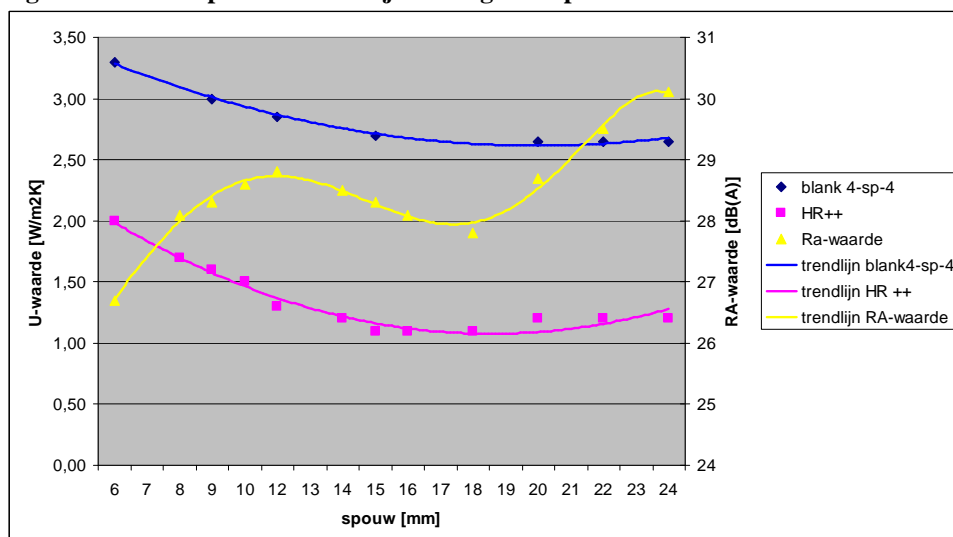
## Glas

Van alle dichte gevelelementen is het glas vaak de zwakste schakel. Dit geldt voor zowel de thermische isolatie als voor geluidsisolatie en vanwege ongewenste zoninstraling waardoor oververhitting kan optreden. Enkel glas heeft een van  $R_c$ -waarde  $0,01 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ . Eigenlijk

dankt enkel glas zijn uiteindelijke thermische isolatiewaarde alleen aan het stilstaande laagje lucht vlak op het glas, de overgangsweerstand. Aangezien dergelijke  $R_c$ -waarden er nogal dramatisch uitzien wordt de isolatiewaarde van glas uitgedrukt in de  $U$ -waarde. Dit is de omgekeerde  $R_c$ -waarde waar de overgangsweerstanden bij zijn opgeteld. Zo lijkt het nog wat.

Een hardnekkige misvatting is dat dubbel glas beter geluidsisolerend is dan enkel glas. Dit is absoluut niet waar, zowel enkel glas 8 mm, als dubbel glas 4-12-4 hebben een geluidsisolatie van  $R_A = 29$  dB(A). In sommige gevallen kan zelfs dubbel glas minder presteren dan een enkele ruit van gelijke dikte. Dit als gevolg van massa-veer resonanties zoals we eerder hebben gezien bij andere spouwconstructies. Voor geluidsisolatie en thermische isolatie gelden er verschillende optima qua dubbel glas samenstelling.

Figuur 7 invloed spouwbreedte bij isolatieglas 4-sp-4



Uit de bovenstaande grafiek kunnen we afleiden dat voor isolatieglas met een samenstelling 4-sp-4 er een optimum is voor de thermische isolatie bij een spouwbreedte van ongeveer 18 mm. Juist bij deze spouwbreedte is er ook sprake van een sterke resonantie. Overigens zal bij het toepassen van dikkere ruiten de genoemde dip bij een kleinere spouwbreedte optreden.

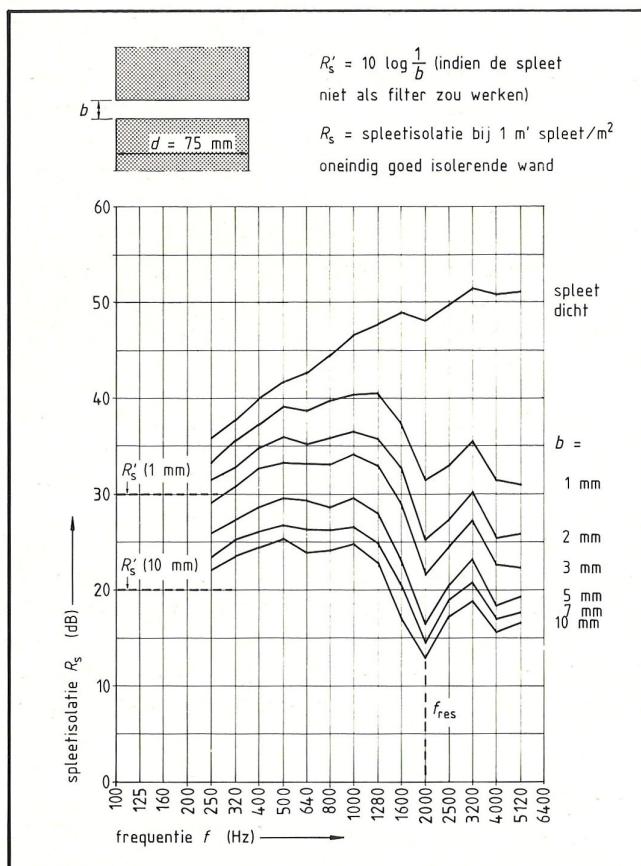
Enkele jaren geleden dacht men het ei van Columbus te hebben gevonden door een speciaal akoestisch gas in het dubbelglas te pompen. Helaas geeft dit gas alleen verbetering voor de geluidsisolatie in de hogere frequenties, dus meestal niet interessant. Verder holt de thermische isolatie hard achteruit vanwege specifieke eigenschappen van het gas. HR ++ isolatieglas met SF6 gas is niet mogelijk, en dit gas wordt daarom nog zelden toegepast. Tegenwoordig wordt, indien er eisen worden gesteld aan de geluidswering van glas, speciale dubbelglas samenstellingen toegepast. Deze ruiten kunnen bijvoorbeeld één- of tweezijdig zijn voorzien van een gelaagde ruit met akoestische folie. Deze samenstellingen kunnen ook uitgevoerd worden met bijvoorbeeld zonwerende- of extra thermisch isolerende coatings.

In het geval van saneringsprojecten kan echter het toepassen van dubbele beglazing of het toepassen van voorzetramen in combinatie met een goede kierdichting tot vochtproblemen leiden. Het meeste gevoelig zijn woningen waar enkel glas in een massieve gevel wordt vervangen door isolatieglas. In dergelijke panden vindt meestal ventilatie plaats middels het openzetten van ramen. Mede door het dichtzetten van bestaande kieren en naden kan de luchtvochtigheid in de woning vrij hoog oplopen door het gebrek aan (ongewenste) ventilatie. In de 'oude' situatie was het zo dat in dit geval condensatie plaatsvond tegen het glas. Dit vocht kan op zich weinig kwaad en was voor bewoners het teken dat er geventileerd moest worden. Na het aanbrengen van isolatieglas valt dit signaal weg zodat er minder geventileerd wordt. Condensatie vindt dan plaats, niet tegen het glas maar tegen de koudste constructie, veelal de gevel met als gevolg schimmelplekken.

## Ventilatie

Het laatste wat een akoesticus wil is een opening in de gevel. Vroeger kreeg je die er gratis bij door allerlei openstaande naden en kieren in de gevel. Soms handig voor de ventilatie maar dramatisch voor de geluidsisolatie. Bij de minste opening in de gevel neemt de geluidsisolatie hard af.

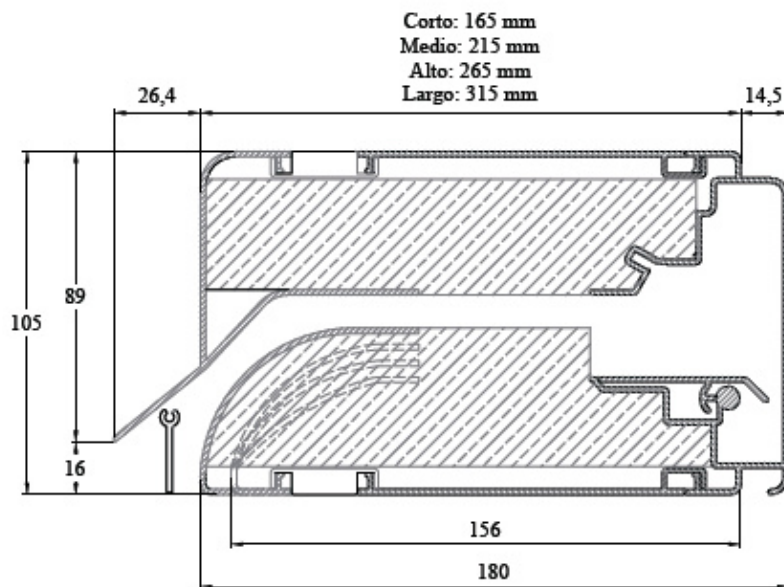
**Figuur 8 invloed kieren op geluidswering**



Voor de geluidswering is een balansventilatie het meest prachtige systeem dat er is. De openingen van het systeem zitten op het dak en dragen niet bij in de geluidswering. Warmteterugwinning is mogelijk, tochtverschijnselen worden voorkomen en het systeem wordt afgesteld op de ventilatiebehoefte. Je zou denken een win-win situatie, niets is echter minder waar. De onderhoudsgevoeligheid van een balanssysteem en het feit dat de bewoners niet actief de ventilatie kunnen regelen blijken belangrijke minpunten te zijn. Het systeem met natuurlijke toevoer heeft zijn weg weer in de markt teruggevonden. Moeten we toch weer een gat in de gevel maken.

We brengen ventilatieroosters aan in of op de kozijnen en de minimale ventilatie regelen we door afzuigpunten in de keuken, op het toilet en badkamer aan te brengen. Voor de geluidswering willen we de lengte van het rooster zo klein mogelijk houden. Dit kan echter niet onbeperkt, hoe kleiner het rooster des te groter de luchtsnelheid en daardoor de kans op tocht. Nu heeft een ventilatierooster de vervelende eigenschap dat het ding bij harde wind veel beter werkt dan bij windstil weer. Daarom is het lastiger om met ventilatieroosters te voldoen aan de strenge eisen voor de energiezuinigheid. Daarop is weer een slimigheidje verzonnen. Door een klepje op te nemen in het rooster wordt de luchtdoorlatendheid beperkt en is de hoeveelheid ventilatielucht veel constanter. Er wordt dan gesproken van zelfregelende roosters. Door in deze dingen absorptiemateriaal op te nemen zijn er tegenwoordig ook zelfregelende suskasten te verkrijgen. De maximaal haalbare demping van suskasten bedraagt ongeveer 40 dB(A), dit zijn dan wel kasten met een diepte van 300 mm of meer.

**Figuur 9** voorbeeld van een zelfregelende suskast







## **Conclusie**

Buiten de hierboven aangestipte aspecten van geluidswering en bouwfysica zijn er natuurlijke nog tientallen situaties te bedenken waarbij een goede bouwfysische constructie niet altijd een goede geluidsisolerende constructie hoeft te zijn en vice versa. Door een goede materiaalkeuze te maken en een juiste constructieopbouw kan echter zonder meer aan beide aspecten worden voldaan. Het antwoord op de vraag “*Gaan akoestische voorzieningen en bouwfysica samen?*” is dus...”*ja hoor, dat gaat prima.*”