

# Akoestisch ontwerp

Met gebruik van wandoplossingen





## Inleiding

Een verlaagd plafond is verreweg de meest gebruikelijke akoestische maatregel in een ruimte. In de meeste gevallen is dit voldoende om een goede akoestische omgeving te creëren. Er zijn echter situaties waarin alleen een verlaagd plafond niet genoeg is om aan alle akoestische eisen te voldoen. Daar kunnen verschillende redenen voor zijn, zoals:

- Technisch - als de temperatuur bijvoorbeeld geregeld wordt door middel van betonkernactivering (Thermisch Actieve Bouwlaag Systemen, TABS) is het niet mogelijk een verlaagd plafond met volledige bedekking te gebruiken, aangezien dit van invloed is op de efficiëntie van de warmte afgifte of koeling. In dergelijke gevallen kunnen er extra wandpanelen nodig zijn om tegemoet te komen aan de akoestische eisen.
- Esthetisch - als het plafond bijvoorbeeld beschikt over architectonisch belangrijke elementen die niet uit het zicht mogen verdwijnen, dan zijn geluidsabsorberende wandpanelen de oplossing om toch tot goede akoestische omstandigheden te komen.
- Akoestisch - in gebouwen waar hogere akoestische eisen worden gesteld vanwege speciale activiteiten, zijn geluidsabsorberende wandpanelen in combinatie met een verlaagd plafond van wand tot wand vaak noodzakelijk om tegemoet te kunnen komen aan de akoestische eisen.

### **Bijvoorbeeld:**

Onderwijsgebouwen: Hogere akoestische eisen in die situaties waarin er meer geluid wordt voortgebracht als gevolg van de lesmethode (bijv. leren in groepen), omdat de leerlingen jonger zijn of als er slechthorende kinderen bij zijn.

Open kantooromgeving: Om de verspreiding van geluid over grotere afstanden te voorkomen.

Industriële ruimtes en sporthallen: In ruimtes met hoge plafonds kan de toevoeging van geluidsabsorberende wandpanelen een positief effect hebben op de nagalmtijd, de geluidssterkte en de spraakverstaanbaarheid.

Gebouwen in de gezondheidszorg: Om een stressvrije omgeving te creëren die het herstel van patiënten, het welzijn van de medewerkers en de prestaties bevordert, is een goede akoestische omgeving een cruciale factor.

## Room Acoustic Comfort™

Room Acoustic Comfort™ (RAC) is een door Ecophon™ ontwikkeld concept. Het is een benadering van een ruimte-akoestisch ontwerp, gericht op het optimaliseren van comfort, communicatie, prestaties en het welzijn gerelateerd aan de door de mensen uitgevoerde activiteiten in een bepaalde ruimte.

De menselijke waarneming van geluid, de fysieke eigenschappen van de ruimte en de in de ruimte geplande activiteiten zijn allemaal factoren die van invloed zijn op onze beoordeling van de akoestische kwaliteit van de ruimte en van de mate waarin de ruimte geschikt is voor de geplande activiteiten. De interactie tussen deze factoren dient meegenomen te worden bij het akoestische ontwerp van de ruimte. Als gevolg hiervan zijn er meerdere akoestische criteria noodzakelijk voor een relevante karakterisering van de geluidomgeving in een ruimte. Deze criteria beschrijven de verschillende akoestische eigenschappen van het geluidsveld in de ruimte.

Voor gewone ruimtes zijn er minimaal vier belangrijke eigenschappen te onderscheiden. Dit zijn:

- Geluidssterkte
- Speech clarity
- Geluidsverspreiding (afname over afstand)
- Nagalm

De eigenschappen en de overeenkomende criteria staan in tabel 1.

Afhankelijk van de fysieke eigenschappen van de ruimte en de geplande activiteit, zijn sommige criteria belangrijker dan andere. In een ruimte waarin bijvoorbeeld spraak goed verstaan moet worden, zijn de criteria rond de kwaliteit van spraakgeluid zoals wij die ervaren essentieel, terwijl in ruimtes met veel rumoerige activiteiten de nadruk moet liggen op criteria in verband met geluiddemping, zoals de geluidssterkte.

**Tabel 1. Ruimte-akoestische parameters**

Akoestische kwaliteit	Akoestische criteria (parameter)	Eenheid	Definitie
Geluidssterkte	Geluidsniveau, G	dB	ISO 3382-1
Speech Clarity*	Speech clarity, C <sub>50</sub>	dB	ISO 3382-1
Geluidsverspreiding (ruimtelijk verval)	DL <sub>2</sub> , DL <sub>f</sub>	dB	ISO 14257
Nagalm	Nagalmtijd T <sub>20</sub>	s	ISO 3382-1

\* Speech clarity kan ook worden uitgedrukt als een percentage. De meeteenheid wordt dan Definition of Deutlichkeit genoemd, aangeduid met de letter D.

Het verband tussen Definition en speech clarity wordt weergegeven als

$$D = 1 / (1 + 10^{-C_{50}/10})$$

Het RAC™-concept ondersteunt de verschillende fasen in een bouwproject en kan worden ingezet om te doorgronden hoe mensen worden beïnvloed door de geluidsomgeving, om de relevante ruimte-akoestische eisen te formuleren en om de correcte akoestische oplossing voor iedere ruimte te kiezen. Kijk voor meer informatie onder de rubriek RAC op onze website [www.ecophon.nl](http://www.ecophon.nl).

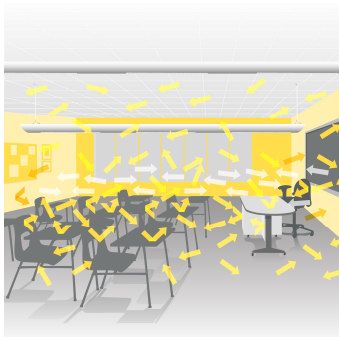


Figuur 1. Room Acoustic Comfort™, een akoestisch ontwerp-benadering die rekening houdt met de interactie tussen mens, activiteit en ruimte

## Geluidsvelden in ruimtes met akoestische plafonds

Als een geluidsbron (bijvoorbeeld een luidspreker) continue geluid afgeeft in een ruimte, zal het geluid na korte tijd diffuus worden, zelfs als er verlaagde plafonds geplaatst zijn. Eenvoudig gezegd betekent een diffuus geluidsveld dat de geluidsgolven met een gelijke waarschijnlijkheid en een gelijke intensiteit in alle richtingen bewegen. Als het geluidsdrukkniveau in een ruimte stabiel is en er een constant geluidsdrukkniveau wordt bereikt, dan is er sprake van een 'steady state'. Het geluidsdrukkniveau wordt in deze fase bepaald door de totale absorptie in de ruimte. Normaal gesproken is het verlaagde plafond het belangrijkste absorberende oppervlak in de ruimte en de bijdrage van het plafond aan de totale absorptie wordt weergegeven door het plafondoppervlak te vermenigvuldigen met de absorptiecoëfficiënten. De situatie van de 'steady state' wordt weergegeven in fig 2.

De nagalmtijd wordt gemeten door de geluidsbron uit te schakelen en de tijd te meten die nodig is voordat het geluidsdrukkniveau met 60 dB is gedaald. Wanneer de geluidsenergie afneemt, blijft de diffusiteit van het geluidsveld niet gehandhaafd. Tijdens het verval verdwijnen de geluidsgolven die in contact komen met het meest absorberende oppervlak (in dit geval het plafond) als eerste, terwijl de geluidsgolven die in contact komen met harde oppervlakken die geluid reflecteren (in dit geval de omringende wanden) het langst aanhouden. In veel ruimtes met verlaagde plafonds wordt de nagalmtijd in belangrijke mate bepaald door deze aanhoudende geluidsgolven die bijna parallel aan het plafond bewegen. Deze horizontaal bewegende golven worden ook wel 'grazing waves' genoemd, omdat ze het plafond vanuit een uiterst horizontale invalshoek raken. Door het aantal meubels en geluidsverspreidende objecten in de ruimte te verhogen, wordt het geluidsveld diffuser tijdens het vervalstadium. Hieruit valt ook af te leiden dat de nagalmtijd in ruimtes met verlaagde plafonds in hoge mate afhankelijk is van meubilair en objecten in de ruimtes. Het horizontaal bewegende geluidsveld wordt weergegeven in fig 3.



Figuur 2. Geluidsveld bij 'steady state' in een ruimte met een verlaagd plafond en geluidsverspreidende objecten



Figuur 3. Geluidsveld tijdens geluidsverval in een ruimte met verlaagd plafond

Dan volgt nu een samenvatting van wat we hierboven besproken hebben:

- De geluidsdrumniveaus in ruimtes met verlaagde plafonds met een continue geluid producerende bron worden bepaald door de totale absorptie in de ruimte.
- De nagalmtijd hangt niet alleen af van de absorptie van het plafond, maar in hoge mate ook van de absorptie van de aanwezige wanden en de hoeveelheid meubilair.

## Het effect van wandpanelen op ruimte-akoestische parameters

- In gevallen waar het oppervlak van wandpanelen slechts een klein deel uitmaakt van de totale absorptie, zal het akoestische effect van de wandpanelen zorgen voor een betere speech clarity en een kortere nagalmtijd, terwijl het geluidsniveau slechts licht beïnvloed wordt. Dit is normaal gesproken het geval bij een hoogwaardig absorberend verlaagd plafond.
- Wandpanelen zijn een efficiënte oplossing om storende echo's te voorkomen, bijvoorbeeld tussen parallelle wanden (flutter echo), of om de late reflecties van wanden op grotere afstand te beperken, zoals een achterwand in een collegezaal, die kunnen interfereren met spraak.
- Over het algemeen verdient het de voorkeur de wandpanelen zo dicht mogelijk bij de geluidsbronnen te plaatsen. In klaslokalen wordt echter aanbevolen een afstand van ongeveer een meter aan te houden tussen het wandpaneel en het hoofd van de scholier. Als je te dicht bij een wandpaneel zit, kan de geluidsomgeving namelijk een gevoel van disbalans teweegbrengen.
- In ruimtes met hoge plafonds, zoals sporthallen of fabriekshallen, vormen wandpanelen een efficiënte aanvulling op een verlaagd plafond. De wandpanelen zouden bij voorkeur zo dicht mogelijk bij de geluidsbronnen geplaatst moeten worden, maar om onbedoelde mechanische invloeden te voorkomen, wordt aanbevolen ze op een bepaalde afstand boven de vloer te plaatsen. De wandpanelen zouden bij voorkeur op twee aangrenzende wanden gemonteerd moeten worden. De wandpanelen dragen bij aan een betere speech clarity en kortere nagalmtijden. Als het oppervlak van de wandpanelen ongeveer even groot is als het verlaagde plafond, dan dragen de wandpanelen ook in belangrijke mate bij aan een verlaging van het geluidsniveau.

## Aanbevolen hoeveelheid oppervlak van wandpanelen

- Voor ruimtes met educatieve doeleinden ligt het meest effectieve oppervlak voor wandpanelen tussen de 10 en 25% van het vloeroppervlak, afhankelijk van de vraag of de akoestische eisen erom vragen een of twee wanden te voorzien van wandpanelen.
- In kantoorruimtes met open werkplekken kunnen wandpanelen langs de werkplekken op de hoogte van een zittend persoon helpen voorkomen dat het geluid zich over grote afstanden verspreidt, waardoor een rustigere omgeving wordt gecreëerd.
- In kleinere ruimtes, zoals een eet- of vergaderzaal, kan zelfs een klein oppervlak wandpanelen tussen de 8 en 13% van het vloeroppervlak, al tot een significant betere spraakverstaanbaarheid en kortere nagalmtijden leiden.
- In fabrieksruimtes en sporthallen wordt aanbevolen om zoveel mogelijk van het beschikbare wandoppervlak te gebruiken, aangezien het hoofddoel over het algemeen het beperken van de geluidsniveaus is.

## Praktijkvoorbeelden

### Eet-/vergaderzaal in een ziekenhuis in Landskrona, Zweden.

De ruimte wordt gebruikt als eet- en vergaderzaal voor het personeel van de eerste hulp van het ziekenhuis in Landskrona. De inhoud van de ruimte is  $69 \text{ m}^3$  met een vloeroppervlak van  $25 \text{ m}^2$ . Zowel het plafond als de wanden bestaan uit gipsplaat zonder enige vorm van akoestische maatregelen. De ruimte voorafgaand aan de renovatie wordt weergegeven in figuur 4.



Figuur 4. Eet- en vergaderzaal in het ziekenhuis in Landskrona vóór de renovatie

De medewerkers klaagden over de akoestische omstandigheden. Een aantal van de veelgehoorde opmerkingen:

- *Er is veel echo.*
- *Als je in het midden van de ruimte zit, kun je aan geen enkel gesprek deelnemen.*
- *Ik neem alleen maar korte pauzes om te voorkomen dat ik met anderen moet lunchen.*
- *Je moet mensen nogal eens vragen of ze willen herhalen wat ze hebben gezegd..*
- *Als het druk is, is er zo'n onvoorstelbare galm dat je nog niet eens met je buurman kunt praten.*
- *Ik zorg ervoor dat ik zo snel mogelijk weer weg ben.*

De ruimte is op akoestisch gebied gerenoveerd. Het plafond werd bedekt met een 40 mm dikke poreuze absorber (Ecophon Master B), die rechtstreeks op de gipsplaten werd aangebracht. Op een van de zijwanden werd een 40 mm dik wandpaneel gemonteerd (Ecophon Wall Panel C/Texona). De grootte van het wandpaneel was  $2700 \times 1200 \text{ mm}$ . Het totale oppervlak wandpanelen komt overeen met 13% van het vloeroppervlak. De ruimte na de renovatie wordt weergegeven in figuur 5 en 6.

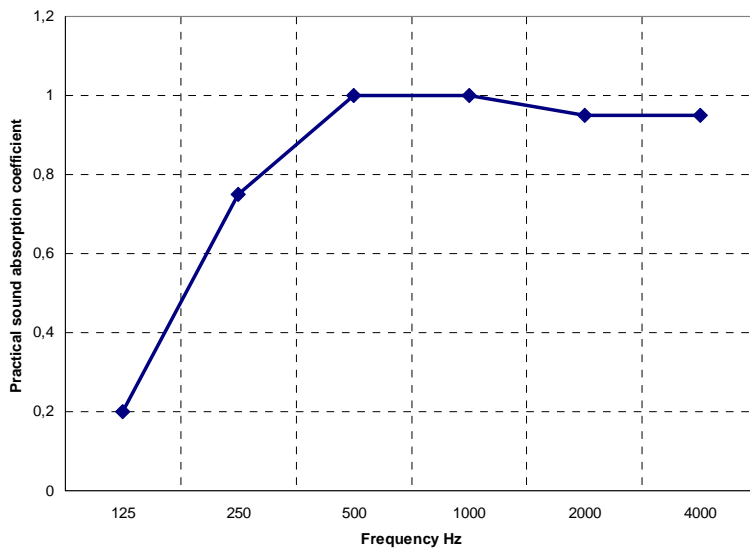


Figuur 5. Plafond Ecophon Master B



Figuur 6. Wandpaneel: Ecophon Wall Panel C/Texona

De praktische absorptiecoëfficiënten voor plafondpaneel Ecophon Master B en Ecophon Wall Panel C/Texona zijn gelijk. De absorptiegrafiek wordt weergegeven in figuur 7.



Figuur 7. Praktische geluidsabsorptiecoëfficiënten voor de gebruikte absorbers in het ziekenhuis in Landskrona

**De ruimte-akoestische metingen werden uitgevoerd in drie stappen:**

1. voorafgaand aan de akoestische maatregelen
2. voor de ruimte met alleen plafondgerelateerde maatregelen en
3. voor de plafondgerelateerde maatregelen in combinatie met het wandpaneel

Hierdoor was het mogelijk het effect van de plafondabsorber en het wandpaneel afzonderlijk te evalueren. De resultaten staan vermeld in tabel 2.

**Tabel 2. Resultaten van de metingen in het ziekenhuis in Landskrona**

Parameter	Vóór akoestische maatregelen	Alleen akoestisch plafond	Akoestisch plafond en wandpaneel
	Gemiddeld 500 en 1000 Hz	Gemiddeld 500 en 1000 Hz	Gemiddeld 500 en 1000 Hz
T20 [s]	0.76	0.37	0.27
$\Delta L$ [dB]*	-	-8	-8
C50 [dB]	1.8	8.6	12.0
D [%]	60	88	94
RASTI **	0.66	0.82	0.87

\*  $\Delta L$  is de vermindering van de geluidsniveaus in de ruimte ten opzichte van de niet-behandelde ruimte.

\*\*Room Acoustic Speech Transmission Index in overeenstemming met IEC 60268-16

### Opmerkingen over de resultaten:

De absorberende plafondpanelen verlagen de nagalmtijd en geluidsniveaus aanzienlijk en verbeteren tegelijkertijd de speech clarity. Door het aanbrengen van een wandpaneel wordt de nagalmtijd nog verder beperkt en de spraakverstaanbaarheid verbeterd, maar het geluidsniveau in de ruimte neemt niet nog verder af. De reden hiervoor is dat een afname van geluidsniveaus in de ruimte hoofdzakelijk verband houdt met de totale absorptie in de ruimte. Omdat het wandpaneel in dit geval slechts een klein deel uitmaakt van de totale hoeveelheid absorptie (het oppervlak van het wandpaneel is 13% van het vloeroppervlak), is er geen invloed op het geluidsniveau. De nagalmtijd en spraakverstaanbaarheid zijn meer afhankelijk van de locatie van het absorptiemateriaal. Deze parameters worden beïnvloed door het "laterale geluidsveld," d.w.z. de geluidsgolven die tegen de wand kaatsen. Deze geluidsgolven worden beïnvloed door het wandpaneel en als gevolg hiervan wordt de nagalmtijd beperkt en de speech clarity verbeterd.

Een paar reacties van de medewerkers nadat de renovatie voltooid was:

- *De ruimte is nu veel beter gedempt. Ik voel me nu veel meer ontspannen in de ruimte.*
- *Het is nu makkelijker om met elkaar te praten.*
- *Als er veel mensen in de ruimte zijn, is er nu veel minder galm.*
- *Er is veel minder echo.*
- *Er kunnen zonder problemen meerdere personen in verschillende delen van de ruimte tegelijkertijd praten.*

### Een voedselabriek in Landskrona, Zweden

Het volgende voorbeeld is de voedselproducent Oatly in Landskrona. De fabriekruimte was niet akoestisch behandeld en werd door de medewerkers beoordeeld als een lawaaiige werkomgeving. De bron van het lawaai is de mechanische productielijn. Om de algehele geluidsniveaus in de industriële gebouwen te verlagen, werd besloten een verlaagd plafond van wand tot wand te installeren in combinatie met wandpanelen op de toegankelijke delen van de wanden. De plafondabsorber was Hygiene Performance 20 mm en de wandabsorber was Hygiene Performance 40 mm. Het plafondoppervlak was 250 m<sup>2</sup> en het wandoppervlak dat bedekt werd met wandpanelen kwam uit op ongeveer 150 m<sup>2</sup>. De wandpanelen werden gedeeltelijk op drie wanden gemonteerd. De akoestische maatregelen worden weergegeven in figuur 8.



Figuur 8. Akoestische maatregelen aan het plafond en de wanden van de Oatly-fabriek

Om de geluidsniveaus op locaties met hoge blootstelling te verminderen, werden er ook zo dicht mogelijk bij de geluidsbronnen wandpanelen gemonteerd. Een dergelijke locatie was de "gang" tussen de machines en de wand, zoals weergegeven in figuur 9. De panelen werden op hoofd-hoogte gemonteerd.



Figuur 9. Hygiene Advance Protection C3 op de wand dicht bij de lawaaige machines

De resultaten van de ruimte-akoestische metingen worden weergegeven in tabel 3.

<b>Tabel 3. Meetresultaten vóór en na de renovatie bij Oatly</b>		
	<b>De waarden geven een gemiddelde aan voor de octaafbanden 500 en 1000 Hz</b>	
	Vóór de maatregelen	Na de maatregelen
T20 [s]	2.4	0.62
$\Delta L$ [dB]*	-	5
C <sub>50</sub> [dB]	-2.9	3.7
D [%]	34	70
RASTI**	0.47	0.70

\*  $\Delta L$  is de vermindering van de geluidsniveaus in de ruimte ten opzichte van de niet-behandelde ruimte.

\*\*Room Acoustic Speech Transmission Index in overeenstemming met IEC 60268-16

### Opmerkingen over de resultaten:

Na afloop van de maatregelen waren de algemene geluidsniveaus in de fabriek terug gebracht met 5 dB. Gebaseerd op een berekening met een diffuus veld werd de bijdrage van de wandpanelen berekend op 2 dB. Voorafgaand aan de maatregelen lagen de geluidsniveaus tussen de 81 en 84 dB(A). Na afloop van de maatregelen lag het geluidsniveau onder de 80 dB(A). In de buurt van de machines was het geluidsniveau nog altijd boven de 80 dB als gevolg van het dominerende directe veld, dat niet door de akoestische maatregelen wordt beïnvloed. De nagalmtijd is verlaagd en de speech clarity is verbeterd, dit betekent dat er een significante verbetering is die het mogelijk maakt om spraak te kunnen verstaan in de fabriek.

Enkele reacties van de medewerkers nadat de renovatie voltooid was:

- *Het is makkelijker om te horen wat er gezegd wordt.*
- *Het is makkelijker om te horen waar het geluid vandaan komt.*
- *Het is fijn dat gehoorbescherming niet langer nodig is.*
- *Ik ben niet meer zo moe als ik thuiskom en ik slaap beter.*



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

*Ecophon's activiteiten worden geleid door een visie: wereldwijd marktleider worden in akoestische plafond- en wandsystemen door een superieure waarde voor de eindgebruiker te creëren. Ecophon is voortdurend in gesprek met overheidsorganen, arbo-organisaties en onderzoeksinstituten en is betrokken bij de uitwerking van nationale normen op het gebied van ruimte akoestiek. Hierdoor draagt Ecophon bij aan een betere werkomgeving, overal waar mensen werken en communiceren.*

*[www.ecophon.nl](http://www.ecophon.nl)*