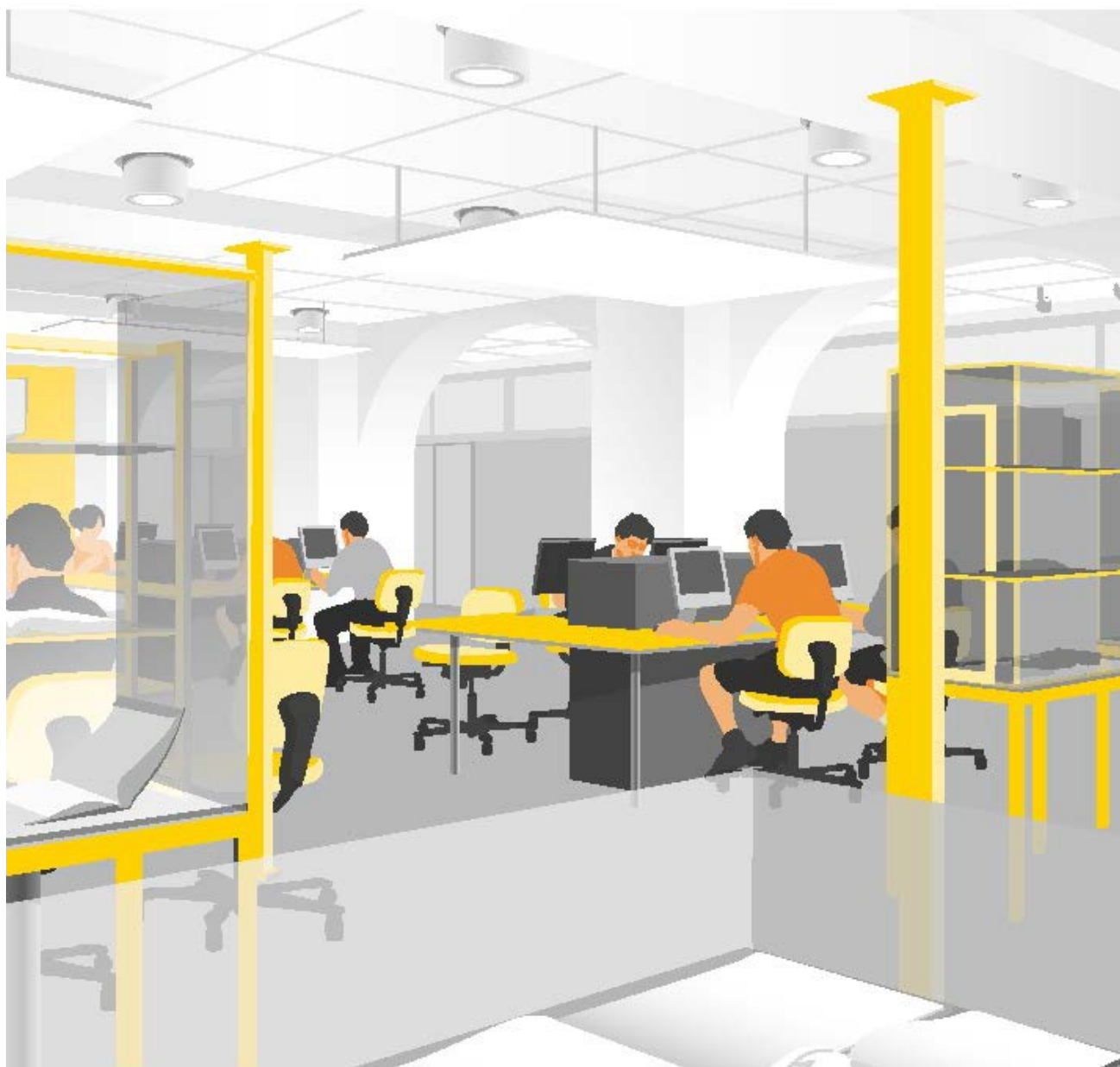


Kennisgids

Geluidsabsorptie - vrijhangende units vs. volledig plafond



Ecophon[®]
SAINT-GOBAIN

A SOUND EFFECT ON PEOPLE

Index

- 1. Standaarden**
- 2. Ruimte methode om geluidsabsorptie te meten**
- 3. Geluidsabsorberende vrijhangende eilanden**
- 4. Akoestisch ontwerp met vrijhangende eilanden**
- 5. Vrijhangende eilanden versus wand-tot-wand plafond**
- 6. Geluidsabsorptie en verschillende vormen van Ecophon Solo**
- 7. Vereenvoudigde benadering voor akoestisch ontwerp met Ecophon Solo**
- 8. Het specificeren van de absorptie voor de Master Matrix**
- 9. Het effect van verschillende bedekkingsgraden**

1. Standaarden

Voor de meeste van onze producten, worden de geluidsabsorberende eigenschappen bepaald door twee standaarden: ISO 354 en ISO 11654. ISO 354 is een basismethode waar de absorptie gemeten wordt in een nagalmkamer. Deze standaard beschrijft methodes voor het meten van, zowel een gedefinieerd oppervlak van absorbers zoals onze plafonds, als methoden om de absorptie van losse elementen te bepalen, zoals onze Solo panelen. De standaard beschrijft ook hoe baffles gemeten worden.

ISO 11654 geeft verder informatie over hoe we de akoestische data van de ISO 354 kunnen vereenvoudigen. De methode is bedoeld voor absorberende plafonds en niet voor losse elementen, zoals vrijhangende eilanden. ISO 11654 laat zien hoe we de derde octaafband van absorptiecoëfficiënten uit de ISO 354 kunnen vertalen naar een praktische absorptiecoëfficiënt α_p . De eengetalswaarde α_w is berekend door het vergelijken van de praktische absorptiecoëfficiënten met de referentiecijve. Gebaseerd op de α_w waarde, kunnen de absorbers geclassificeerd worden in klassen A tot E en niet gekwalificeerd, waarbij A correspondeert met producten met een α_w waarde hoger of gelijk aan 0,90.

De output van de standaarden zijn:

ISO 354:2003 Akoestiek – Meting van geluidsabsorptie in een nagalmkamer

- Gedefinieerd oppervlak van absorbers
- Losse absorbers
- Baffles

ISO11654:1997 Akoestiek – Geluidabsorbers voor gebruik in gebouwen – Classificatie van geluidsabsorptie:

- Praktische absorptiecoëfficiënt α_p
- Gewogen absorptiecoëfficiënt α_w
- Absorptieklassen A tot E, niet gekwalificeerd

2. Ruimte methode om geluidsabsorptie te meten

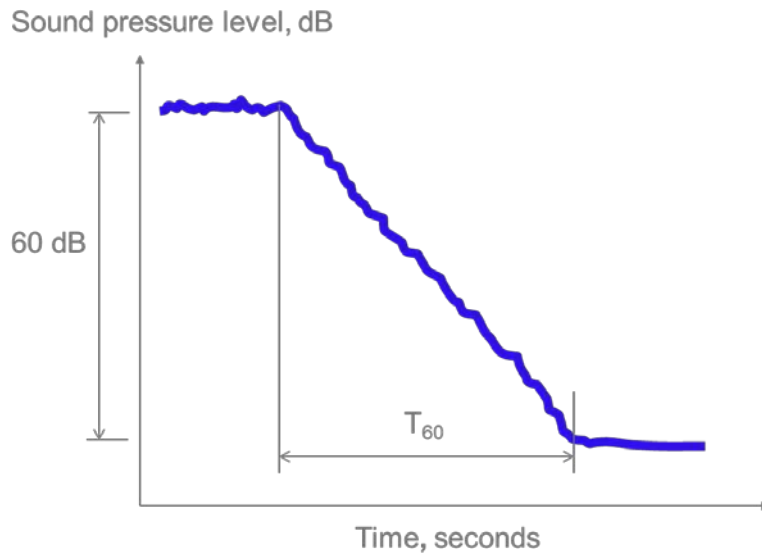
De basis voor het meten van geluidsabsorptie is Sabine's formule, welke ontdekt is aan het begin van de 20^{ste} eeuw. Het geeft een relatie weer tussen nagalmtijd in seconden, de volume van een ruimte in vierkante meter en het equivalent absorptieoppervlak in vierkante meter. Om een onderscheid te maken tussen het equivalent absorptieoppervlak en het gebied van het oppervlak, gebruiken ze de benaming sabin (kleine letters en zonder 'e') vernoemd naar de beroemde uitvinder.

De betekenis van nagalmtijd en equivalent absorptieoppervlak zal hier onder uitgelegd worden.

De Sabine formule ziet er als volgt uit:

$$T=0,16V/A$$

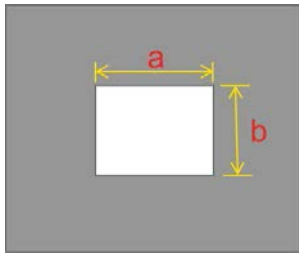
T is de nagalmtijd in seconden (s), V is het volume in de ruimte in kubieke meters (m^3) en A is het equivalent absorptieoppervlak in vierkante meter sabin (m^2 sabin). De nagalmtijd wordt gedefinieerd als de tijd die er nodig is om het geluidsniveau met 60 dB te laten afnemen nadat de geluidsbron is uitgezet. Normaal gesproken wordt de nagalmtijd gemeten en geëvalueerd op het gebied van verschillende frequenties. Vaak wordt de nagalmtijd gegeven voor de octaafbanden tussen 125 tot 4000 Hz.



Figuur 1. Definitie van nagalmtijd

Voor een gedefinieerd oppervlak van absorbers, wordt het equivalent absorptieoppervlak gegeven door de absorptiecoëfficiënt keer het oppervlak van de absorber te nemen, d.w.z. $A = \alpha \cdot S$ waar α de absorptiecoëfficiënt is en S het oppervlak van de absorber. Wanneer de absorptiecoëfficiënt 1,0 is, dan is de equivalent absorptieoppervlak gelijk aan het oppervlak van de absorber. Soms wordt het equivalent absorptieoppervlak 'open raam' genoemd. De reden is dat een absorber met een oppervlakte S en een absorptiecoëfficiënt van α dezelfde hoeveelheid geluidsenergie zal absorberen als een open raam met oppervlakte $A = \alpha \cdot S$. Er wordt aangenomen dat een open raam een absorptie coëfficiënt heeft van 1.0.

Voorbeeld: Een absorberend wandpaneel met een oppervlakte van $2.7 \times 1.2 = 3.24 \text{ m}^2$ heeft een absorptiecoëfficiënt van 0.70 bij 250 Hz. Het equivalent absorptieoppervlak bij 250 Hz is dan $A = 0.70 \times 3.24 = 2.27 \text{ m}^2$ sabin. Gebruikmakend van het open raam algoritme betekent dit dat een open raam ($\alpha = 1.0$) met een oppervlak van 2.27 m^2 dezelfde hoeveelheid geluidsenergie absorbeert als een wandpaneel met een oppervlak van 3.24 m^2 en een absorptiecoëfficiënt van 0.70.



“Open window”
 $A = S = a \times b$

Figuur 2. Het equivalente absorptieoppervlak voor een open raam ($\alpha = 1.0$) is gelijk aan het oppervlak van het raam.

De Sabine formule neemt aan dat het geluidsveld in de ruimte diffuus is. Een diffuus geluidsveld betekent dat dezelfde hoeveelheid geluidsenergie zich verplaatst in alle richtingen. Om dit in een normale situatie te creëren, is een ruimte nodig met reflecterende wanden en veel geluid diffuserende objecten. Een nagalmkamer, figuur 3, is zo gebouwd dat er een diffuus geluidsveld wordt gecreëerd. Dit type ruimtes worden gebruikt voor de absorptie efficiëntie van verschillende type absorbers.



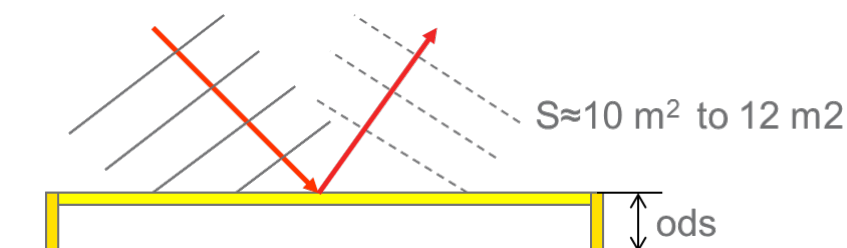
Als de absorber een gedefinieerd oppervlak is dat wordt blootgesteld aan geluid, zoals bijvoorbeeld onze plafondabsorbers, dan kan een absorptiecoëfficiënt worden berekend door het equivalent absorptieoppervlak te delen door de oppervlakte van de panelen dat is blootgesteld aan geluid. De absorptiecoëfficiënt wordt gegeven door:

$$\alpha = A_{\text{abs}} / S$$

S is de oppervlakte van het absorptie testgedeelte

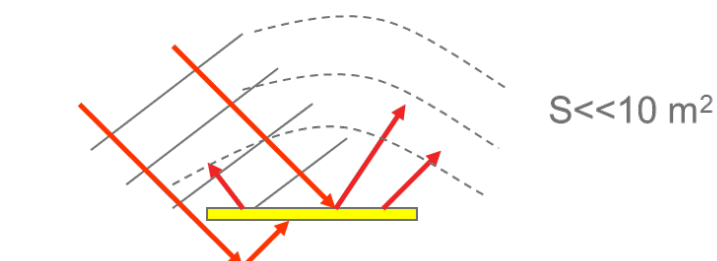
Als de absorber klein is of het heeft geen gedefinieerd oppervlak dat wordt blootgesteld aan geluid, dan is het niet relevant of mogelijk om de absorptiecoëfficiënt te berekenen. Echter, we kunnen wel nog steeds het equivalent absorptieoppervlak gebruiken om de absorptie-efficiëntie te meten. Dit is erg zinvol en een belangrijke eigenschap van de formule van Sabine wat betekent dat zelfs voor niet vlakke objecten zoals meubilair, mensen, etc. de absorptie-efficiëntie gekwantificeerd kan worden door het equivalente absorptieoppervlak.

Normaal gesproken, wanneer we de absorptiecoëfficiënt van een absorberend plafond meten wordt dit uitgevoerd met een bepaalde afhanghoogte. Wanneer we gaan meten met verschillende afhanghoogtes (afhanghoogte onderkant plafond (o.d.s.), worden de panelen omringd met een frame met een hoogte gelijk aan de o.d.s., zie figuur 4. De o.d.s. is gedefinieerd als de afstand tussen de vloer en de bovenkant van de paneel dat wordt blootgesteld aan geluid. Wanneer het frame gebruikt wordt, wordt maar 1 kant van het paneel direct blootgesteld aan geluid. Voor nagalmkamers met een reguliere oppervlakte ($V=200\text{m}^3$), is het testoppervlak tussen de 10 en 12 m^2 .



Figuur 4. Montagesituatie voor metingen van absorptie-coëfficiënten in een nagalmkamer.

Wanneer kleinere units gemeten worden die meer of minder worden blootgesteld aan geluid, bijvoorbeeld onze Solo producten, is het niet gepast om de absorptiecoëfficiënt te meten aangezien hier geen sprake is van een gedefinieerd oppervlak. Afhankelijk van de afstand tussen de vloer en het paneel, wordt in meer of mindere mate de achterkant van het paneel blootgesteld aan geluid, zie figuur 5. Dit type absorbers wordt soms volume absorbers genoemd. Alhoewel we bij de Sabines formule niet hoeven refereren aan een gedefinieerd oppervlak, gebruiken we equivalent absorptieoppervlak om de absorptie-efficiëntie te bepalen.



Figuur 5. Equivalent absorptieoppervlak wordt gebruikt om de absorptie van volume absorbers te kwantificeren.

Wanneer het equivalent absorptieoppervlak gemeten wordt voor vrijhangende eilanden in een nagalmkamer is het normaal gesproken nodig om verschillende toepassingen te meten op dezelfde tijd. Dit komt door de eisen in ISO 354 waarin staat dat het equivalent absorptieoppervlak in een ruimte groter moet zijn dan 1 m^2 sabin, maar minder dan 12 m^2 sabin. Normaal gesproken is de lage absorptie-efficiëntie bij lage frequentie bepalend voor het aantal testen. Een andere eis is dat de testoppervlakken tenminste 2 meter uit elkaar moeten zijn.

Soms kan het moeilijk zijn om aan beide eisen te voldoen. Bijvoorbeeld, als het equivalent absorptieoppervlak A_{tot} , gemeten is uit drie testvlakken, het equivalent absorptieoppervlak per testvlak gegeven door $A_{\text{sample}}=A_{\text{tot}}/3$.

3. Geluidsabsorberende vrijhangende eilanden

Het gebruik van vrijhangende eilanden geeft flexibiliteit en een veelvoud aan akoestische oplossingen voor een akoestisch ontwerp. Vrijhangende eilanden kunnen een efficiënte manier zijn om absorptie in een ruimte toe te voegen. Vrijhangende eilanden hebben als voordeel dat het geluid verdeeld wordt rondom de panelen, waardoor een groter oppervlak van de absorber in contact komt met het geluidsveld.

In grote rumoerige omgevingen zoals open kantoortuinen, restaurants, winkelcentra, etc kunnen vrijhangende eilanden worden geïnstalleerd dicht bij de werkzones of overige locaties waar akoestische verbetering nodig is om de geschikte voorwaarden voor communicatie of concentratie te bereiken. Vrijhangende eilanden dragen bij om een specifiek, gelokaliseerde geluidsomgeving in grote ruimtes te creëren. Zulke ruimtes kunnen bijvoorbeeld receptie- en informatiebalies zijn, of horecaruimtes, die zich bevinden in grotere lawaaiige omgevingen.

In de ruimtes waar, om verschillende redenen, een plafond van wand-tot-wand niet kan worden toegepast, bijvoorbeeld wanneer temperatuur geregeld wordt via de betonvloeren (Thermisch geactiveerd bouwsysteem, TABS) of waar grote zones van glas zijn kunnen vrijhangende eilanden een manier zijn om een goede akoestische omgeving te creëren. De vrijhangende eilanden kunnen zowel als horizontaal opgehangen paneel of als baffle worden toegepast.

Absorberende vrijhangende eilanden kunnen ook gebruikt worden in omgevingen waar absorberende plafonds onvoldoende absorptie kunnen leveren. De akoestische omgeving kan verbeterd worden door reductie van het geluidniveau en vermindering van de geluidsvoortplanting in de ruimte met het plaatsen van horizontaal opgehangen absorbers of baffles.

De subjectieve effecten van het gebruik van vrijhangende eilanden zijn:

- Toename spraak/ en luistercomfort
- Verminderde stress en stress gerelateerde symptomen
- Minder vocale inspanning
- Betere concentratie

Rond het vrijhangende eiland manifesteert het akoestisch effect zich als:

- Verminderde geluidsverspreiding
- Geluidsreductie in de nabijheid van de vrijhangende eilanden
- Verbeterd direct gehoor
- Verbeterde spraakverstaanbaarheid
- Kortere nagalmtijd

In open-ruimtes kunnen vrijhangende eilanden als een aanvulling op een van wand tot wand akoestisch plafondsysteem worden gebruikt. Het installeren van vrijhangende eilanden boven werkplekken verminderen, in aanvulling op bovenstaande effecten, de geluidsoverdracht over grote afstanden en dragen bij aan een betere privacy tussen werkgroepen.

Let op: vanuit akoestisch oogpunt is een compleet wand-tot-wand plafond over het algemeen een efficiëntere oplossing dan vrijhangende eilanden. Dit geldt met name voor lagere frequenties. De absorptie van geluid bij lage frequenties is zeer belangrijk in onderwijs gebouwen en andere soorten presentatieruimtes.

4. Akoestisch ontwerp met vrijhangende eilanden

Room Acoustic Comfort™ (RAC) is een concept dat door Ecophon ontwikkeld is.

Het is een aanpak voor ruimte akoestisch ontwerp dat zich richt op optimalisatie van activiteiten door mensen in een ruimte uitgevoerd.

De kwaliteit van de geluidsomgeving hangt af van subjectieve ervaring en er dient gebruikt gemaakt te worden van de volgende objectieve parameters:

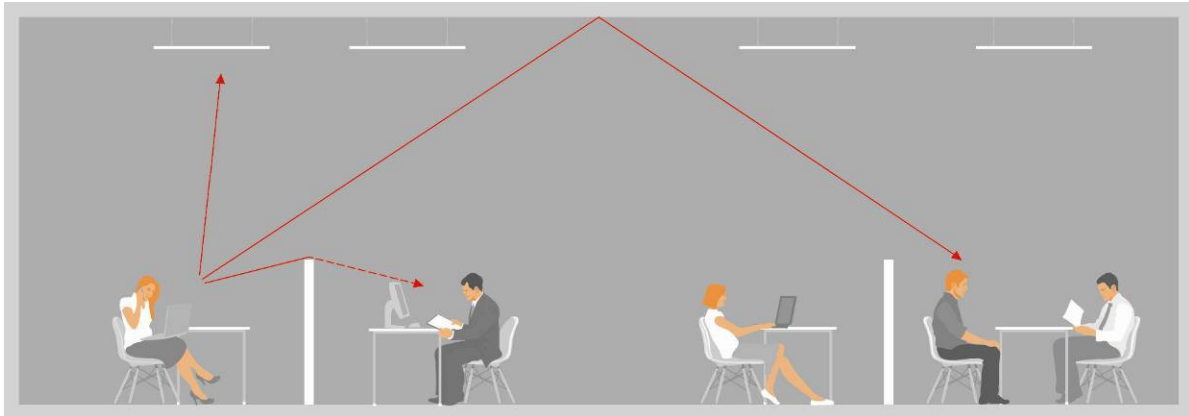
- Geluidssterkte
- Spraakverstaanbaarheid
- Geluidsverspreiding (geluidsafname over afstand)
- Nagalm

Het RAC™ concept ondersteunt verschillende fasen in het bouwproces en kan worden gebruikt om te begrijpen hoe mensen door de geluidsomgeving worden beïnvloed. Specificeer de juiste ruimte-akoestische parameters en kies daarbij de goede akoestische oplossing voor iedere specifieke ruimte. Meer informatie over de RAC gegevens vindt u op www.ecophon.nl

Onderstaand een aantal vuistregels en opmerkingen in relatie tot het akoestisch ontwerpen met Ecophon Solo.

- In gevallen waar de vrijhangende eilanden worden gebruikt als solitaire eilanden boven werkplekken moeten de absorbers zo dicht mogelijk bij de werkplek worden geïnstalleerd waardoor het diffuse achtergrondgeluid zoveel mogelijk wordt afgeschermd. De vrijhangende eilanden moeten het hele werkgebied bedekken bij voorkeur met enige overlap.
- Bij het gebruik van vrijhangende eilanden als aanvulling op een wand-tot-wand akoestisch plafond, is het vaak beter om de vrijhangende eilanden te splitsen in kleinere groepen en deze te verspreiden over het totale plafond, dan de panelen te concentreren op een bepaald gedeelte van het plafond. Opdeling in kleinere groepen zoals bij Ecophon Solo zal bijdragen aan een diffuser klankbeeld dat over het algemeen als een positievere akoestische kwaliteit wordt ervaren.
- Als een werkplek in de buurt van reflecterende wanden is gesitueerd, is het advies om wandpanelen te gebruiken als aanvulling op de Ecophon Solo vrijhangende eilanden.
- Vrijhangende eilanden dicht bij de werkplek verhogen het vermogen om geluidsbronnen te lokaliseren in de nabijheid van de werkplek. Dit zal het controlegevoel doen toenemen en zorgt voor een lager stress-niveau.

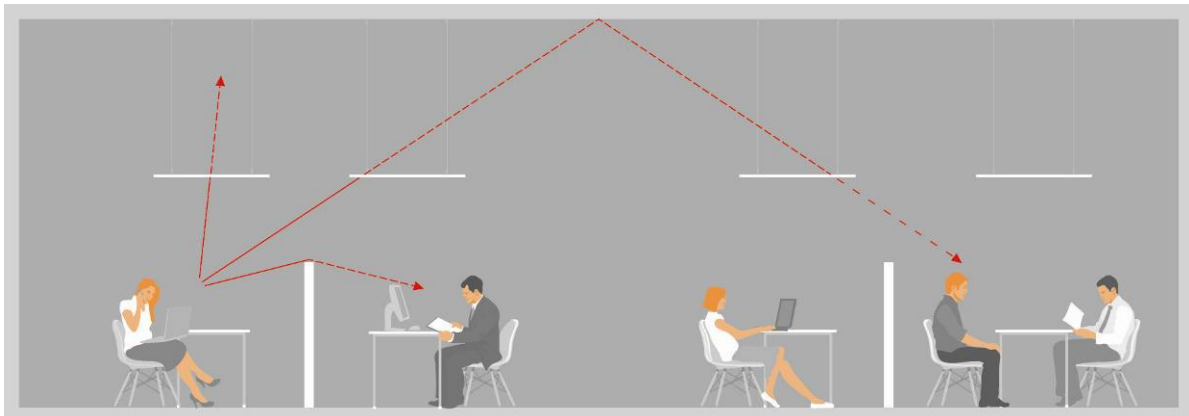
Hoge installatie



De installatie van vrijhangende eilanden kan de akoestische omstandigheden in galmende ruimtes aanzienlijk verbeteren. De verbetering is afhankelijk van het aantal panelen en de plaatsing hiervan.

Als de vrijhangende eilanden in een cluster worden gemonteerd zal het absorptieoppervlak per eiland afhangen van de afstand tussen de panelen. Door het zeer dicht op elkaar plaatsen van de panelen zal het absorberend oppervlak per paneel afnemen. Op een afstand van ongeveer 500 mm of meer tussen de panelen in een cluster zal het absorptieoppervlak per paneel overeenkomen met een enkel paneel en zal er geen verminderd effect zijn als gevolg van de clustermontage.

Lage installatie



Het gebruik van Ecophon Solo vrijhangende eilanden kunnen deze situaties oplossen of ondersteunen:

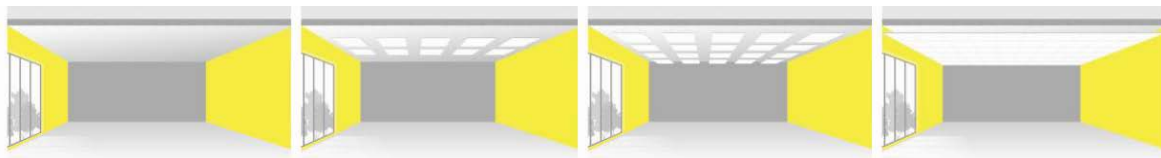
- Waar geen compleet van wand-tot-wand plafond mogelijk is.
- Waar de absorptie van bestaande plafonds ontoereikend is.

Voorbeelden hiervan zijn:

1. Het gebruik van thermisch actieve bouwsystemen (TABS)
2. Voorkomen van geluidsverspreiding in open (kantoor) ruimtes
3. Plaatselijk verbeterde akoestiek bijvoorbeeld bij receptiebalies
4. Atriums met grote glazen oppervlakken

Om het effect te illustreren tussen verschillende bedekkings-percentages van Ecophon Solo is het effect van de verschillende ruimte akoestische parameters berekend. De berekeningen zijn gebaseerd op de veronderstelling van een diffuus geluidsveld in de ruimte. Dit betekent dat in de ruimte voldoende geluidsverspreidend meubilair aanwezig is, een noodzaak om waarden in onderstaande tabel te bereiken. Gewoonlijk zijn er onvoldoende geluidsverspreidende interieurdetails in een ruimte om een diffuus geluidsveld te bereiken. De waarden in de tabel moeten als ruwe leidraad beschouwd worden. Merk op dat de waarden in de tabel verwijzen naar een gemiddelde van de midden frequenties 500 en 1000 Hz.

Een wand-tot-wand plafond is bijzonder gunstig bij de absorptie van lage frequenties. Als aanvulling op vrijhangende eilanden worden Ecophon Akusto Wall panels aanbevolen.



Lege ruimte

30 % bedekking

60 % bedekking

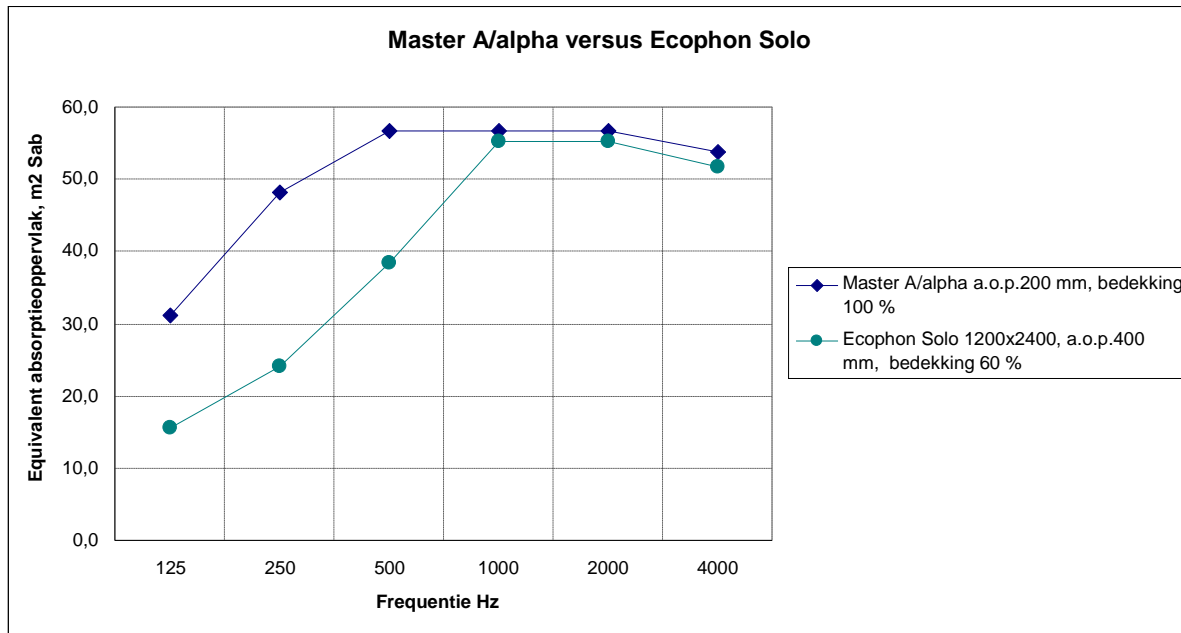
Volledig plafond

Plafond	Geen plafond	Ecophon Solo 30 % bedekking van het plafondoppervlak	Ecophon Solo 60 % bedekking van het plafondoppervlak	Volledig plafond Master A/alpha
	Zichtbare structuur	41 panelen 1200 x 1200 of 20 panelen 1200 x 2400	83 panelen 1200x1200 of 41 panelen 1200 x 2400	
Nagalmtijd	3.0 s	0.9 s	0.6 s	0.5 s
Spraakverstaanbaarheid	21%	54%	68%	75%
Geluidsafname in de ruimte	ref	- 5 dB	- 6 dB	- 8 dB

Het effect van de verschillende bedekkingspercentages Ecophon Solo vergeleken met een volledig plafond is weergegeven in de tabel. De waarden in de tabel verwijzen naar een gemiddelde in de midden frequenties van 500 Hz en 1000 Hz. Het volume van de ruimte is hoogte x breedte x lengte = 4m x 10m x 20m. Merk op dat afhankelijk van het ruimtetype sommige parameters belangrijker zijn dan andere.

5. Vrijhangend eiland versus volledig wand-tot-wand plafond

Een volledig wand-tot-wand plafond is normaal gesproken gunstiger dan vrijhangende eilanden als het gaat om akoestische prestatie. Dit is specifiek het geval bij geluidsabsorptie in de lage frequenties. Dit wordt duidelijk in onderstaande grafiek voor een typisch klaslokaal met een plafondoppervlak van 57 m². Een volledig plafond met Ecophon Master A ,afhanghoogte (a.o.p) van 200 mm wordt vergeleken met Ecophon Solo (afm. 1200 mm x 2400 mm) met een afhanghoogte van 400 mm en een bedekkingsgraad van 60 % van het plafondoppervlak.



6. Geluidsabsorptie en verschillende vormen van Ecophon Solo

Voor de akoestische karakterisering van Ecophon Solo en overige vrijhangende eilanden verschilt de procedure met die van reguliere akoestische plafonds. De praktische absorptiecoëfficiënt die gewoonlijk voor wand-tot-wand plafonds wordt gebruikt is ongeschikt voor de karakterisering van absorptie-efficiëntie van vrijhangende eilanden. De hoofdredenen hiervoor zijn:

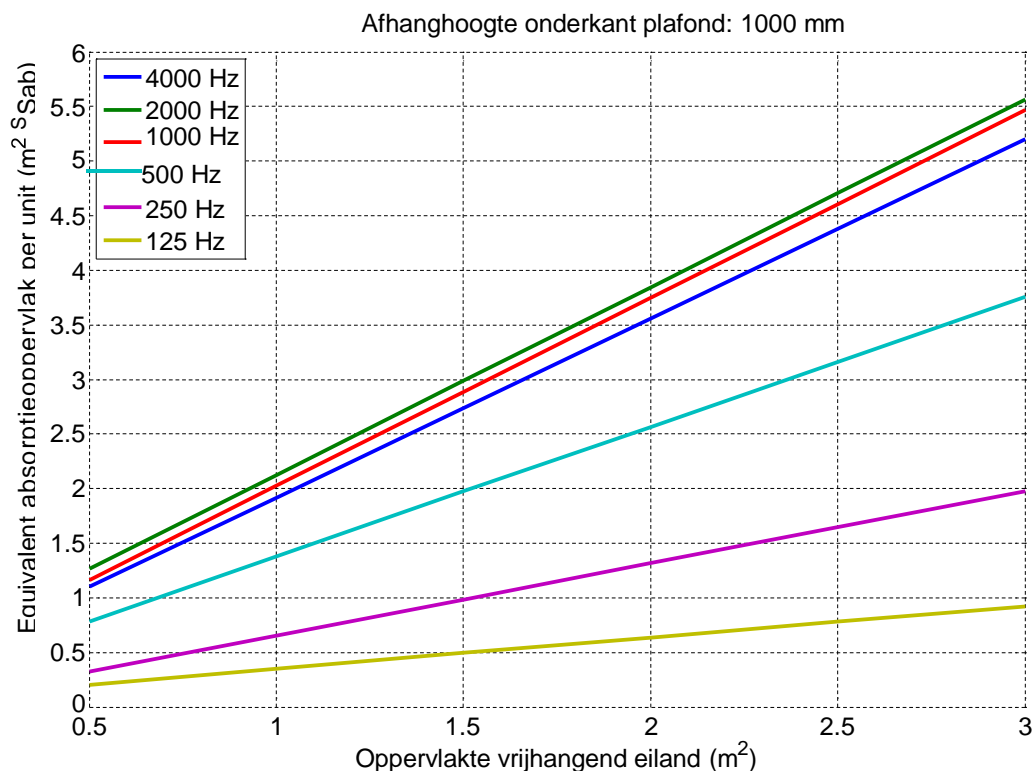
- Alle zijden van een Ecophon Solo paneel staan min of meer bloot aan geluid. Omdat het moeilijk te bepalen is in welke mate de verschillende oppervlakken blootstaan aan het geluid is het onduidelijk het percentage absorberend oppervlak te bepalen. Om de praktische absorptiecoëfficiënt te berekenen is het noodzakelijk om het gebied, blootgesteld aan het geluid, vast te stellen. Dit is eenvoudig voor een vlak absorberend plafond aangezien slechts een kant wordt blootgesteld aan invallend geluid.
- De Ecophon Solo panelen bestaan uit een uitgebreide reeks van vormen en afmetingen. Normaal gesproken zijn de afmetingen van vrijhangende eilanden klein vergeleken met akoestische plafonds en dit veroorzaakt diffractie ("buiging van geluidgolven",) een verschijnsel dat gebruik van de praktische absorptiecoëfficiënt ongeschikt maakt. Het absorberend vermogen van de vrijhangende eilanden zal afhangen van het oppervlak en in enige mate de vorm van de panelen. Dit is niet het geval voor vlakke absorberende plafonds. Deze zijn gespecificeerd door de absorptiecoëfficiënt, die verondersteld wordt onafhankelijk van het plafondoppervlak te zijn.

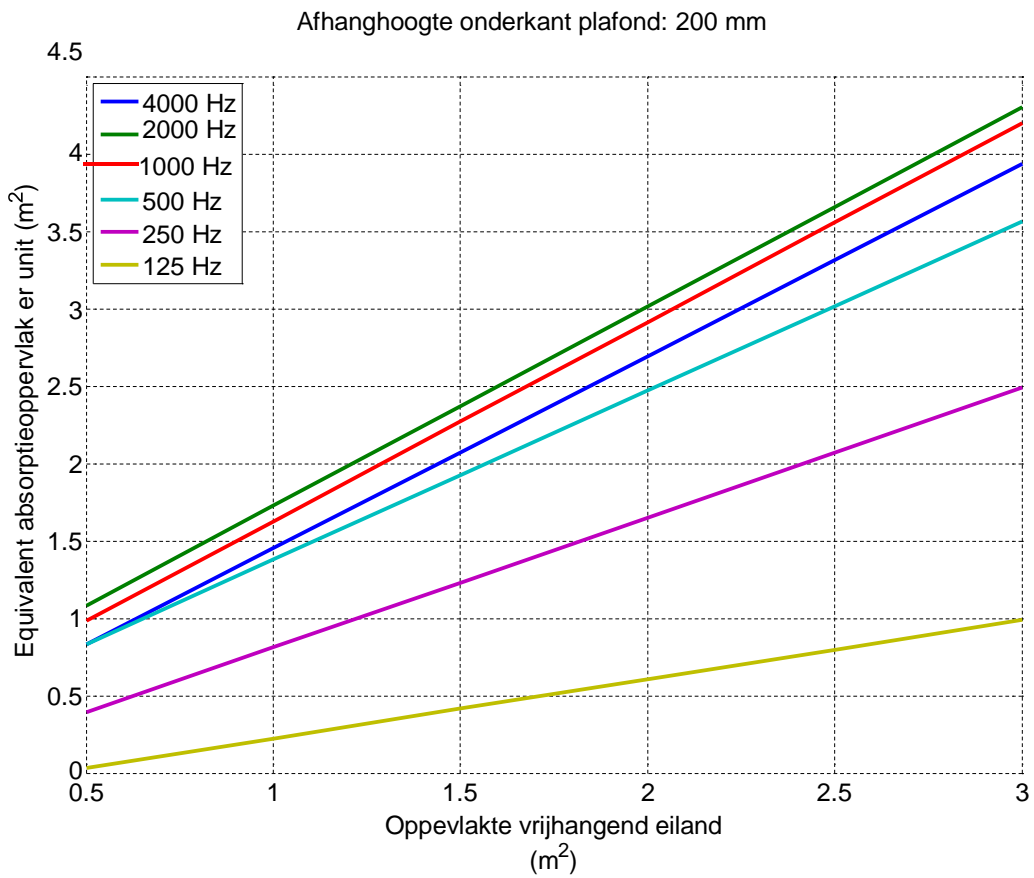
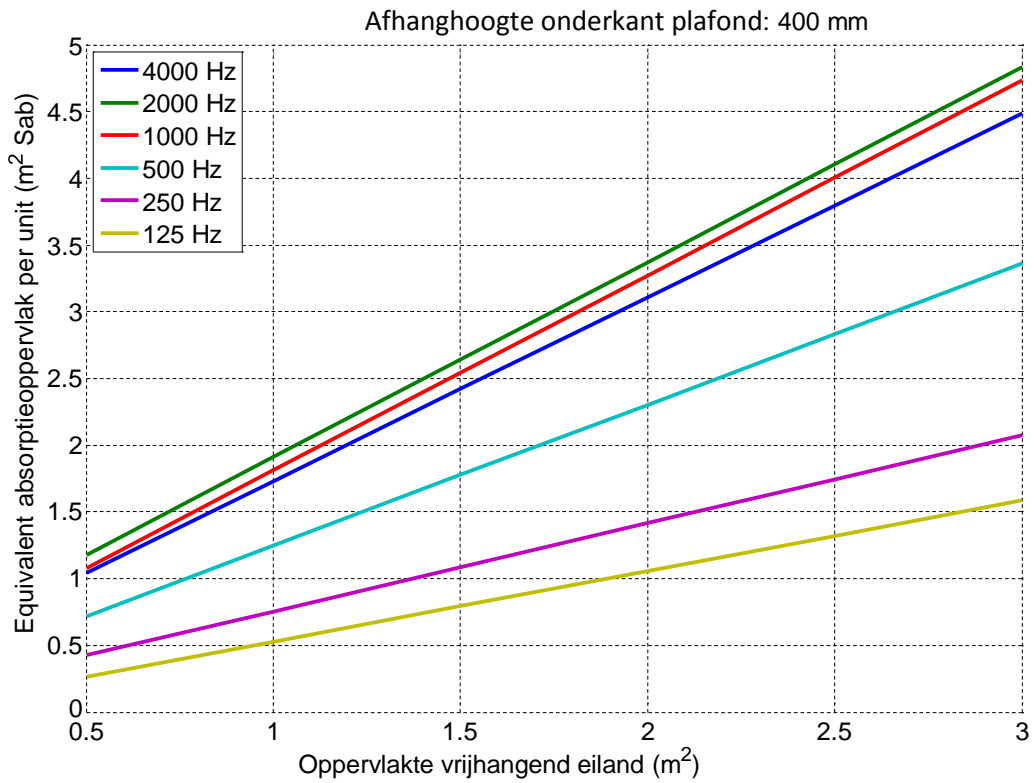
Conform ISO 354 wordt het absorberende vermogen van losse objecten zoals Ecophon Solo gekenmerkt door het gelijkwaardige absorptieoppervlak, aangeduid A. De eenheid is m^2 . Soms wordt de eenheid uitgedrukt in m^2 Sab of m^2 Sabin om te benadrukken dat er een verschil is tussen het gelijkwaardige absorptieoppervlak en de echte fysieke omgeving van het object. De maatregel is afkomstig uit de klassieke Sabine formule die de uitbreiding Sab of Sabin verklaart. Het gelijkwaardige absorptieoppervlak komt overeen met een absorptiecoëfficiënt van 1, dat wil zeggen volledig absorberend, dat komt overeen met dezelfde hoeveelheid geluidsabsorptie van het object zelf. Dit is de reden dat het gelijkwaardig absorptieoppervlak ook wel wordt aangeduid met "open raam" wat refereert aan een open raam dat alle invallende geluidsenergie absorbeert. Bijvoorbeeld: Een vrijhangend eiland met een gelijkwaardig absorptieoppervlak van $1 m^2$ Sab absorbeert dezelfde hoeveelheid geluidsenergie als een open raam met een oppervlakte van $1 m^2$. Let op, dat afhankelijk van de absorptiecoëfficiënt van het vrijhangende eiland het daadwerkelijke oppervlak van het paneel kan afwijken van $1 m^2$.

Normaalgesproken, wordt het gelijkwaardig absorptieoppervlak van vrijhangende eilanden gegeven voor de octaafbanden van 125 Hz tot 4000 Hz.

Voor de serie vrijhangende eilanden van Ecophon moeten enkele algemene uitspraken over het akoestisch gedrag worden genoemd. Het absorptieoppervlak van een Ecophon Solo paneel hangt af van de afstand tussen het plafond en het paneel. Het vergroten van de afstand tussen plafond en het Ecophon Solo paneel zal gewoonlijk het absorptieoppervlak in de midden en hoge frequenties doen toenemen, dwz tussen 500 Hz en 4000 Hz. Vanaf een bepaalde afstand, ongeveer 1 meter, is er geen extra effect meer van de toegenomen afstand en is het maximaal absorptieoppervlak bereikt.

Naast de afstand tot het plafond is het absorptieoppervlak afhankelijk van de grootte van het vrijhangend eiland. De vorm is in het algemeen minder belangrijk. De geschatte relatie tussen het paneeloppervlak en het gelijkwaardig absorptieoppervlak is weergegeven in onderstaande grafiek voor de verschillende montagehoogtes. (a.o.p)





Figuur 7. Equivalent absorptieoppervlak als functie van paneeloppervlak en voor verschillende afhanghoogtes.

Voorbeeld 1:

Schatting van het gelijkwaardig absorptieoppervlak per eenheid voor een Ecophon Solo paneel met een oppervlakte van 2 m^2 en een afhanghoogte van 1 meter.

De grafiek van de vorige pagina geeft het volgende resultaat.

Frequentie	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
A, m^2 Sab	0.6	1.3	2.6	3.8	3.9	3.6

7. Vereenvoudigde benadering voor een akoestisch design met de Ecophon Solo

Om het akoestisch design met de Ecophon Solo eenvoudiger te maken, is het equivalent absorptieoppervlak per unit voor de reguliere vormen in het Ecophon aanbod berekend. Het equivalent absorptieoppervlak per element in octaaf banden zijn gegeven in tabel 1

Tabel 1. Equivalent absorptieoppervlak per element

Product	Afm (mm)	A.o.p. (mm)	Opp.vl (m ²)	Equivalent absorptieoppervlak per unit (m ² sabin)					
				125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Ecophon Solo™ Square	800 x 800	200	0.64	0	0.5	0.9	1.2	1.2	1
		400		0.1	0.5	0.8	1.3	1.3	1.2
		1000		0.3	0.4	0.9	1.4	1.4	1.3
	1200 x 1200	200	1.44	0.5	1.1	1.9	2.2	2.2	1.9
		400		0.6	1	1.8	2.5	2.5	2.4
		1000		0.5	0.9	1.9	2.8	2.8	2.6
Ecophon Solo™ Rectangle	2400 x 1200	200	2.88	0.9	2.4	3.4	4	4.1	3.8
		400		1.3	2	3.2	4.6	4.6	4.3
		1000		0.9	1.9	3.6	5.3	5.3	5
Ecophon Solo™ Circle	ø 800	200	0.50	0.0	0.4	0.8	1.0	1.0	0.8
		400		0.1	0.4	0.7	1.1	1.1	1.0
		1000		0.2	0.3	0.8	1.2	1.2	1.1
	ø 1200	200	1.13	0.3	1	1.6	1.9	1.9	1.6
		400		0.4	0.9	1.4	2.1	2.1	1.9
		1000		0.3	0.8	1.5	2.3	2.3	2.1
Ecophon Solo™ Circle XL	ø 1600	200	2.01	1.1	1.8	2.5	3.0	3.0	2.8
		400		0.9	1.5	2.3	3.3	3.4	3.4
		1000		0.6	1.5	2.5	3.8	3.9	3.8
Ecophon Solo™ Ellipse	2400 x 1000	200	1.89	0.6	1.6	2.4	2.8	2.8	2.6
		400		0.8	1.3	2.2	3.2	3.2	3.0
		1000		0.6	1.2	2.4	3.6	3.6	3.4
Ecophon Solo™ Octagon	1200 x 1200	200	1.19	0.3	1.0	1.6	1.9	1.9	1.7
		400		0.4	0.9	1.5	2.1	2.1	2.0
		1000		0.4	0.8	1.6	2.4	2.4	2.2
Ecophon Solo™ Heptagon	1168 x 1198	200	1.03	0.2	0.8	1.4	1.7	1.7	1.5
		400		0.3	0.8	1.3	1.9	1.9	1.8
		1000		0.4	0.7	1.4	2.1	2.1	2.0
Ecophon Solo™ Hexagon	1040 x 1200	200	0.94	0.2	0.8	1.3	1.6	1.6	1.4
		400		0.3	0.7	1.2	1.8	1.8	1.6
		1000		0.3	0.6	1.3	2.0	2.0	1.8
Ecophon Solo™ Pentagon	1139 x 1198	200	0.94	0.2	0.8	1.3	1.6	1.6	1.4
		400		0.3	0.7	1.2	1.8	1.8	1.7
		1000		0.3	0.6	1.3	2.0	2.0	1.8
Ecophon Solo™ Triangle	1039 x 1200	200	0.62	0.1	0.5	1.0	1.2	1.2	1.0
		400		0.1	0.5	0.9	1.3	1.3	1.2
		1000		0.2	0.4	0.9	1.4	1.4	1.3

De volgende voorbeelden geven weer hoe de data in tabel 1 gebruikt kunnen worden om het aantal Solo panelen te berekenen die nodig zijn om de gewenste nagalmtijd of een andere hoeveelheid van equivalent absorptieoppervlak te verkrijgen in een bepaalde ruimte.

Voorbeeld 2:

De benodigde nagalmtijd in een open kantoor is een gemiddelde van 0.5 voor de octaafband in de frequentiegebieden 500 en 1000 Hz. De volume van een leeg kantoor is $2.7\text{m} \times 7.5\text{m} \times 17.7\text{m} = 358\text{m}^3$ en een plafond oppervlak van 133m^2 . De nagalmtijd voor de midden frequenties 500 en 1000 Hz is 2 seconden in een leeg kantoor.

Aangezien het plafond onderdeel is van een thermisch systeem (bijvoorbeeld betonkernactivering) in het gebouw, is het niet mogelijk om een volledig van wand-tot-wand plafond toe te passen. In plaats daarvan is een oplossing met de Solo Square (1200 x 1200) met een afhanghoogte (a.o.p.) van 200 mm toegepast.

Vraag: Hoeveel Solo Square panelen (1200x1200) worden gebruikt om te voldoen aan de eisen van de nagalmtijd?

Oplossing: Het equivalent absorptieoppervlak benodigd om de nagalmtijd van 0,5 s te bereiken wordt gegeven door Sabine's formule $A=0.16V/T$. Met de volume $V=358\text{m}^3$ en de nagalmtijd van $T=0,5\text{ s}$, krijgen we $A=0.16 \cdot 358 / 0.5 = 115\text{ m}^2\text{ sabin}$. Het equivalent absorptieoppervlak van de lege ruimte is $A_0=0.16 \cdot 358 / 2 = 29\text{ m}^2\text{ sabin}$. Daarom missen we $115 - 29 = 86\text{m}^2\text{ sabin}$.

Van tabel 1, berekenen we het gemiddelde equivalent absorptieoppervlak voor de octaafbanden 500 en 1000 Hz voor Solo Square (1200x1200). Het resultaat voor een a.o.p. van 200 mm is 2,1 m² per element.

Het aantal Solos Square panels die nodig zijn om 86m² sabin toe te voegen aan een ruimte is $86 / 2.1 = 41$ panelen. Dit correspondeert met een bedekkingsgraad van $41 \times 1.44 / 133 = 44\%$.

Voorbeeld 3:

Ecophon beveelt 60 procent bedekking met Solos aan in combinatie met betonkernactivering (TABS). In vergelijking met een volledig van wand-tot-wand plafond, zijn Solo producten minder effectief bij lage frequenties. Een bedekkingsgraad van 60 procent wordt aanbevolen en het gebruik van verticale absorptie (wandpanelen en schermen) zou moeten worden overwogen.

Vraag: Welke nagalmtijd kunnen we verwachten wanneer we een bezettingsgraad van 60 procent hanteren met Solo Square (1200x1200)?

Oplossing: 60 procent van het plafond oppervlakt correspondeert met 80 m^2 . De hoeveelheid Solo Square panelen die benodigd zijn om 60 procent van het plafond te bedekken is $80 / 1.44 = 56$. Het equivalent absorptieoppervlak van deze panelen is $56 \times 2.1 = 118\text{m}^2\text{ sabin}$. Het totale equivalente absorptieoppervlak van een ruimte is $29 + 118 = 147\text{ m}^2\text{ sabin}$, waar 29 m^2 refereert naar een lege ruimte. De bijhorende nagalmtijd is $0.16 \times 358 / 147 = 0.39\text{s}$.

Voorbeeld 4:

Soms zijn de eisen van absorptie in open kantoren gegeven als $A=1.1 \times \text{vloeroppervlak}$ bij de frequenties 500 tot 4000 Hz.

Vraag: Hoeveel Solo Square (1200x1200) panelen zijn er nodig om te kunnen voldoen aan de eisen en wat zal de bezettingsgraad dan zijn?

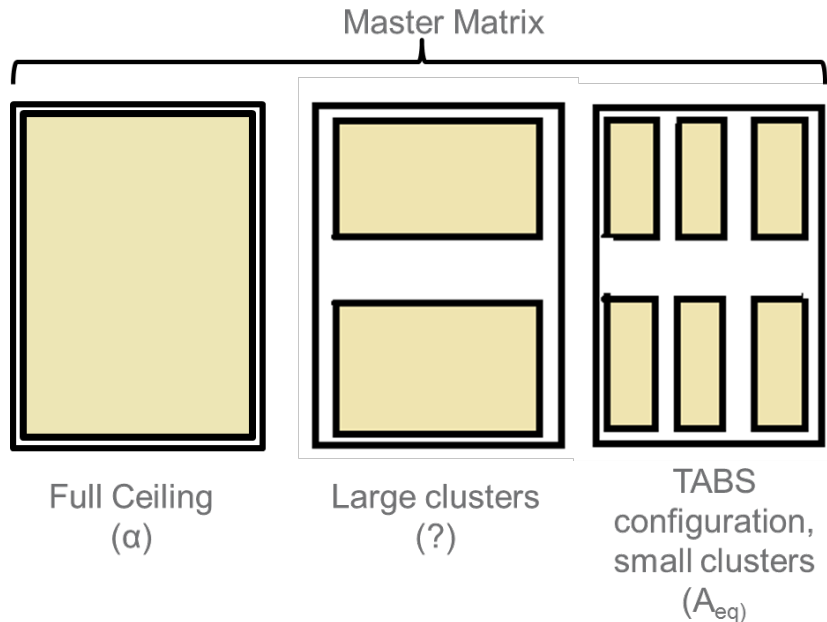
Oplossing:

De benodigde absorptie is $1.1 \times 133 = 146 \text{ m}^2 \text{ Sabin}$. Het gemiddelde equivalent absorptieoppervlak per element van de frequenties 500 tot 4000 Hz is 2.1 volgens tabel 1. Het benodigde aantal panelen is $146/2.1 = 70$ en de bedekkingsgraad is $70 \times 1.44/133 = 76\%$. De bezettingsgraad is meer dan wat Ecophon aanbeveelt in combinatie met betonkernactivering. Daarom is het aan te raden om de benodigde panelen in percentage terug te schroeven tot een 60 procent bezettingsgraad en extra absorptie door middel van wandpanelen en absorberende schermen toe te voegen.

Note 1: Het berekenen van de Sabine formule gaat ervan uit dat de ruimtes een groot aantal geluid verspreidende objecten hebben. In de praktijk en met name in open kantoren is er normaliter een grote differentiatie tussen de gemeten en de berekende nagalmtijd volgens de Sabine formule.

8. Het specificeren van de absorptie voor de Master Matrix

Master Matrix kan worden toegepast in verschillende vormen en configuraties, zie hiervoor ook figuur 8. Als het toegepast wordt als een volledig wand-tot-wand plafond of als vrijhangende eilanden is er geen probleem. In zulke gevallen, houden we vast aan onze normale regels en gebruiken we de absorptiecoëfficiënt voor een volledig wand-tot-wand plafond en het equivalent absorptieoppervlak per element voor de vrijhangende eilanden. De vraag rijst dan hoe gaan we om met grote gebieden die niet worden toegepast als volledig plafond, maar ook niet als vrijhangende eilanden.

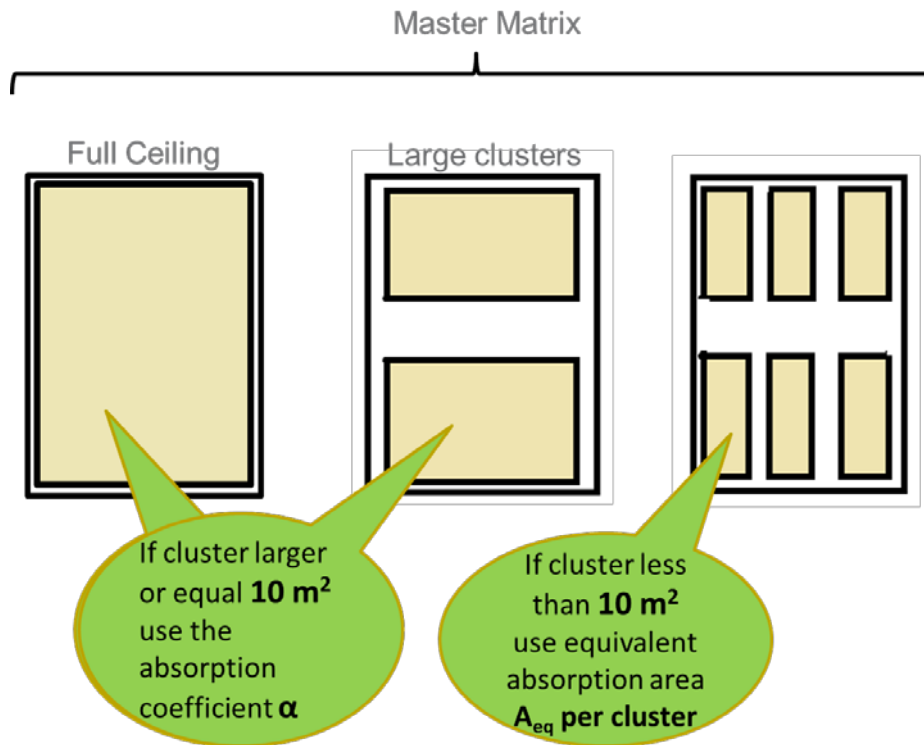


Figuur 8. Master Matrix in verschillende configuraties

Wanneer we de absorptiecoëfficiënt voor een absorberend plafond meten volgens de ISO 354, wordt een sample van zo'n 10m² getest. Daarvoor kan worden aangenomen dat een sample van 10m² een volledig plafond representeert. Samples veel kleiner als 10 m² moeten over het algemeen gezien worden als losse elementen en de absorptie wordt dan ook gekarakteriseerd met een equivalent absorptieoppervlak.

Vanuit dit oogpunt is het redelijk om 10m² als grens te nemen om grote en kleine clusters te scheiden. Voor elementen van minder dan 10 m² die gemonteerd worden als losse elementen met een vrij lage bedekkingsgraad, zullen de akoestische data uitgedragen worden als equivalent absorptieoppervlak. Voor clusters groter dan 10 m², kunnen de akoestische data hetzelfde gedefinieerd worden als een volledig plafond, dus een praktische absorptie coëfficiënt gerelateerd aan de eengetalswaarde α_w en klassen (A tot E, en niet gekwalificeerd).

Deze vuistregel is geïllustreerd in figuur 9.



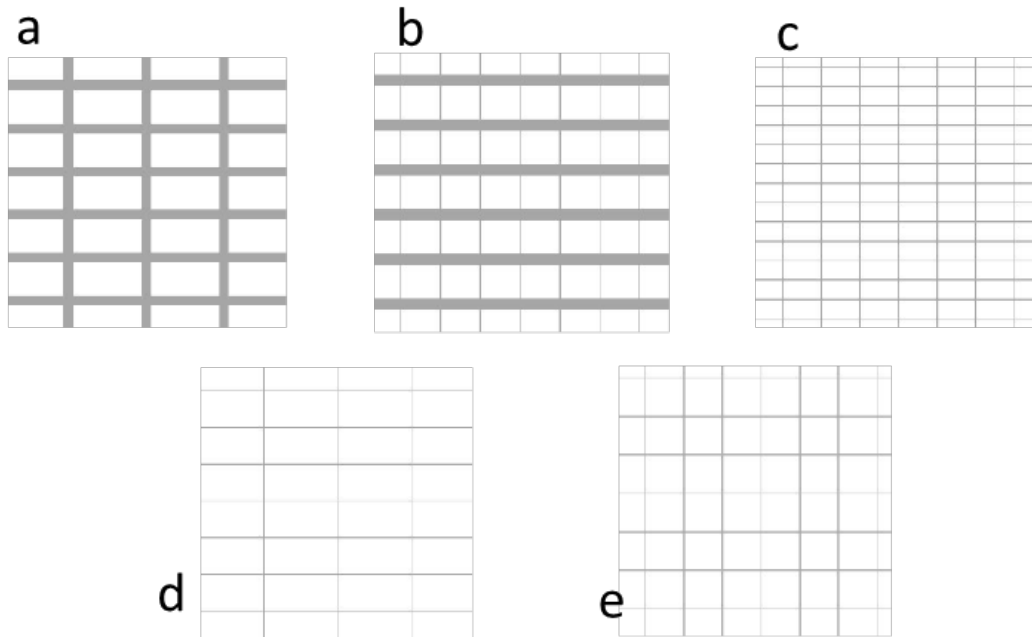
Figuur 9. Vuistregel wanneer men absorptiecoëfficiënt en equivalent absorptieoppervlak gebruikt.

Note 2. Voor Master Matrix in kleine clusters ($<10 \text{ m}^2$), gebruiken we het equivalent absorptieoppervlak per element op dezelfde manier als onze Solo producten. Dezelfde richtlijnen voor de Ecophon Solo producten met betrekking tot het effect van de afstand tussen de elementen en de afhanghoogte (a.o.p.) zijn ook van toepassing op de Master Matrix in kleinere configuraties. Verder, het effect van de verschillende vormen is geschat op dezelfde manier als voor de Solo producten, zie hiervoor ook hoofdstuk 6.

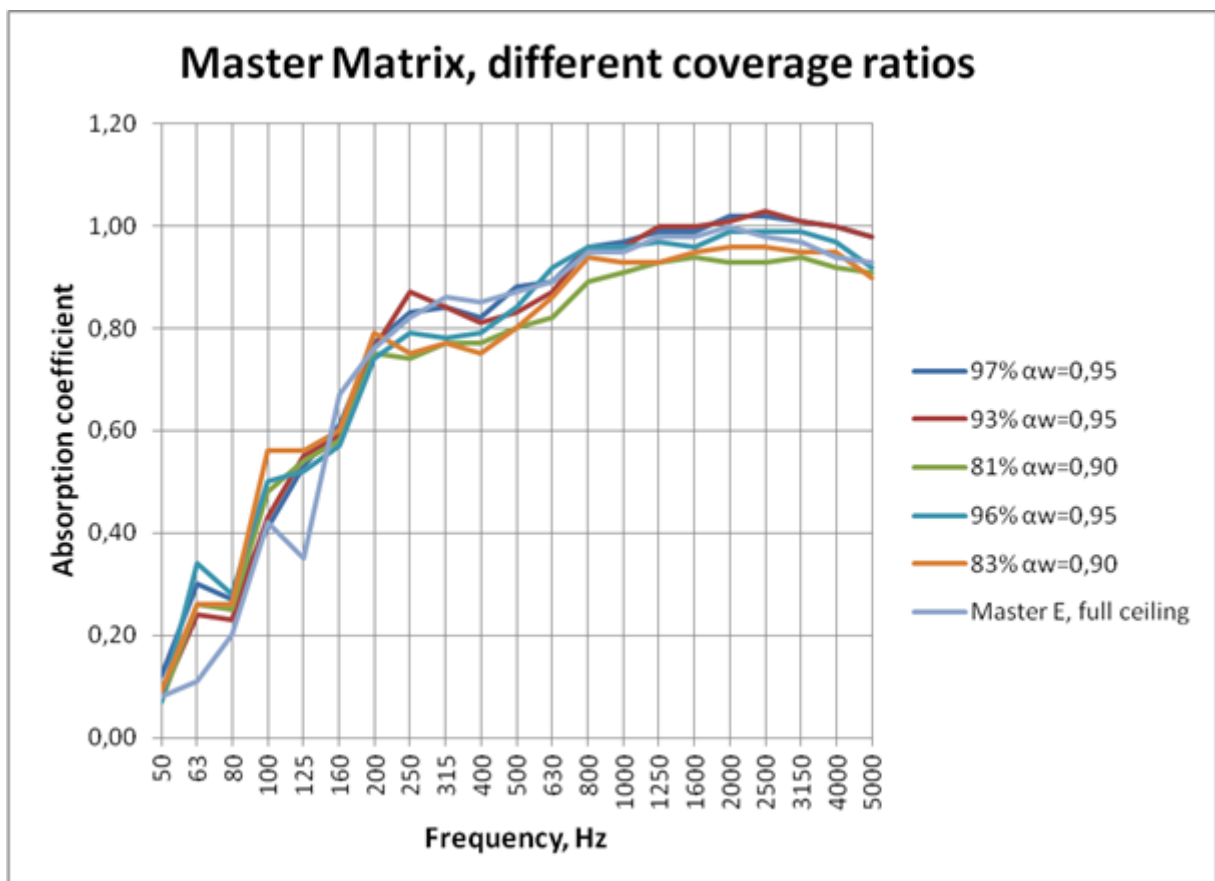
9. Het effect van de verschillende bedekkingsgraden

De minimale afstand tussen de panelen in een Master Matrix cluster is 40 mm. Het is echter ook mogelijk om deze afstand te vergroten. Dit is van invloed op de bedekkingsgraad. Wanneer de Master Matrix gebruikt wordt als volledig plafond of een grote configuratie ($>10 \text{ m}^2$), zal het effect van verschillende bezettingsgraden invloed hebben op de absorptiecoëfficiënt.

De configuraties in figuur 10 corresponderen met verschillende bezettingsgraden. Het effect van de absorptiecoëfficiënt is weergegeven in figuur 11. Het is duidelijk in figuur 10 dat het effect van de bezettingsgraden in een bereik tussen 80 tot 100 procent nauwelijks invloed heeft op de absorptiecoëfficiënt.



Figuur 10. Configuraties met verschillende bedekkingsgraden. a) paneel afm: 1200 x 2400, afstand tussen panelen 340 mm, bedekkingsgraad 81% b) paneel afm: 1000 x 1160, afstand tussen panelen 40 mm en 350 mm, bedekkingsgraad 83% c) paneel afm: 560 x 1160, afstand tussen panelen 40 mm, bedekkingsgraad 93% d) paneel afm: 1200 x 2400, afstand tussen panelen 40 mm, bedekkingsgraad 97% e) paneel afm: 1200 x 1200, afstand tussen panelen 40 mm, bedekkingsgraad 96%.



Figuur 11. Master Matrix voor verschillende bedekkingsgraden overeenkomstig figuur 10. Ter vergelijking is Master E volledig dekkend plafond inbegrepen.



A SOUND EFFECT ON PEOPLE

Ecophon is gestart in 1958, toen de eerste akoestische panelen van glaswol in Zweden werden geproduceerd ter verbetering van de werkomgeving. Op dit moment is Ecophon een wereldwijde leverancier van akoestische systemen die bijdragen aan een goede ruimteakoestiek en een gezond binnenmilieu met de focus op kantoren, onderwijsgebouwen, zorginstellingen en industriële productiegebouwen. Ecophon is onderdeel van de Saint-Gobain Groep en heeft verkoopkantoren en distributeurs in tal van landen.

Ecophon's activiteiten worden geleid door een visie: wereldwijd marktleider worden in ruimte akoestisch comfort door geluidsabsorberende systemen die de prestaties en het welzijn van de eindgebruiker verbeteren. Ecophon is voortdurend in gesprek met overheidsorganen, arbo-organisaties en onderzoeksinstituten en is betrokken bij de uitwerking van nationale normen op het gebied van ruimteakoestiek. Hierdoor draagt Ecophon bij aan een betere werkomgeving, overal waar mensen werken en communiceren.

www.ecophon.nl