

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

AKOESTIEK: ONTWERP EN REALISATIE

LENTE 2020

Nagalm en geluidabsorptie



Debby WUYTS
WTCB



IN SAMENWERKING MET



MET DE ONDERSTEUNING VAN



Doelstellingen van de presentatie

- Inzicht in de begrippen « geluidisolatie », « geluidabsorptie » en « nagalmtijd » en hun onderlinge relatie
- Bewustwording van het belang van de aanwezigheid van absorptie in de ruimte
- Inzicht in productkarakterisering en grootheden
- Kennis van de NBN comforteisen in woon- en schoolgebouwen
- Elementaire ontwerpberoekeningen van de nagalmtijd en absorptie in een ruimte



Algemeen schema van de presentatie

- Fenomeen « Geluidabsorptie »
 - ▶ Geluidabsorptie vs. Isolatie, Geluidabsorberend vermogen, Geluidabsorptie-oppervlakte, Geluidabsorptie in de ruimte, Nagalm, Akoestisch correctie
- Productkarakterisering
 - ▶ Absorptiecoëfficiënt
- Ruimte-akoestische comforteisen
 - ▶ Minimale absorptie, maximale nagalmtijd
 - ▶ NBN S 01-400-1: woongebouwen (2008)
 - ▶ NBN S 01-400-2 : schoolgebouwen (2012)
- Dimensioneringsprincipes
 - ▶ Rekenvoorbeelden



Algemeen schema van de presentatie

- Fenomeen « Geluidabsorptie »
 - ▶ Geluidabsorptie vs. Isolatie, Geluidabsorberend vermogen, Geluidabsorptie-oppervlakte, Geluidabsorptie in de ruimte, Nagalm, Akoestisch correctie
- Productkarakterisering
 - ▶ Absorptiecoëfficiënt
- Ruimte-akoestische comforteisen
 - ▶ Minimale absorptie, maximale nagalmtijd
 - ▶ NBN S 01-400-1: woongebouwen (2008)
 - ▶ NBN S 01-400-2 : schoolgebouwen (2012)
- Dimensioneringsprincipes
 - ▶ Rekenvoorbeelden



Geluidabsorptie versus geluidisolatie

1. IN $\leftrightarrow$ OUT

2. IN $\leftrightarrow$ IN

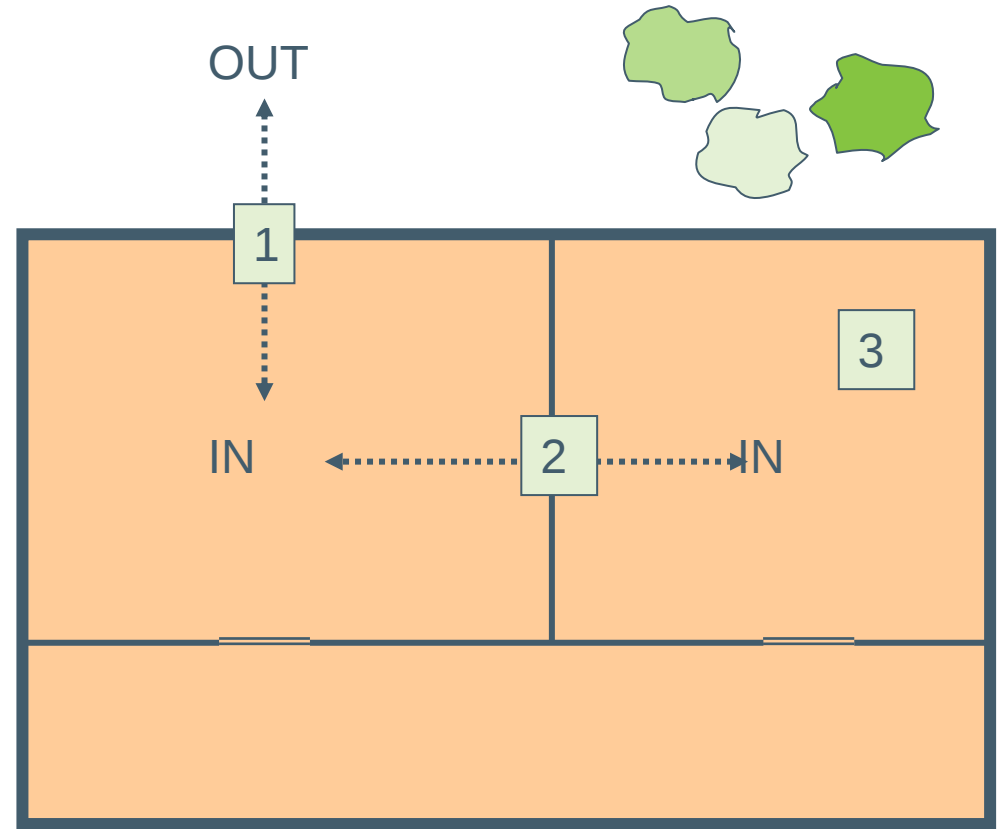
3. IN



ISOLATIE
tussen 2 ruimten



ABSORPTIE
binnen afgesloten ruimte

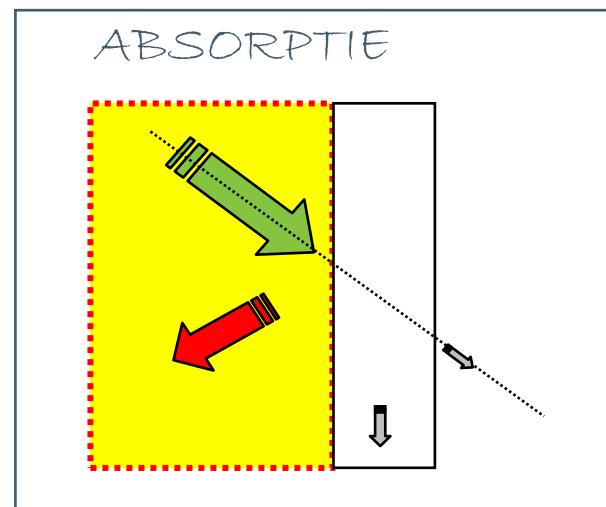
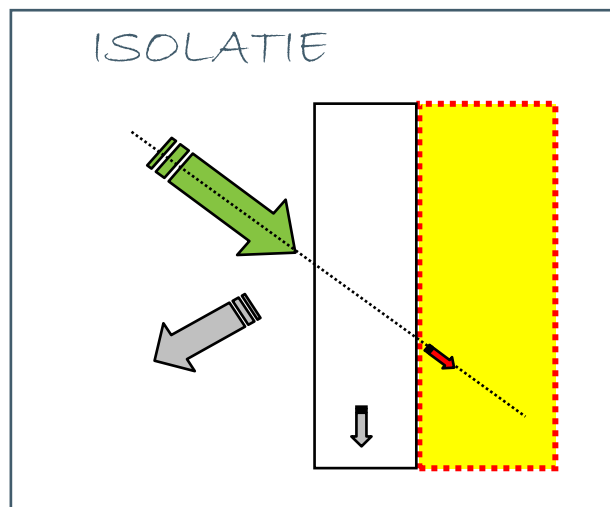


Geluid-ISOLATIE → bescherming tegen geluid van naburige ruimten

Geluid-ABSORPTIE → akoestische correctie binnen ruimten



Geluidabsorptie versus geluidisolatie



EXAMPLE



Glaswol (5 cm - 60 kg/m³) → sterk absorberend, nauwelijks isolerend ...

geluidisolatie = 5 dB

geluidabsorptie = 0.7



Multiplex plaat (17 mm - 722 kg/m³) → weinig absorberend, gemiddeld isolerend

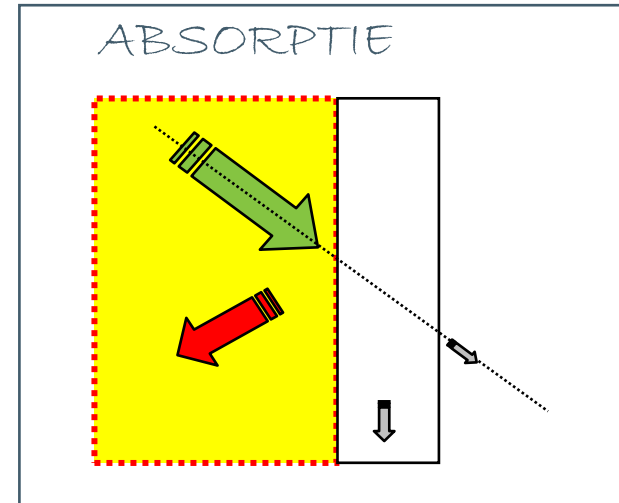
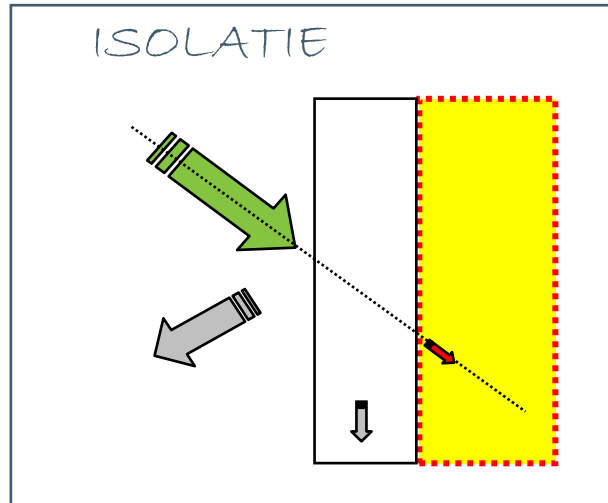
geluidisolatie = 29 dB

geluidabsorptie = 0.2

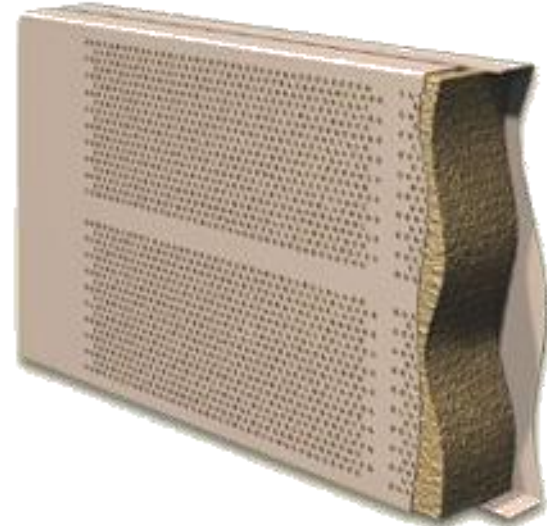


Nagalm en geluidabsorptie

Geluidabsorptie versus geluidisolatie



EXAMPLES *verkeersgeluidschermen, scheidingswanden, omkastingen, ...*



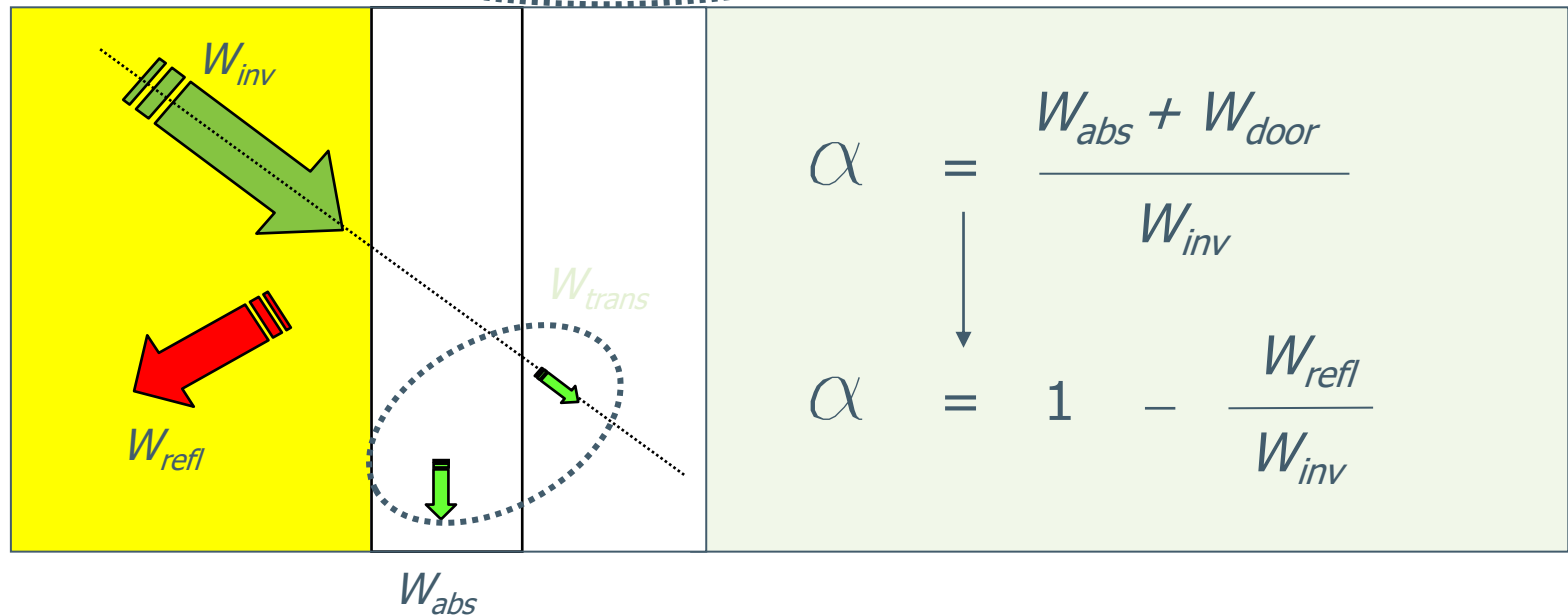
Nagalm en geluidabsorptie

Geluidabsorberend vermogen

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

✓ waarde tussen 0 en 1 : van 0% tot 100% absorptie

$$W_{\text{invallend}} = W_{\text{doorgaand}} + W_{\text{geabsorbeerd}} + W_{\text{gerefecteerd}}$$



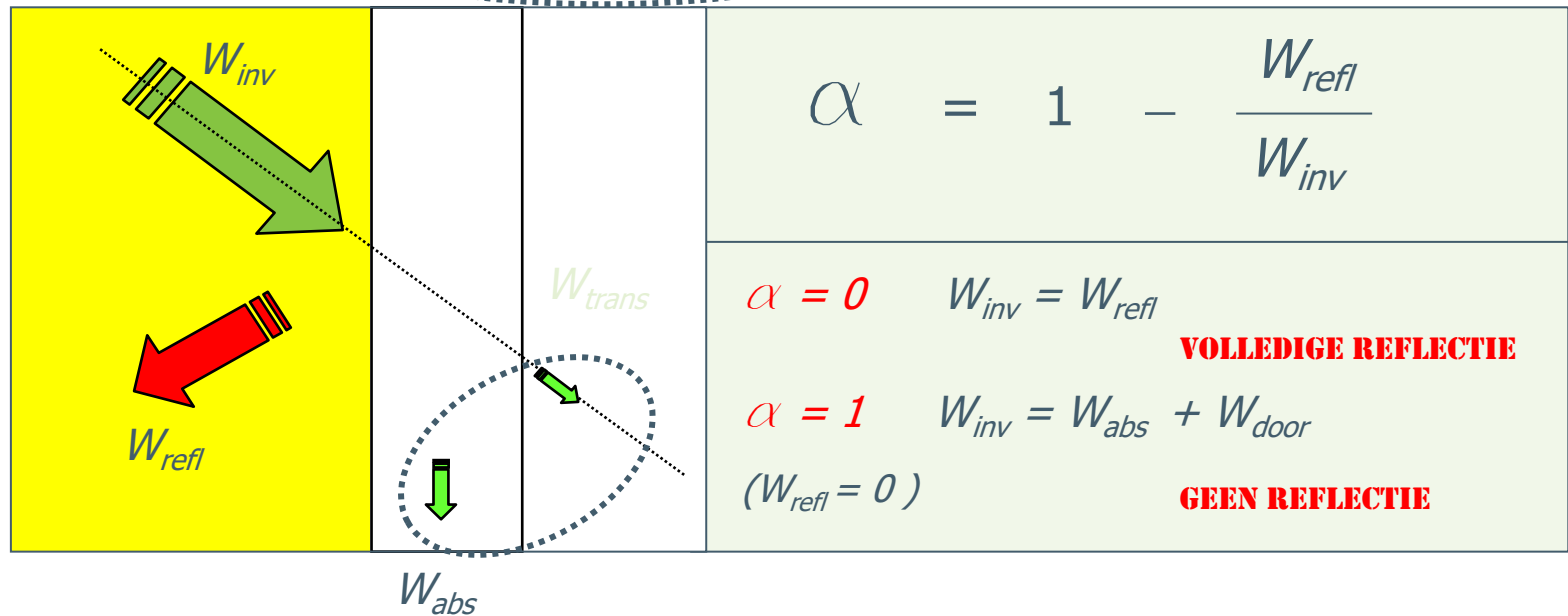
Geluidabsorberend vermogen

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]



✓ waarde tussen 0 en 1 : van 0% tot 100% absorptie

$$W_{\text{invallend}} = W_{\text{doorgaand}} + W_{\text{geabsorbeerd}} + W_{\text{gereflecteerd}}$$



Geluidabsorptie-oppervlakte

Equivalente geluidabsorptie-oppervlakte A [m^2]



Absorptie in de
ruimte [m^2]

Absorptie van het
oppervlak i [m^2]

$$A = \sum (\alpha_i * S_i) = \sum A_i$$

"Equivalent m^2 open raam"

$$A_i = S_i * \alpha_i$$

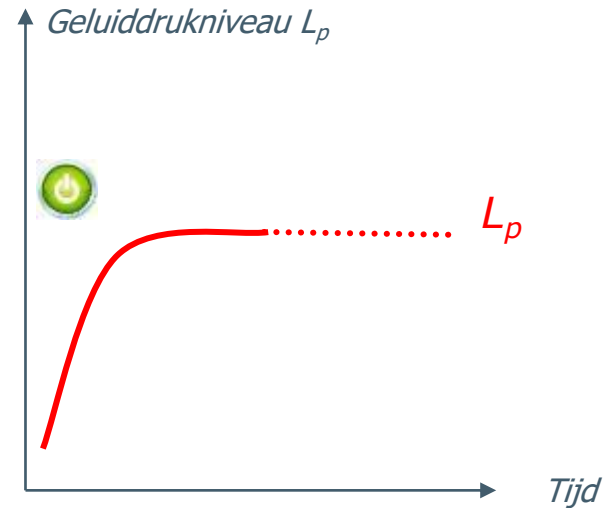
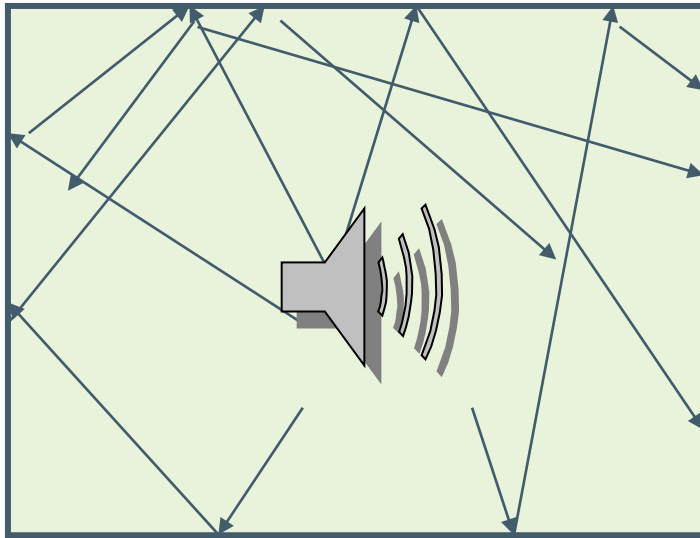
$$A_i = S_{\text{open raam}} * \alpha_{\text{open raam}}$$

$$= S_{\text{open raam}}$$



Geluidabsorptie in de ruimte

Bron AAN : opbouw van het geluidveld



$$L_p = L_w + 10 \log \left[\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} + \frac{4}{A} \right]$$

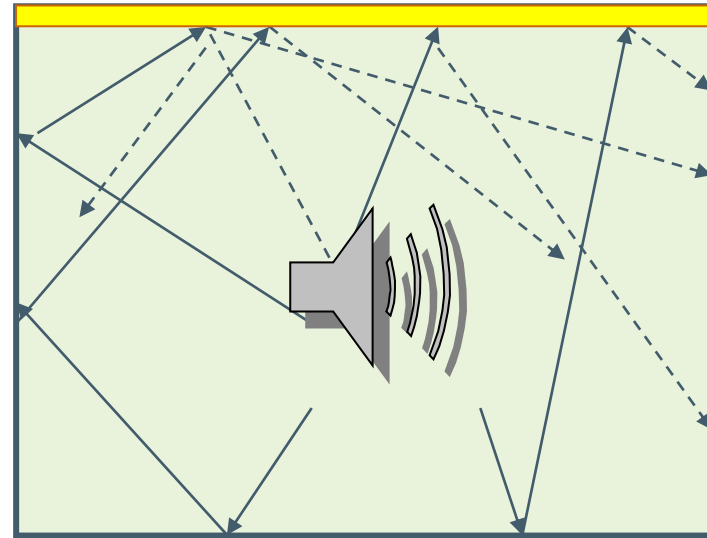
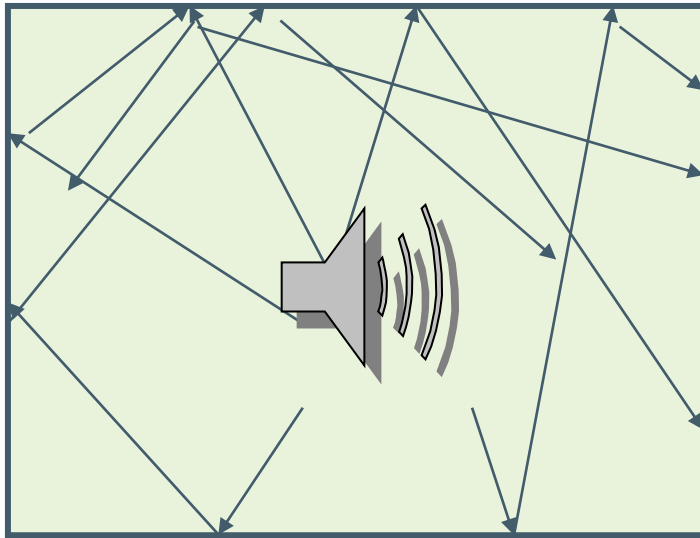
Geluiddrukkniveau wordt beïnvloed door

- *Afstand* r [m] tot de geluidbron
- Aanwezige hoeveelheid *absorptie* A [m²]



Geluidabsorptie in de ruimte

Invloed van de geluidabsorptie A



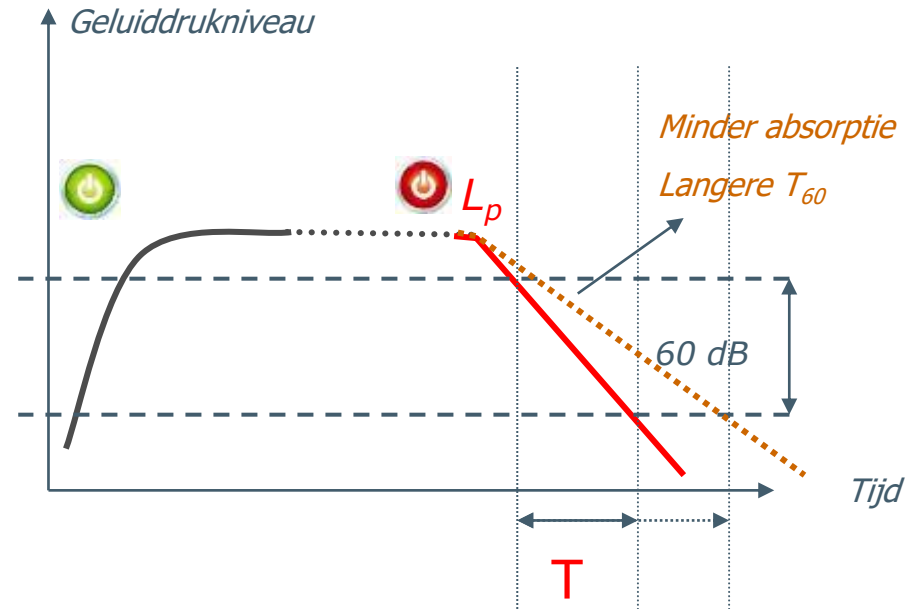
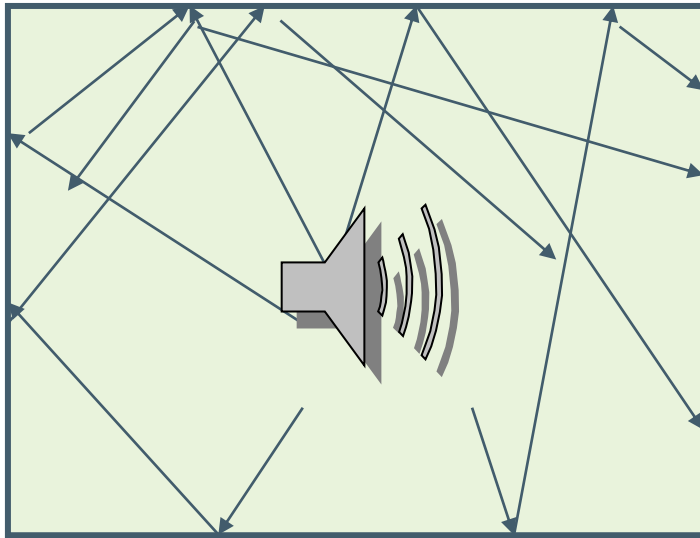
$$- 3 \text{ dB} \quad L_p = L_w + 10 \log \left[\frac{Q}{4\pi \cdot r^2} + \frac{4}{A} \right] \times 2$$

Afname van 3 dB (in galmveld) per verdubbeling van de hoeveelheid absorptie



Geluidabsorptie in de ruimte

Bron UIT : uitdoven van het geluidveld



Nagalmtijd T = tijd nodig opdat het geluiddrukkniveau met 60 dB afneemt na het uitschakelen van een stationaire geluidbron

Afname van het geluiddrukkniveau wordt bepaald door het **volume** van de ruimte en de verdeling en hoeveelheid van de aanwezige **absorptie**



Nagalm

Wet van Sabine (algemeen)

$$T \approx 55.2 \frac{V}{(c A)} \quad [s]$$

Met c = geluidsnelheid [m/s] in het beschouwde medium

Enkel geldig voor diffuse geluidvelden ...

- Relatief weinig absorptie
- Kubusvormige ruimten
- Voldoende grote volumes

→ **Veelal slechts een benaderingsformule ...**

Nagalmtijd is frequentie-afhankelijk !! "**Nominale nagalmtijd**"

$$T_{nom} = (T_{500 \text{ Hz}} + T_{1000 \text{ Hz}})/2$$



Nagalm

Wet van Sabine (vereenvoudigd)

$$T = 0.16 \frac{V}{A} [s] \quad (\text{in lucht, } 20^\circ \text{ C})$$

"Nagalmtijd T"

- Neemt toe met het **volume van de ruimte V** [m³]
- Neemt af met de hoeveelheid **absorptie in de ruimte A** [m²]

Lange
nagalm



Veel absorptie
Kleine ruimte



Korte
nagalm



Akoestische correctie

Lawaaiige ruimten



*Grote volumes
Harde, reflecterende
oppervlakken*



Hoge geluidniveaus

Lange nagalmtijd

"LAWAAI"



Absorptie toevoegen !



Algemeen schema van de presentatie

- Fenomeen « Geluidabsorptie »
 - ▶ Geluidabsorptie vs. Isolatie, Geluidabsorberend vermogen, Geluidabsorptie-oppervlakte, Geluidabsorptie in de ruimte, Nagalm, Akoestisch correctie
- Productkarakterisering
 - ▶ Absorptiecoëfficiënt
- Ruimte-akoestische comforteisen
 - ▶ Minimale absorptie, maximale nagalmtijd
 - ▶ NBN S 01-400-1: woongebouwen (2008)
 - ▶ NBN S 01-400-2 : schoolgebouwen (2012)
- Dimensioneringsprincipes
 - ▶ Rekenvoorbeelden



Productkarakterisering

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

Een aantal typische waarden ...

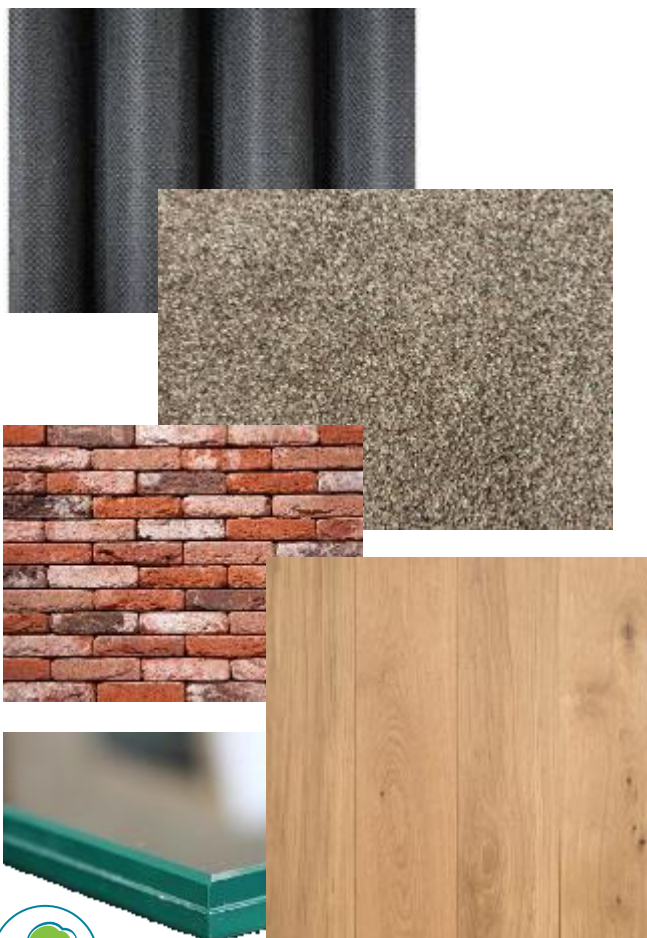


Tableau B.1 — Valeurs type pour le coefficient d'absorption

Matériau	Coefficient d'absorption acoustique α_s en bandes d'octave, fréquence centrale en Hz					
	125	250	500	1 000	2 000	4 000
béton, maçonnerie en briques crépies	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
maçonnerie en briques non crépies	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
revêtements de sol durs (par exemple : PVC, parquet) sur plancher lourd	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
revêtements de sol souples sur plancher lourd ; ≤ 5 mm	0,02	0,03	0,06	0,15	0,30	0,40
revêtements de sol souples sur plancher lourd ; ≥ 10 mm	0,04	0,08	0,15	0,30	0,45	0,55
plancher en bois, parquet en lattes	0,12	0,10	0,06	0,05	0,05	0,06
fenêtres, façade de verre	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
portes (bois)	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
voilage ; de 0 mm à 200 mm devant une surface dure ^a	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
rideau, $< 0,2$ kg/m ² ; de 0 mm à 200 mm devant une surface dure ; minimum type ^a	0,05	0,06	0,09	0,12	0,18	0,22
rideau, matériau tissé $\approx 0,4$ kg/m ² ; plissé ou froissé $> 1,3$, de 0 à 200 mm devant une surface dure ; maximum type	0,10	0,40	0,70	0,90	0,95	1,00
grandes ouvertures (plus petite dimension > 1 m)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
grille d'aération, zone ouverte 50 %	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
NOTE Ces données s'appuient sur des publications utilisées en Autriche, au Danemark et aux Pays-Bas.						
^a Devant une fenêtre, les valeurs de la combinaison peuvent augmenter jusqu'à atteindre des valeurs de fenêtre nue.						



Productkarakterisering

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

Een aantal typische waarden ...

Bvb. dunne betonwand bij 1000 Hz,
 $\alpha = 0.02 =$ slechts 2% absorptie...



Matériau	Épaisseur (espace vide compris en mm)	Fréquence (Hz)						
		63	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Mur de finition normale								
Briques	—	0,05	0,05	0,04	0,02	0,04	0,05	0,05
Bloc en maçonnerie	—	0,10	0,20	0,45	0,80	0,40	0,45	0,40
Béton	—	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Vitre (jusqu'à 4 mm) de 1 m ² environ	4	0,25	0,35	0,25	0,20	0,10	0,05	0,05
Vitre de 6 mm et de 1 m ² environ	6	0,08	0,15	0,06	0,04	0,05	0,02	0,02
Maître ou table en verre	—	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Plâtre sur mur plein	12	0,04	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,05
Eau (d'une piscine par exemple)	—	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Traitement du mur ou du plafond								
Rideaux plissés sur mur plein	—	0,05	0,05	0,15	0,35	0,40	0,50	0,40
Plâtre acoustique (valeurs types)	12	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Amiante projetée sur le mur ou le plafond	25	0,05	0,10	0,30	0,65	0,85	0,85	0,80
Amiante projetée sur du métal avec vide d'air de 75 mm	100	0,20	0,30	0,40	0,65	0,80	0,75	0,70
Vitre ou couche de laine de roche, valeurs types pour matériaux de densité moyenne	25	0,05	0,10	0,35	0,60	0,70	0,75	0,75
	50	0,10	0,20	0,45	0,65	0,75	0,80	0,80
	100	0,25	0,45	0,75	0,80	0,85	0,85	0,85
	150	0,35	0,55	0,90	0,90	0,85	0,90	0,95
Polyuréthane expansé	25	0,10	0,15	0,30	0,60	0,75	0,85	0,90
	50	0,15	0,25	0,50	0,85	0,95	0,90	0,90
	100	0,30	0,50	0,70	0,95	1,00	1,00	1,00
	27	0,25	0,30	0,30	0,15	0,05	0,05	0,05
Plaque de plâtre de 9 mm sur armature à 0,5 m, 18 mm de vide d'air rempli de laine de verre	—	0,30	0,40	0,35	0,20	0,15	0,05	0,05
Contreplaqué de 5 mm sur armature à 1 m, 50 mm de vide d'air rempli de laine de verre	55	0,30	0,40	0,35	0,20	0,15	0,05	0,05
Contreplaqué de 12 mm sur armature à 1 m, 50 mm de vide d'air rempli de laine de verre	71	0,25	0,30	0,20	0,15	0,10	0,15	0,10
Isorel de 3 mm	53	0,50	0,90	0,45	0,25	0,15	0,10	0,05
Plaque de plâtre suspendue ou plafond en plâtre (avec vide d'air important)	—	0,20	0,20	0,15	0,10	0,05	0,05	0,05
Plaque de fibres de bois sur supports pleins	12	0,05	0,05	0,10	0,15	0,25	0,30	0,25
Revêtements du sol								
Dalle composite	—	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Moquette brossée	6	0,05	0,05	0,05	0,10	0,20	0,45	0,65
Moquette d'épaisseur moyenne sur sous-couche de caoutchouc	10	0,05	0,05	0,10	0,20	0,50	0,65	0,65
Moquette de grande épaisseur sur sous-couche de caoutchouc	15	0,05	0,15	0,25	0,50	0,60	0,70	0,65
Revêtement de dalles souples	6	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,05	0,05
Propriété des plaques ou entretoises acoustiques (À noter que la performance varie suivant le type de la construction et la méthode de fixation. Obtenir toujours des chiffres exacts de la part du fabricant, les chiffres ci-dessous donnent une moyenne acceptable de performance)								
Fixés directement sur le mur ou au plafond ou avec un espace minimum	12 à 75	0,05	0,10	0,25	0,50	0,60	0,60	0,45
maximum	12 à 75	0,15	0,20	0,60	0,80	0,85	0,80	0,75
Sous forme de plafond suspendu minimum	—	0,15	0,30	0,40	0,50	0,65	0,75	0,65
maximum	—	0,30	0,50	0,60	0,90	0,90	0,85	0,75
Concours du local (Les chiffres donnés sont des valeurs totales représentant l'aire d'absorption équivalente en m ² Sabine par siège)								
Auditoire, par personne sur siège entièrement tapissé	—	0,15	0,20	0,40	0,45	0,45	0,50	0,40
Auditoire, par personne sur siège en bois ou partiellement capitonné	—	0,10	0,15	0,25	0,40	0,40	0,45	0,35
Auditoire vide, par siège entièrement tapissé	—	0,05	0,10	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30
Auditoire vide, par siège en bois ou partiellement capitonné	—	0,02	0,05	0,05	0,05	0,10	0,15	0,10

A [m²] per stoel



Nagalm en geluidabsorptie

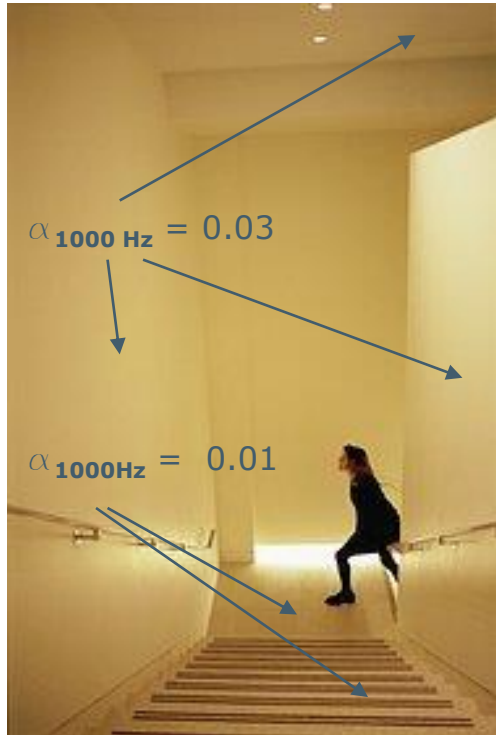
Productkarakterisering

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

Een aantal typische waarden ...

Spectraal ...

Snelle vergelijking



Gemeenschappelijke
circulatie ruimten : meestal bekleed
met **weinig absorberende**
materialen ($\alpha < 0.10$).

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	α_w
Ramen	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05
Niet-geverfd gietbeton	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.00
Pleisterkalk	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05
Gelakt hout (bijv. deur)	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
Minerale wol 100kg/m ³	0.27	0.62	0.88	0.93	0.81	0.76	0.85
Marmer	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Tegelvloer	0.01	0.05	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10
Parketvloer	0.04	0.04	0.07	0.07	0.07	0.07	0.05
Linoleum	0.04	0.06	0.08	0.12	0.04	0.04	0.10
Vasttapijt	0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37	0.25

Correcte interpretatie van de productfiche !

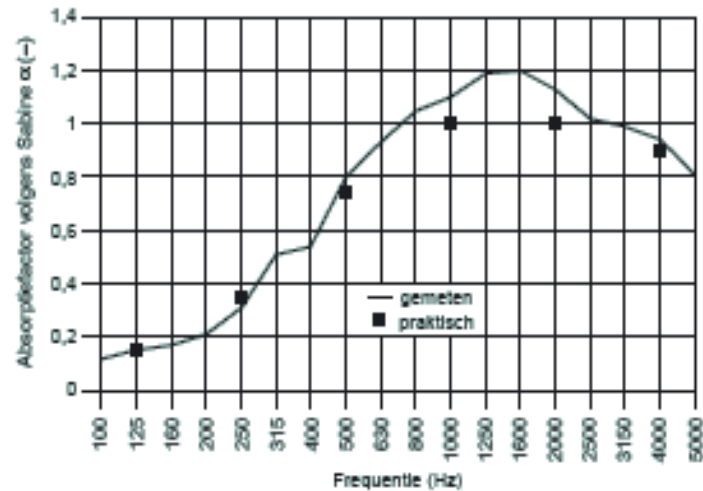
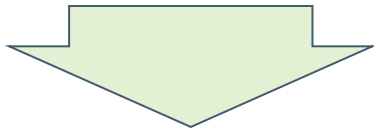


Nagalm en geluidabsorptie

Productkarakterisering

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

- ✓ waarde tussen 0 en 1 : van 0% tot 100% absorptie van het invallend geluid
- ✓ frequentieafhankelijk→
- ✓ functie van de invalshoek
- ✓ **gemeten in laboratorium**



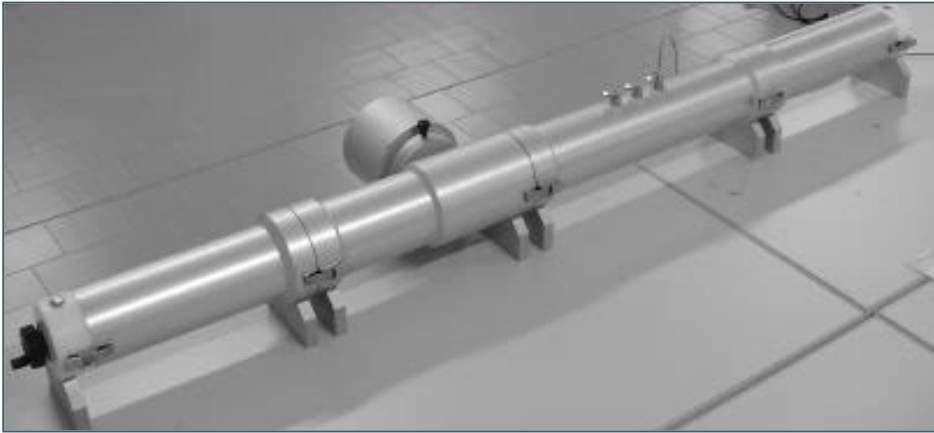
- ❑ "Reverberation room method" voor diffuse geluidinval (ISO 354)
- ❑ "Impedance tube method" voor loodrechte geluidinval (ISO 10534)
- ❑ "Tone burst method" voor variabele invalshoeken



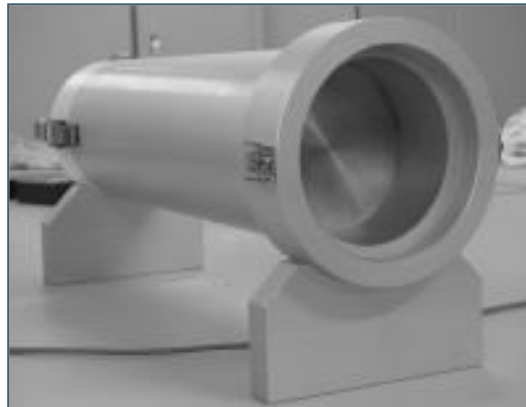
Productkarakterisering

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

"Impedance tube method" voor loodrechte inval (ISO 10534)



“buis van Kundt”

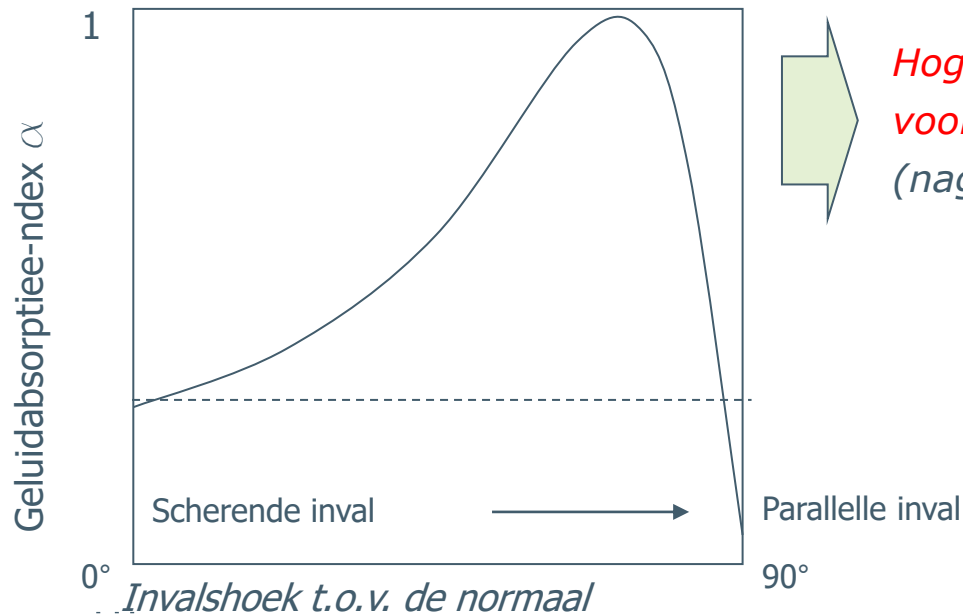


Productkarakterisering

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

"Impedance tube method" versus "Reverberation room method"

Invloed van de invalshoek ?



*Hogere absorptiewaarden
voor diffuus invallend geluid
(nagalmkamer)*

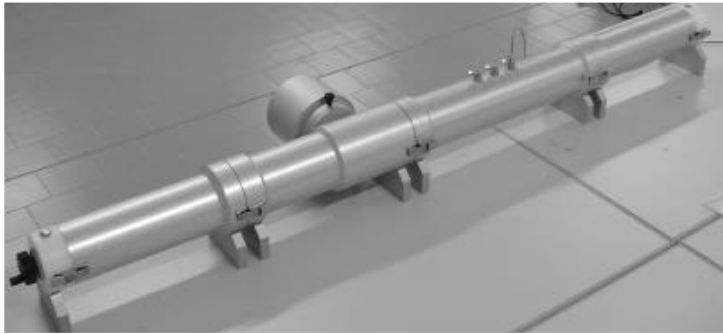


Nagalm en geluidabsorptie

Productkarakterisering

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

↓ “buis van Kundt”



- ✓ *Kleine proefmonsters*
- ✓ *Reproduceerbare resultaten*
- ✓ *Directe schaal voor absorptie*

↓ nagalmkamer



- ✓ *Allerlei praktische toepassingen*
- ✓ *Voor diffuus invallend geluid*



Productkarakterisering

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

"Reverberation room method" voor diffuse inval (ISO 354)

Nagalmkamer



Productkarakterisering

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

"Reverberation room method" voor diffuse inval (ISO 354)

Proefmonster



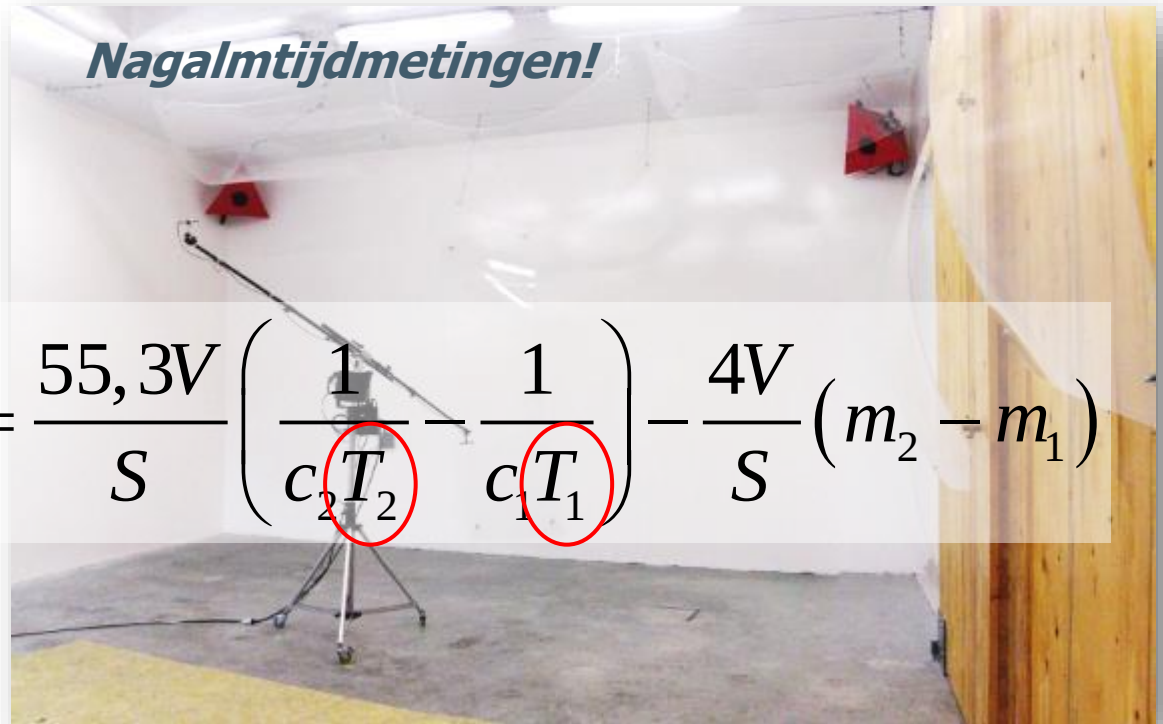
Productkarakterisering

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

"Reverberation room method" voor diffuse inval (ISO 354)

Gedetailleerde formule
(Sabine)

$$\alpha_s = \frac{55,3V}{S} \left(\frac{1}{c_2 T_2} - \frac{1}{c_1 T_1} \right) - \frac{4V}{S} (m_2 - m_1)$$



Productkarakterisering

Geluidabsorptiecoëfficiënt α [-]

"Reverberation room method" voor diffuse inval (ISO 354)

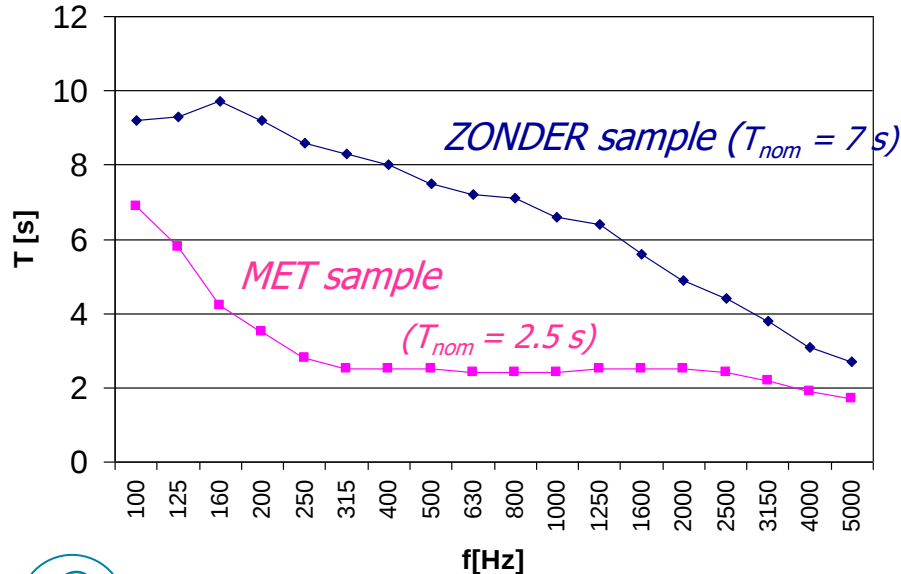
Wet van Sabine (met atmosferische absorptie)

T_1 [s] nagalmtijd in de ruimte ZONDER monster

→ A_1 [m²]

T_2 [s] nagalmtijd in de ruimte MET monster

→ A_2 [m²]



$A_2 - A_1 =$ **absorption van het monster** [m²]

Opervlakte S van het monster [m²]

||

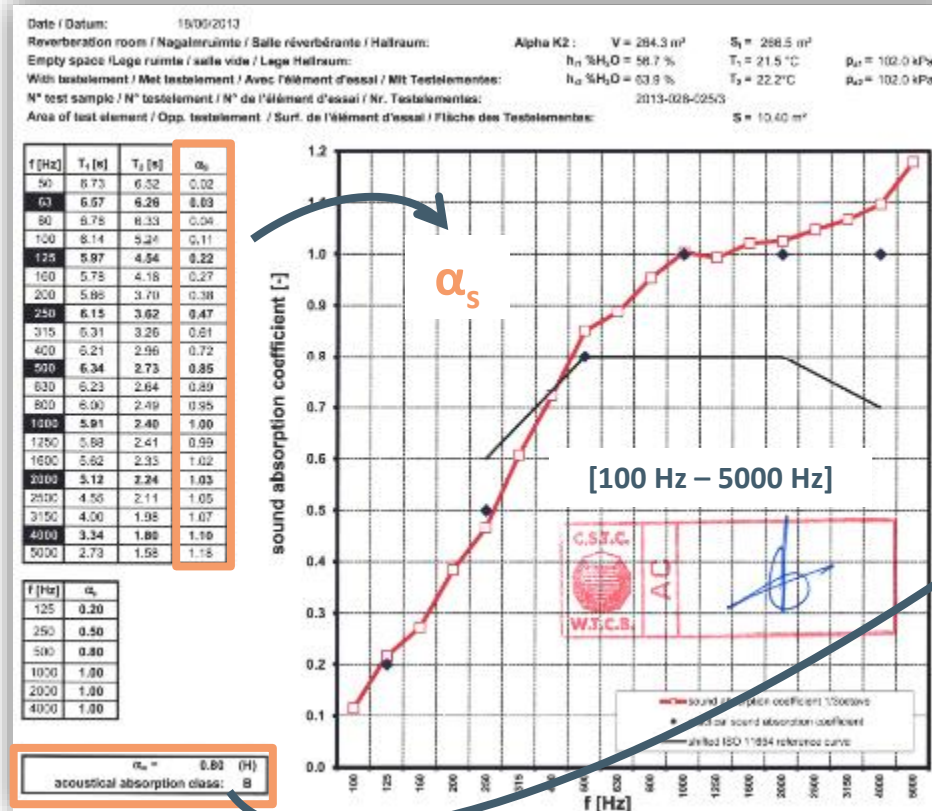
Productkarakteristiek α_s [-]



Productkarakterisering

Gewogen geluidabsorptiecoëfficiënt α_w [-]

α_s "geluidabsorptiecoëfficiënt" [50-5000 Hz] (gemeten volgens **ISO 354** in de nagalmkamer)



α_w "gewogen geluidabsorptiecoëfficiënt" (ééngetalswaarde berekend volgens **ISO 11654**)

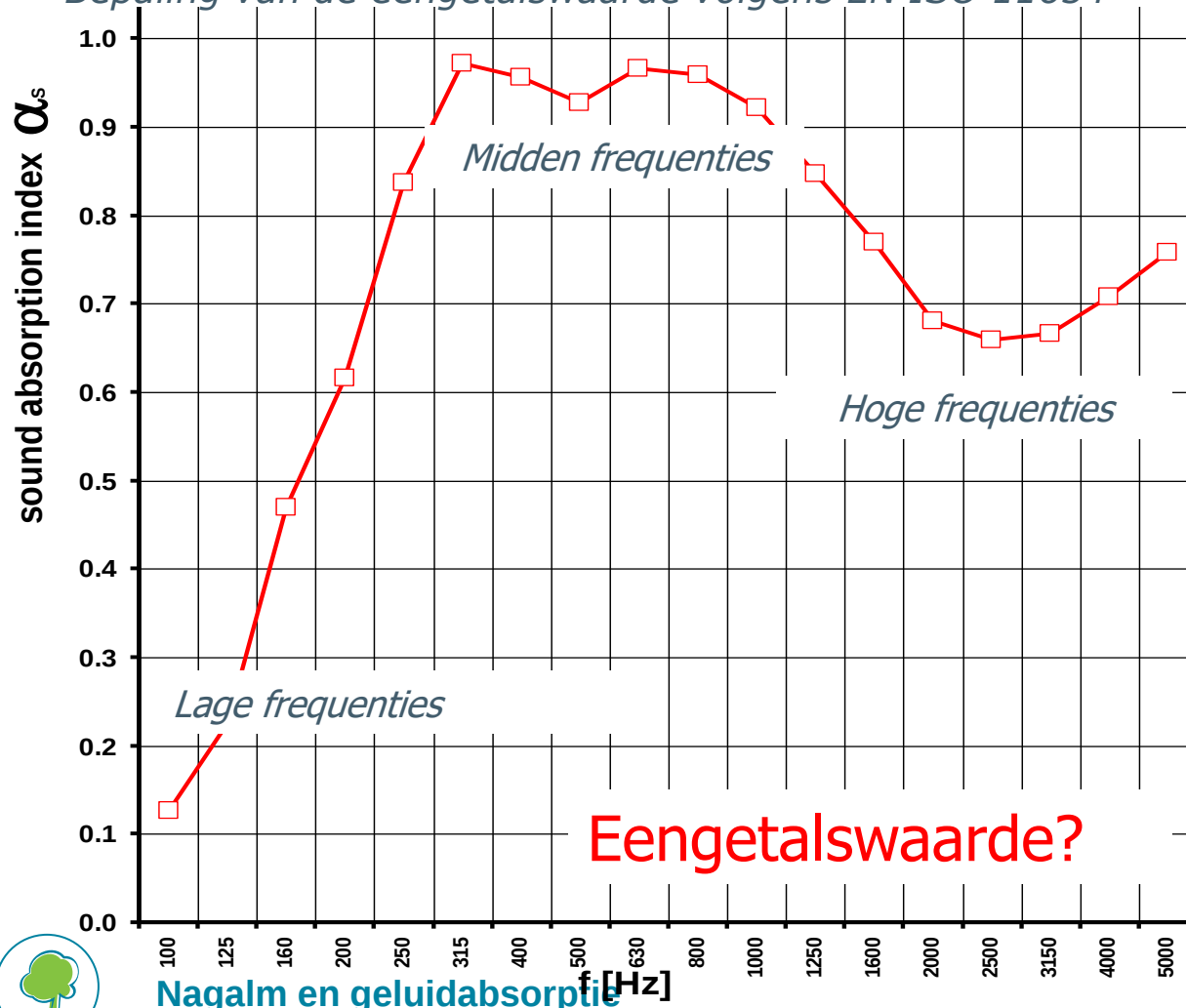
Nagalm en geluidabsorptie



Productkarakterisering

Gewogen geluidabsorptiecoëfficiënt α_w [-]

Bepaling van de ééngetalswaarde volgens EN ISO 11654



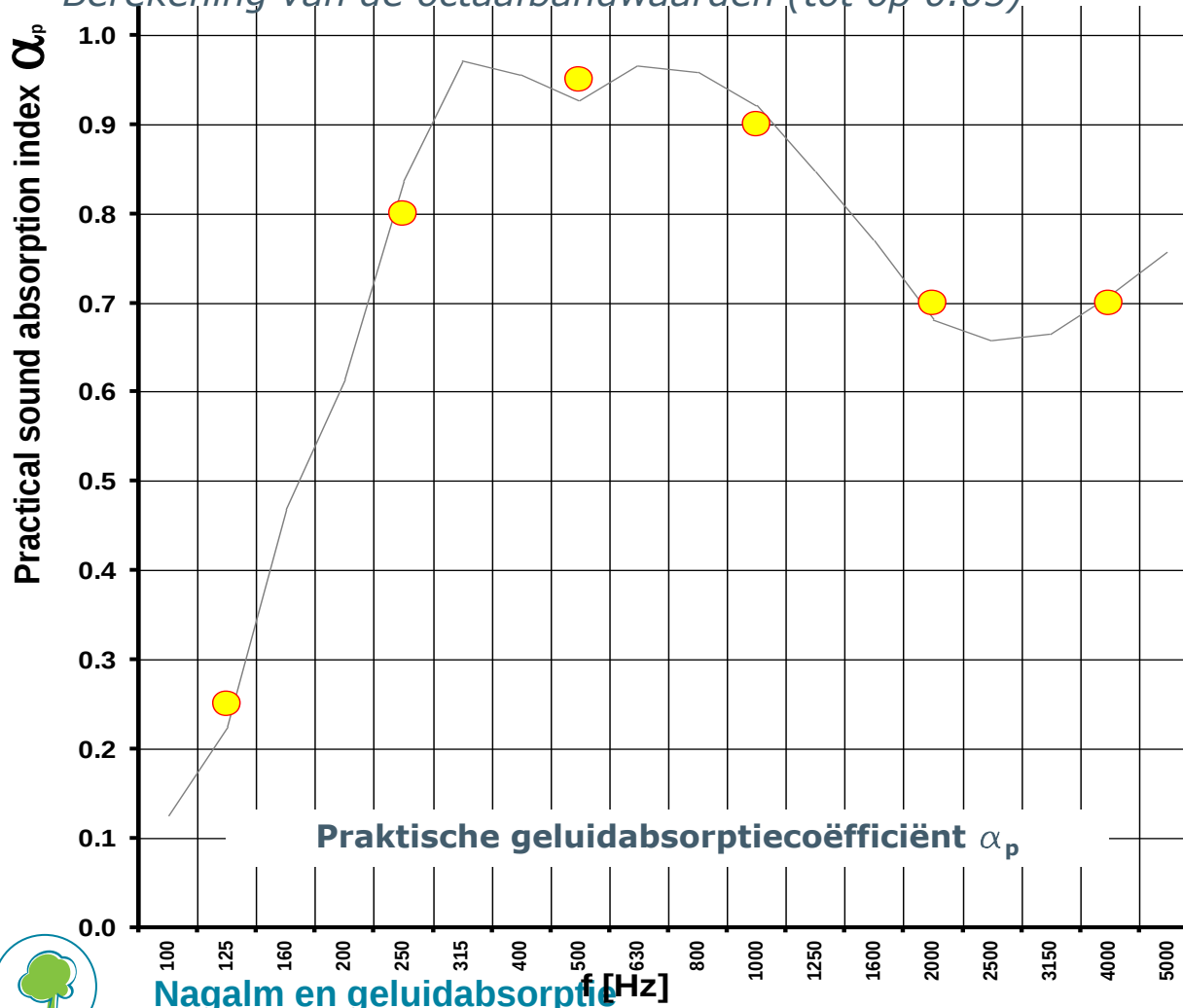
f [Hz]	α_s
50	
63	
80	
100	0.13
125	0.23
160	0.47
200	0.62
250	0.84
315	0.97
400	0.96
500	0.93
630	0.97
800	0.96
1000	0.92
1250	0.85
1600	0.77
2000	0.68
2500	0.66
3150	0.67
4000	0.71
5000	0.76



Productkarakterisering

Gewogen geluidabsorptiecoëfficiënt α_w [-]

Berekening van de octaafbandwaarden (tot op 0.05)

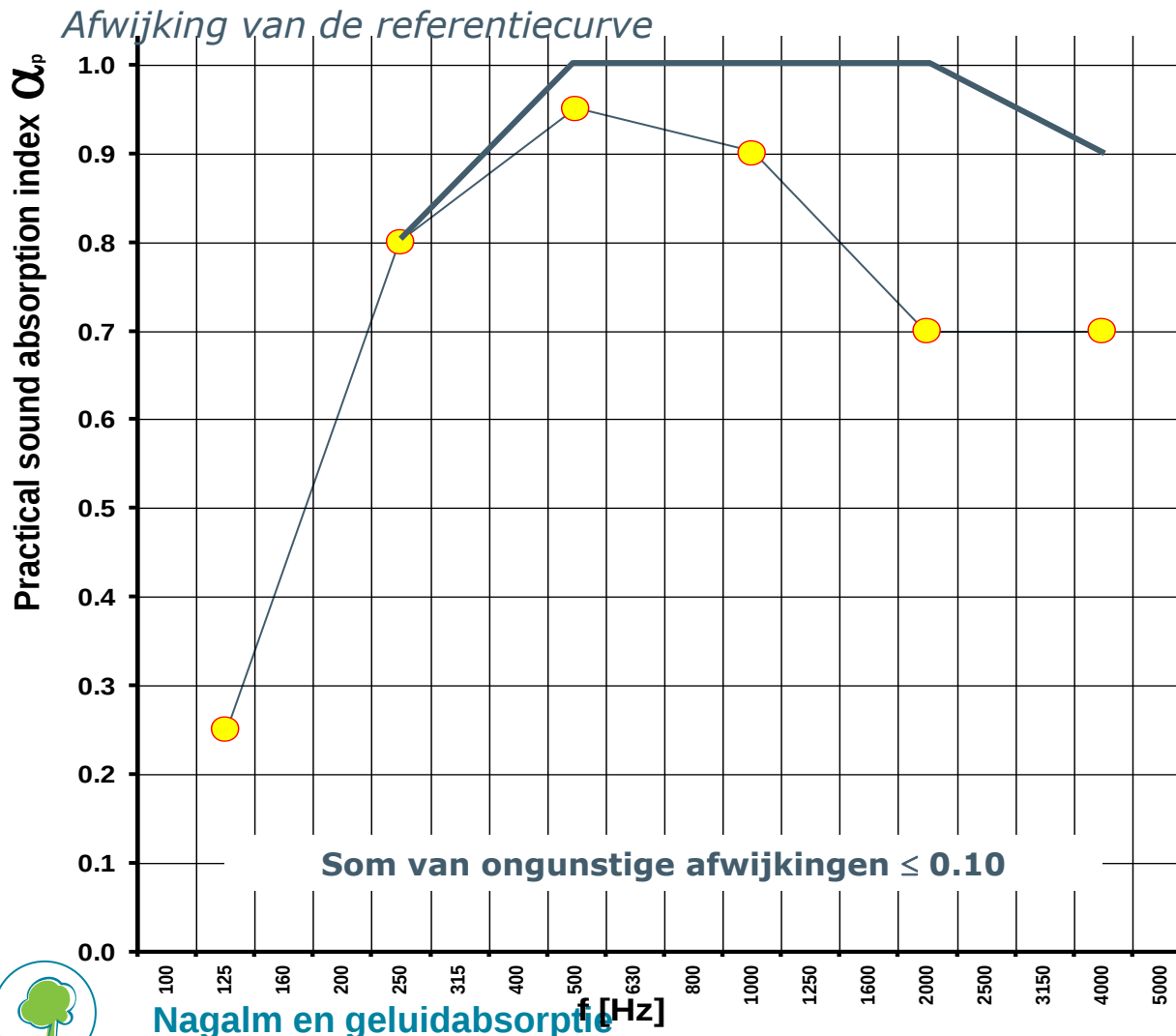


f [Hz]	α_p
50	
63	
80	
100	
125	0.25
160	
200	
250	0.80
315	
400	
500	0.95
630	
800	
1000	0.90
1250	
1600	
2000	0.70
2500	
3150	
4000	0.70
5000	



Productkarakterisering

Gewogen geluidabsorptiecoëfficiënt α_w [-]



f [Hz]	α_p	α_{ref}
50		
63		
80		
100		
125	0.25	
160		
200		
250	0.80	0.80
315		
400		
500	0.95	1.00
630		
800		
1000	0.90	1.00
1250		
1600		
2000	0.70	1.00
2500		
3150		
4000	0.70	0.90
5000		

0

0.05

0.10

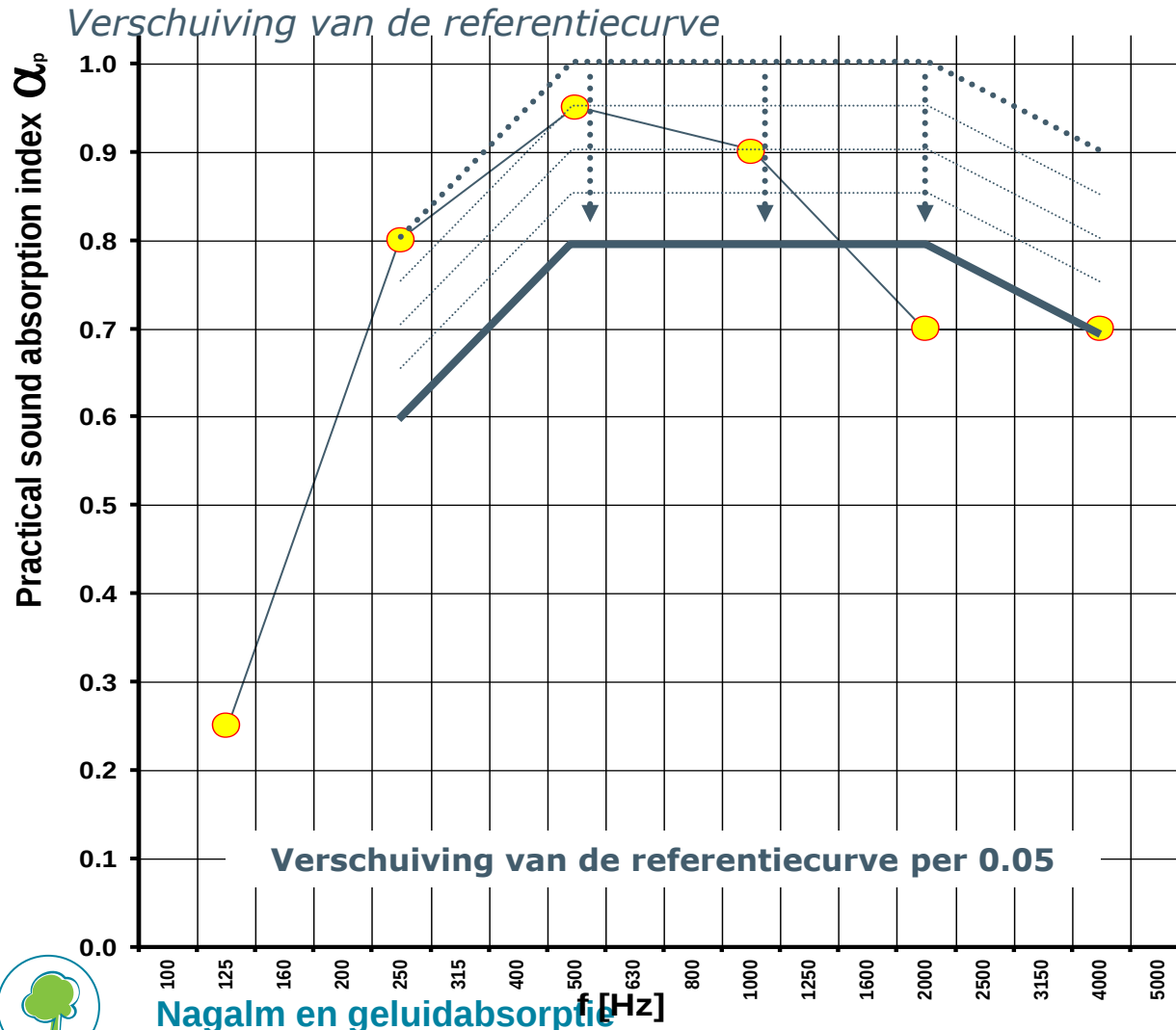
0.30

0.20



Productkarakterisering

Gewogen geluidabsorptiecoëfficiënt α_w [-]

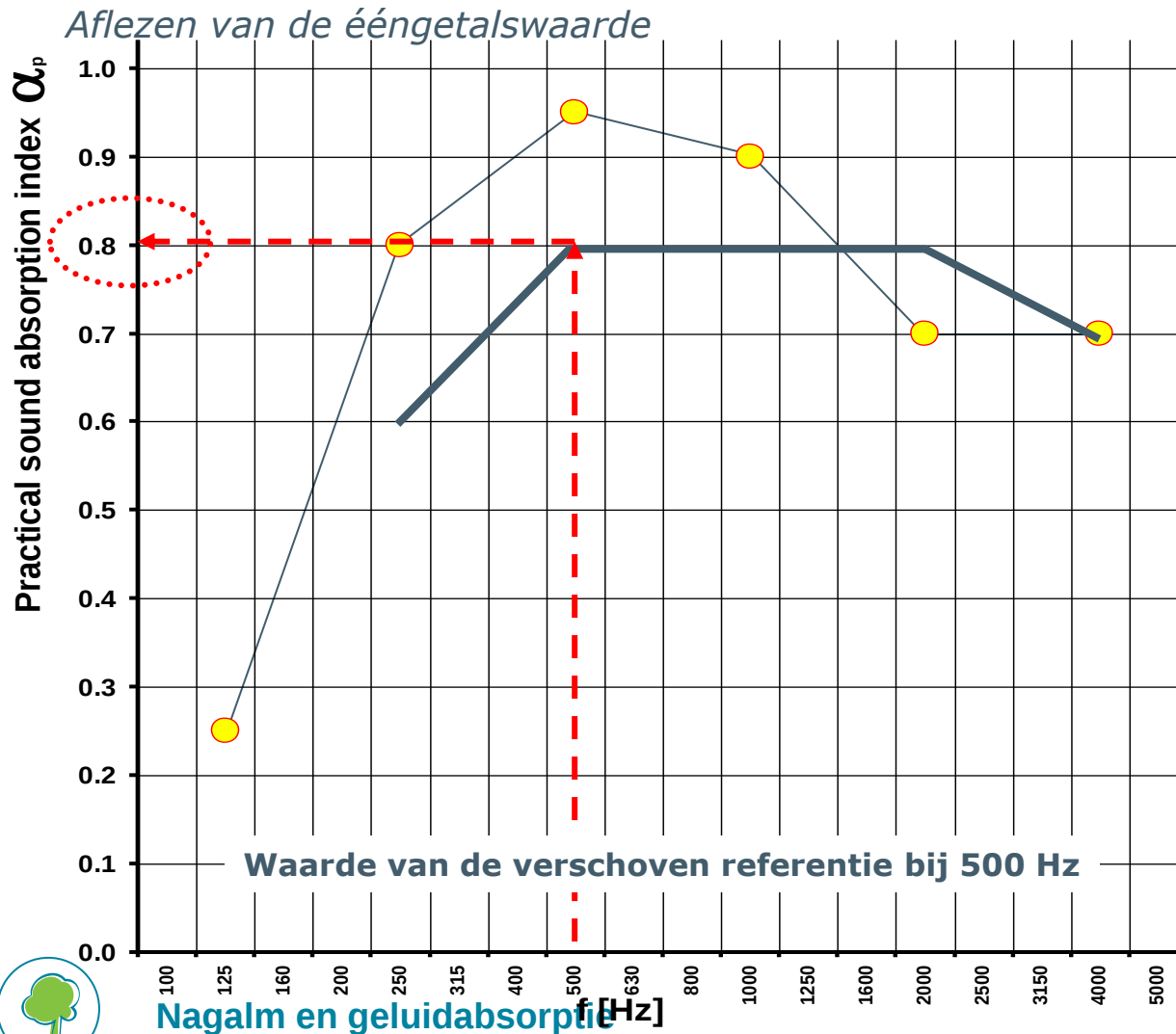


f [Hz]	α_p	$\alpha_{ref,shift}$	
50			
63			
80			
100			
125	0.25		
160			
200			
250	0.80	0.60	0
315			
400			
500	0.95	0.80	0
630			
800			
1000	0.90	0.80	0
1250			
1600			
2000	0.70	0.80	0.10
2500			
3150			
4000	0.70	0.70	0
5000			



Productkarakterisering

Gewogen geluidabsorptiecoëfficiënt α_w [-]



Eengetalswaarde volgens
EN ISO 11654

$$\alpha_w = 0.80$$

Steeds geheel veelvoud van
0.05 !



Algemeen schema van de presentatie

- Fenomeen « Geluidabsorptie »
 - ▶ Geluidabsorptie vs. Isolatie, Geluidabsorberend vermogen, Geluidabsorptie-oppervlakte, Geluidabsorptie in de ruimte, Nagalm, Akoestisch correctie
- Productkarakterisering
 - ▶ Absorptiecoëfficiënt
- Ruimte-akoestische comforteisen
 - ▶ Minimale absorptie, maximale nagalmtijd
 - ▶ NBN S 01-400-1: woongebouwen (2008)
 - ▶ NBN S 01-400-2 : schoolgebouwen (2012)
- Dimensioneringsprincipes
 - ▶ Rekenvoorbeelden



Ruimte-akoestische comforteisen

NBN S 01-400-1:2008

9) Nagalmtijd en absorptie

9.1 Meetspecificaties

De eindafwerking en inrichting beïnvloedt de nagalmtijd. De meetverslagen dienen steeds een beschrijving te bevatten van de toestand van de ruimten op het moment van de meting.

9.2 Eisen

De beperking van hinder door overdreven galm in circulatieruimten die meerdere volgende bepalingen:

In gangen, traphallen en inkomhallen moeten geluidabsorberende voorzieningen de totale gewogen equivalente geluidabsorptieoppervlakte (A_w) minstens gelijk geprojecteerde begaanbare oppervlakte (S_w) van gangen, trappen en bordessen gebouwen aan de hand van een berekening steunende op de productinformatie voorzieningen.

In het geval van toegangsruimten onder de vorm van een atrium wordt geen lager is dan de grootste van beide waarden: 1,5 s en $lg(V/50)$ [s].

NBN S 01-400-2 (2012)

9 Nagalmtijd en geluidabsorptie

9.1 Ontwerp- en meetspecificaties

De ontwerpwaarden zijn gebaseerd op de oppervlaktegemiddelde waarde van de gewogen geluidabsorptiecoëfficiënt α_w of op de totale gewogen equivalente geluidabsorptieoppervlakte A_w voor de ruimte. Beide dienen bepaald te worden voor de afgewerkte, onbemeubelde ruimte gebaseerd op de geluidabsorberende eigenschappen van de begrensooppervlakken van de ruimte. Deze geluidabsorberende eigenschappen worden in een nagalkamer gemeten volgens NBN EN ISO 354 en omgezet in een één-getalwaarde volgens NBN EN ISO 11834.

De nagalmeiteisen voor het afgewerkte gebouw worden na voltooiing geïmplementeerd in de onbezette en onbemeubelde ruimte volgens de normen NBN EN ISO 3382-1 of NBN EN ISO 3382-2 (engineering method).

Indien vaste klupstoelen of inschuifbare tribunes aanwezig zijn, dienen deze in opgedaapte respectievelijk ingeschoven toestand te zijn gedurende de evaluatiemetingen. De nominale nagalmtijd wordt bepaald als het rekenkundig gemiddelde van de nagalmtijden in de octaafbanden van 500 Hz, 1000 Hz en 2000 Hz.

9.2 Eisen

Om een goede spraakverstaanbaarheid te waarborgen en om overdreven galm te vermijden worden eisen opgelegd – al naar gelang de beschouwde ruimte – aan de oppervlaktegemiddelde waarde van de gewogen geluidabsorptiecoëfficiënt α_w , de totale gewogen equivalente geluidabsorptieoppervlakte A_w en de nominale nagalmtijd T_{nec} van de ruimte.

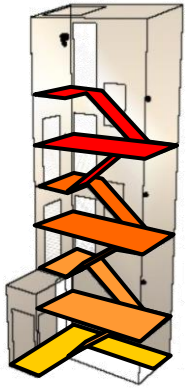
De eisen voor de ruimten vermeld in Tabel 7 en Tabel 8 maken telkens onderscheid tussen normale eisen en verhoogde eisen. Er dient voldaan te worden aan de verhoogde eisen wanneer de spraakverstaanbaarheid extra aandacht verdient, bijvoorbeeld wanneer de ruimte gebruikt wordt door kinderverleeringen/studenten met auditieve of communicatieve beperkingen.



Ruimte-akoestische comforteisen

Woongebouwen : minimale absorptie

NBN S01-400-1:2008 "Akoestische criteria voor woongebouwen"



Minimale absorptie-eis

$$A_w \geq 0.3 \times S_H \longrightarrow \text{Geprojecteerde begaanbare oppervlakte}$$

gangen



traphallen



inkomhallen



ABSORPTIE

LAWAAIERIGHEID



Ruimte-akoestische comforteisen

Woongebouwen : maximale nagalmtijd

NBN S01-400-1:2008 "Akoestische criteria voor woongebouwen"

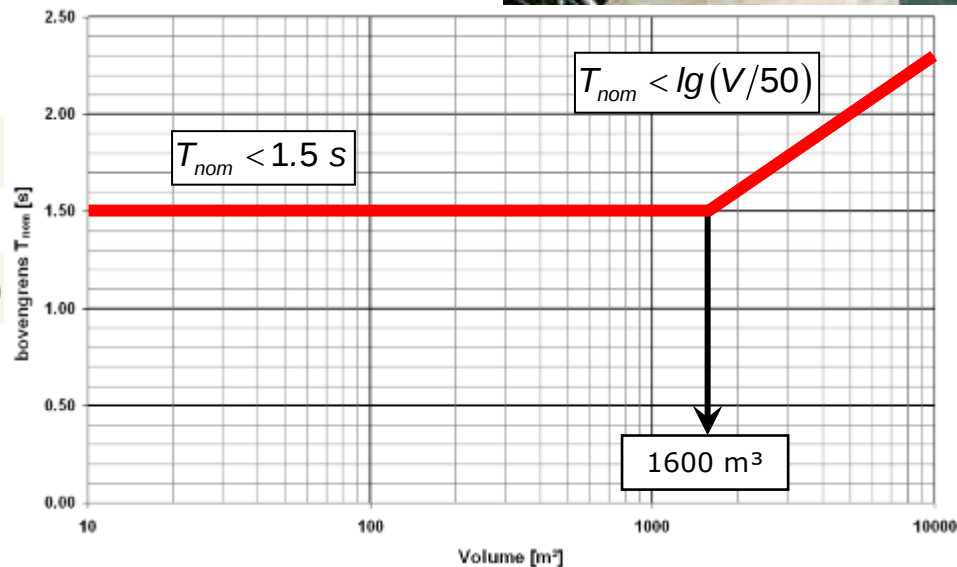
Maximale nagalmtijd-eis

Toegangsruimten onder de vorm van een atrium :

$$T_{nom} < 1,5 \text{ s}$$

$$T_{nom} < \log(V/50)$$

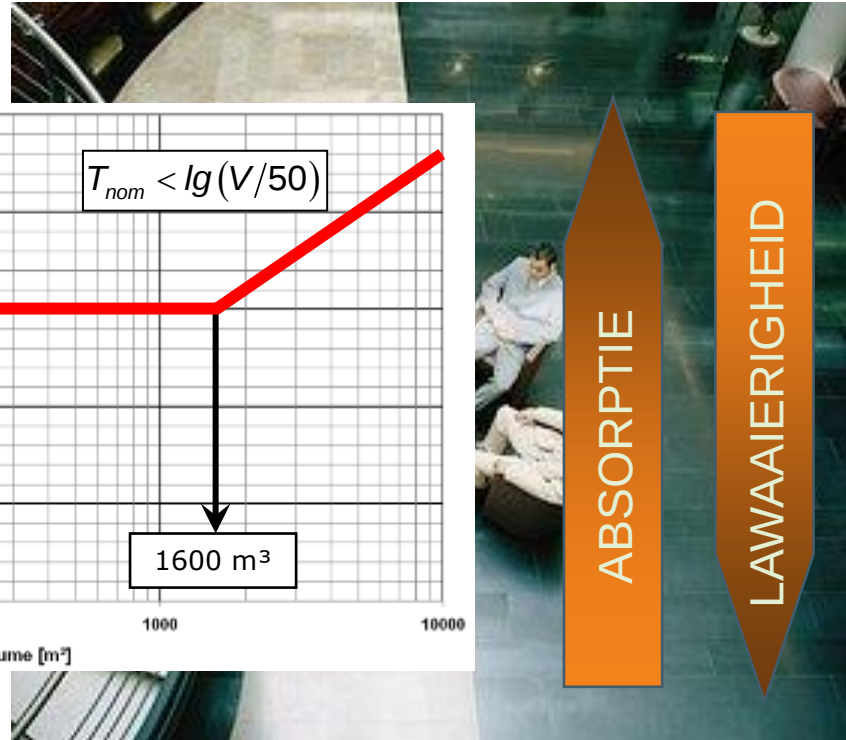
Gemiddelde waarde bij
500Hz en 1000 Hz



$$T_{nom} = \frac{T_{500\text{Hz}} + T_{1000\text{Hz}}}{2}$$



Nagalm en geluidabsorptie



Ruimte-akoestische comforteisen

Schoolgebouwen

NBN S01-400-2:2012 "Akoestische criteria voor schoolgebouwen"

Uitgangspunten

- Verzekeren van de spraakverstaanbaarheid
- Vermijden van overdreven nagalm
- Ontwerpeisen : **minimale absorptie** (gemiddelde α_w of totale A_w) → controle door berekening uitgaande van de eigenschappen van de begrenzingsoppervlakken (NBN EN ISO 354)
- Eisen voor het afgewerkte en onbemeubelde gebouw: **maximale nominale nagalmtijd** T_{nom} (500 Hz, 1000 Hz, **2000 Hz**) → controle door meting (NBN EN ISO 3382-1 of -2), tolerantie : 10%
- Indien voldaan aan de nagalmtijdeisen (door meting) : minimale absorptie-eisen vervallen
- Indien **niet** voldaan aan de nagalmtijdeisen (door meting) : de gebouwde situatie voldoet aan de norm indien voldaan is aan de absorptie-eisen (door berekening) én goed vakmanschap aan de dag gelegd werd. In dat geval is sterk aanbevolen om extra geluidabsorberende materialen te voorzien (andere afwerkingsmaterialen of aangepaste bemeubeling)



Ruimte-akoestische comforteisen

Schoolgebouwen : minimale absorptie

NBN S01-400-2:2012 "Akoestische criteria voor schoolgebouwen"

Ontwerpeisen

$$\overline{\alpha}_W = A_W / S = \sum_i \alpha_{w,i} S_i / \sum_i S_i$$

Tabel 7 – Ontwerpeisen m.b.t. geluidabsorptie in schoolgebouwen

	Normale eis	Verhoogde eis
leslokaal sporthal, turnzaal, binnenspeelplaats atrium eetruimte	$\overline{\alpha}_W \geq 0,2$	$\overline{\alpha}_W \geq 0,25$
gang, traphal, (inkom)hal, ontmoetingsruimte	$A_W \geq 0,4 \times S_H$ (*)	$A_W \geq 0,5 \times S_H$ (*)

(*) enkel oppervlakteafwerkingen met $\alpha_W > 0,05$ mogen worden meegerekend

NOOT: In ruimten waar spraakverstaanbaarheid belangrijk is dienen grote parallelle overstaande geluidreflecterende vlakken op meer dan 8,5 m van elkaar vermeden te worden, in het bijzonder wanneer de geluidabsorptie in de ruimte hoofdzakelijk geconcentreerd is op één enkel begrenzingsvlak (b.v. het plafond). Als deze tegenoverstaande wanden verticaal zijn, dan dient minstens één van hen geluidabsorberend of geluiddifuserend afgewerkt te worden, ten minste in zijn onderste zone (i.e. tot op een hoogte van 2 m).



Ruimte-akoestische comforteisen

Schoolgebouwen : maximale nagalmtijd

NBN S01-400-2:2012 "Akoestische criteria voor schoolgebouwen"

Eisen aan afgewerkte en onbemeubelde ruimten

Tabel 8 – Nagalmtijdeisen voor afgewerkte en onbemeubelde ruimten in schoolgebouwen

	T_0 [s] ⁽¹⁾	Normale eis	Verhoogde eis
Leslokaal ⁽²⁾			
regulier klaslokaal, auditorium, seminarielokaal, bijleslokaal, taallabo	$0,35 \times \lg(1,25 \times V)$	$T_{nom} \leq T_0$	$T_{nom} \leq 0,8 \times T_0$
kleuterschool spelruimte en kleuterschool rustige ruimte	0,6 s		
landschapleslokaal	specifieke akoestische studie vereist (zie 9.3)		
Sporthal, turnzaal ⁽²⁾ , binnenspeelplaats			
	$\lg(V/50)$	$T_{nom} \leq T_0$; $T_{nom} \leq 2,4$ s	$T_{nom} \leq T_0 - 0,4$ s ; $T_{nom} \leq 2$ s
Atrium			
	$\lg(V/20)$	$T_{nom} \leq T_0$	$T_{nom} \leq T_0 - 0,4$ s
Eetruimte			
	1 s	$T_{nom} \leq T_0$	$T_{nom} \leq T_0 - 0,4$ s
Gang, traphal, (inkom)hal, ontmoetingsruimte			
	geen specifieke nagalmtijdeisen		

-10%
indien bemeubeld

10%
evaluatiemarge

$T \leq T_0$
voor andere
geluidgevoelige ruimten



Ruimte-akoestische comforteisen

Schoolgebouwen : maximale nagalmtijd

referentienagalmtijden voor ruimten met verschillende functies [aangepast van (Shield & Hopkins, 2004)]

NBN S01-400-2:2012
"Akoestische criteria
voor schoolgebouwen"

Eisen aan afgewerkte en
onbemeubelde ruimten

Type ruimte	Bovengrens voor het gestandaardiseerde installatieniveau	Referentienagalmtijd
	$L_{Aeq,nT,stat}$ [dB]	$T_0^{(1)}$ [s]
LESLOKALEN		
Kleuterschool	35	0.6
speelruimten	35	0.6
Rustige ruimten	35	0.6
Lagere school, secundaire school, hoger onderwijs	35	$0,35 \times \lg(1,25 \times V)$
reguliere klaslokalen, lokalen voor kleine groepen, seminarie lokalen, bijleslokalen, taallabo's	40	0.8
Landschapsleslokalen	40	0.8
Aula's, auditoria	35	$0,35 \times \lg(1,25 \times V)$
klein (< 50 personen)	30	$0,35 \times \lg(1,25 \times V)$
groot (> 50 personen)	30	$0,35 \times \lg(1,25 \times V)$
SPECIFIEK ONDERWIJS		
Muziek		
lokalen voor muziekonderricht	35	1
kleine oefenlokalen	35	0.8
lokalen voor samenspel	30	0.9
concerte ruimtes	30	1.3
opnameruimtes	30	0.8
controlekamers opnames	35	0.5
Ontwerp en technologie		
ateliers	40	0.8
elektronica, textiel, voeding, grafisch ontwerp	40	0.8
Wetenschap		
wetenschapslabo's	40	0.8
Uitvoerende kunsten		
kunstlokalen	40	0.8
dansstudio's	40	1.2
voordrachtstudio's	30	1
Sport		
sporthallen, turnzalen	40	$\lg(V/50)$
zwembaden	50	2

Type ruimte	Bovengrens voor het gestandaardiseerde installatieniveau	Referentienagalmtijd
	$L_{Aeq,nT,stat}$ [dB]	$T_0^{(1)}$ [s]
STILLE RUIMTEN		
Studielokalen		
individuele studie, remediëringslokalen, lesvoorbereiding	35	0.8
Bibliotheken		
studiezones	35	1
opzoekingsruimten	40	1
BIJENKOMSTRUIMTEN		
Polyvalente zalen		
drama, gym, voorstellingen, bijeenkomsten, occasioneel muziek	35	1.0
audiovisuele en videoconferentie lokalen	35	0.8
ruimten voor interview of voor medische raadpleging	35	0.8
Eetruimten		
	45	1
Binnenspeelplaatsen		
	50	$\lg(V/50)$
CIRCULATIERUIMTEN		
atria	45	$\lg(V/20)$
circulatierruimten, ontmoetingsruimten	45	1
BIJRUIMTEN		
keukens	50 ⁽²⁾	1.5
bureaus, leraarskamers, vergaderruimten	40	1
sanitaire ruimten	65	1.5
technische ruimten	85	0.8
vestiaire en omkleedruimtes	-	1.5
printer/copy lokalen	-	1
fietsenstalling	-	1.5
parkeergarage	-	2

-10%
indien bemeubeld

10%
evaluatiemarge

$T \leq T_0$
voor andere ruimten met
normale of hoge
geluidgevoeligheid



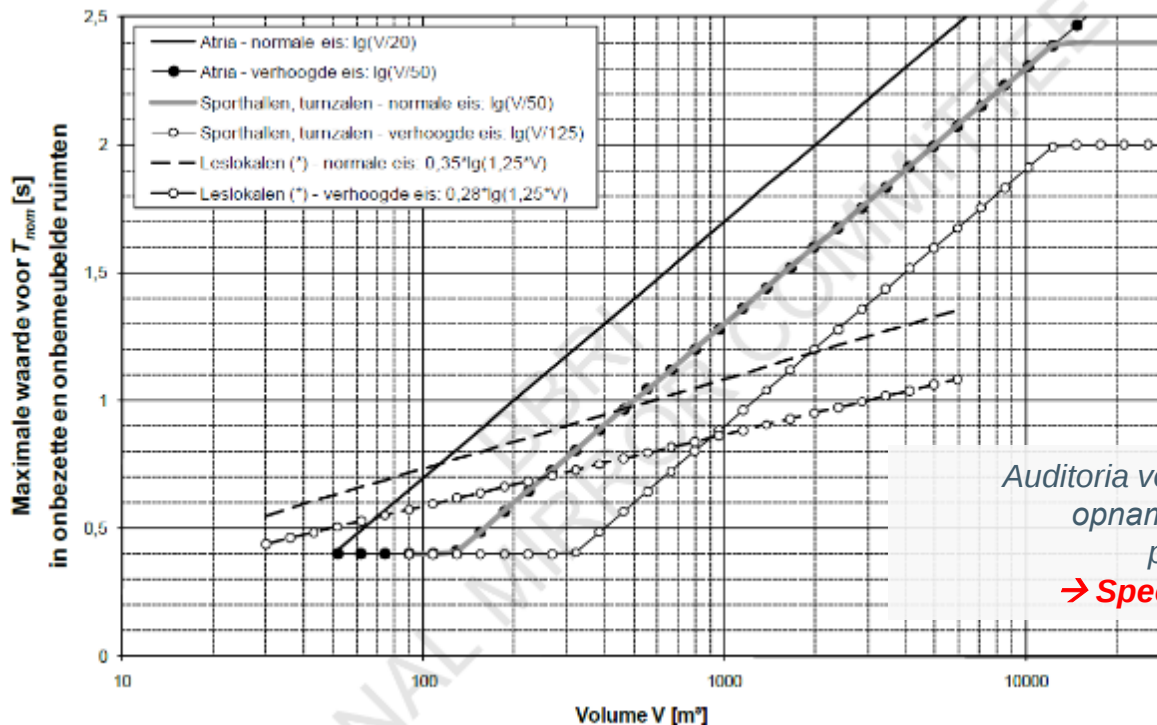
Ruimte-akoestische comforteisen

Schoolgebouwen : maximale nagalmtijd

NBN S01-400-2:2012 "Akoestische criteria voor schoolgebouwen"

Eisen aan afgewerkte en onbemeubelde ruimten

Grafiek 1 – Nagalmtijdeisen voor T_{nom} voor enkele ruimten uit Tabel 8



Auditoria voor meer dan 50 pers., concerteerruimtes,
opnamestudio's, controlekamers voor opnames,
polyvalente zalen en landschapsleslokalen

→ Specifieke akoestische studie noodzakelijk

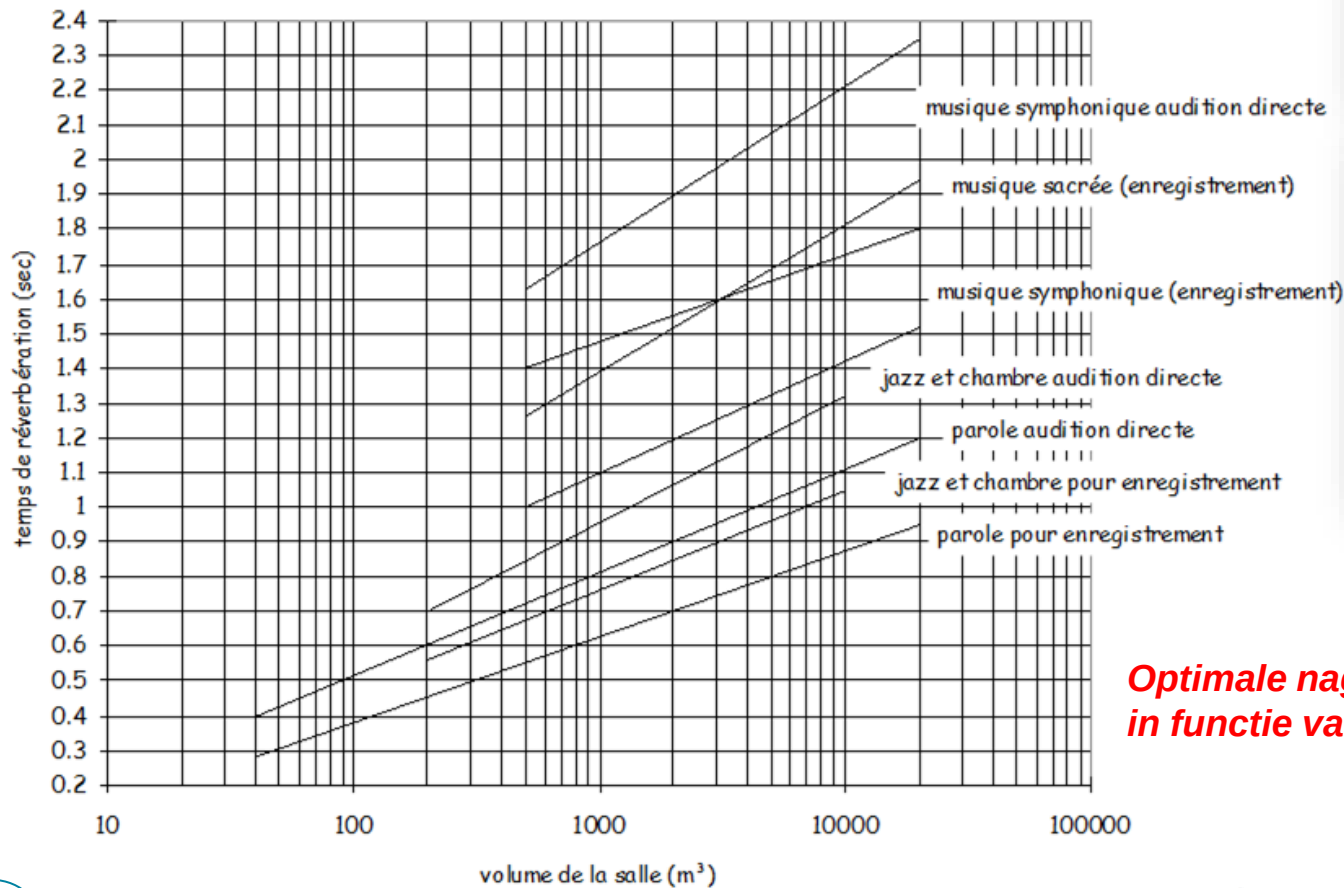
(*) uitgezonderd landschapsleslokalen, kleuterschool spelruimten en kleuterschool rustige ruimten



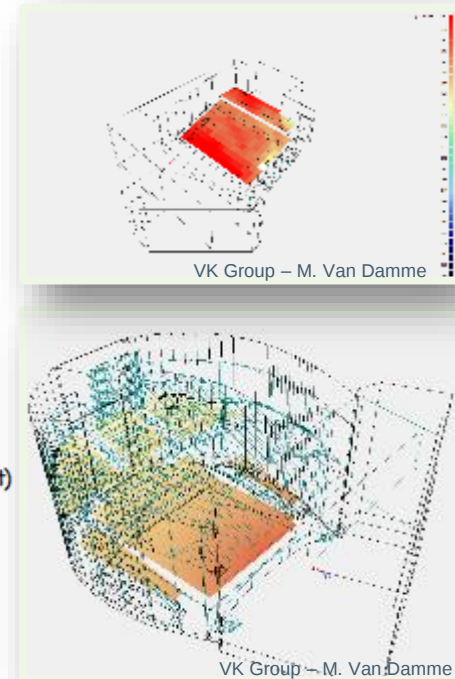
Ruimte-akoestische comforteisen

Specifieke zalen

Enkele aanbevelingen uit de literatuur ...



**Optimale nagalmtijd bij 1000 Hz
in functie van het volume**



Algemeen schema van de presentatie

- Fenomeen « Geluidabsorptie »
 - ▶ Geluidabsorptie vs. Isolatie, Geluidabsorberend vermogen, Geluidabsorptie-oppervlakte, Geluidabsorptie in de ruimte, Nagalm, Akoestisch correctie
- Productkarakterisering
 - ▶ Absorptiecoëfficiënt
- Ruimte-akoestische comforteisen
 - ▶ Minimale absorptie, maximale nagalmtijd
 - ▶ NBN S 01-400-1: woongebouwen (2008)
 - ▶ NBN S 01-400-2 : schoolgebouwen (2012)
- Dimensioneringsprincipes
 - ▶ Rekenvoorbeelden



Dimensioneringsprincipes

Berekening van de absorptieoppervlakte A_w

Toepassingsvoorbeeld 01

Een inkomhal van een appartementsgebouw van 4.5 m lang, 1.5 m breed en 2.5 m hoog. De vloer is bedekt met natuursteen, muren en plafond zijn bepleisterd, toegangsdeuren zijn beglaasd.

NBN S 01-400-1(2008)

In gangen, traphallen en inkomhallen van woongebouwen, is de totale gewogen equivalente geluidabsorptieoppervlakte A_w minstens gelijk is aan 0,3 maal de horizontaal geprojecteerde begaanbare oppervlakte (S_H)

$$A_w \geq 0.3 S_H$$

Voor één afwerkingsoppervlak, met geluidabsorptiecoëfficiënt α_w en oppervlakte S :

$$A_w = \underbrace{\alpha_w}_{\text{vb. wand}} S \quad \text{Berekening op basis van de eengetalswaarde } \alpha_w$$

Voor de volledige ruimte, met de verschillende afwerkingsmaterialen $\alpha_{w,n}$ en hun resp. oppervlaktes S_n :

$$A_w = \underbrace{\alpha_{w,1} S_1}_{\text{wand}} + \underbrace{\alpha_{w,2} S_2}_{\text{beglazing}} + \underbrace{\alpha_{w,3} S_3}_{\text{vloer}} + \dots + \alpha_{w,n} S_n \quad \text{Eengetalswaarden !}$$



Dimensioneringsprincipes

Berekening van de absorptieoppervlakte A_w

Toepassingsvoorbeeld 01

Een inkomhal van een appartementsgebouw van 4.5 m lang, 1.5 m breed en 2.5 m hoog. De vloer is bedekt met natuursteen, muren en plafond zijn bepleisterd, toegangsdeuren zijn beglaasd.

NBN S 01-400-1(2008)

In gangen, traphallen en inkomhallen van woongebouwen, is de totale gewogen equivalente geluid-absorptieoppervlakte A_w minstens gelijk is aan 0,3 maal de horizontaal geprojecteerde begaanbare oppervlakte (S_H)

$$A_w = 1.84 \text{ m}^2 \leq 0.3 S_h = 2.03 \text{ m}^2 \rightarrow \text{de eis is niet gerespecteerd}$$

			(geen spectrale waarden nodig voor de berekening)						α_w	A_w
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz		
Marbre	7	m ²	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0	0
Enduit	29	m ²	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	1.46
Verre	8	m ²	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	0.38

$$A_w = \alpha_{w,1} S_1 + \alpha_{w,2} S_2 + \alpha_{w,3} S_3 = 1.84 \text{ m}^2$$



Dimensioneringsprincipes

Berekening van de absorptieoppervlakte A_w

Toepassingsvoorbeeld 01

Een inkomhal van een appartementsgebouw van 4.5 m lang, 1.5 m breed en 2.5 m hoog. De vloer is bedekt met **tegels**, muren en plafond zijn bepleisterd, toegangsdeuren zijn beglaasd.

NBN S 01-400-1(2008)

In gangen, traphallen en inkomhallen van woongebouwen, is de totale gewogen equivalente geluid-absorptieoppervlakte A_w minstens gelijk is aan 0,3 maal de horizontaal geprojecteerde begaanbare oppervlakte (S_H)

$$A_w = 2.51 \text{ m}^2 \geq 0.3 S_h = 2.03 \text{ m}^2 \rightarrow \text{de eis is gerespecteerd}$$

(geen spectrale waarden nodig voor de berekening)

			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	α_w	A_w
Tegels	7	m²	0.01	0.05	0.09	0.10	0.10	0.10	0.1	0.68
Enduit	29	m²	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	1.46
Verre	8	m²	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	0.38

$$A_w = \alpha_{w,1} S_1 + \alpha_{w,2} S_2 + \alpha_{w,3} S_3 = 2.51 \text{ m}^2$$



Dimensioneringsprincipes

Berekening van de absorptieoppervlakte A_w

Controle van de NBN-eis op basis van de dimensioneringsberekeningen → controle van **oppervlakten** en gehanteerde **eengetalswaarden** α_w voor de afwerkingsmaterialen

NBN S 01-400-1(2008)

In gangen, traphallen en inkomhallen van woongebouwen, is de totale gewogen equivalente geluid-absorptieoppervlakte A_w minstens gelijk is aan 0,3 maal de horizontaal geprojecteerde begaanbare oppervlakte (S_H)

$$A_w \geq 0.3 S_H$$

Het rekenvoorbeeld illustreert duidelijk dat deze **NBN-eis quasi steeds gerespecteerd** wordt, zelfs indien vrijwel geen speciale geluidabsorberende voorzieningen in de ruimte aanwezig zijn.

Het toevoegen van geluidabsorberend materiaal blijft echter nog altijd wenselijk, bijvoorbeeld door het realiseren van een absorberend verlaagd plafond.



Dimensioneringsprincipes

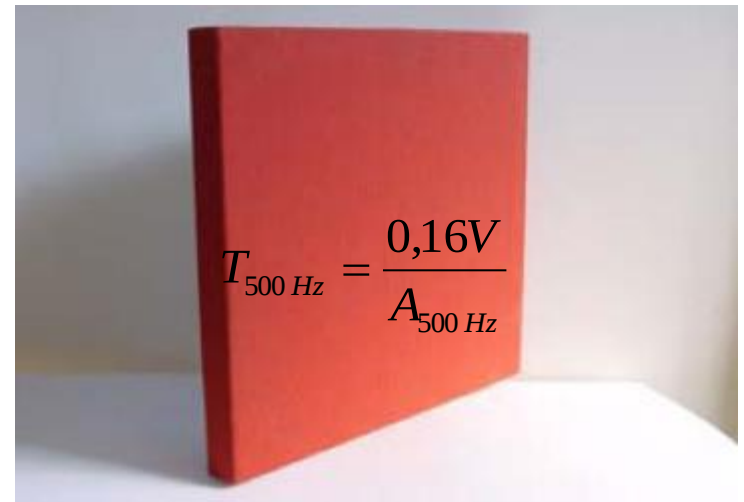
Berekening van de nagalmtijd T

Toepassingsvoorbeeld 02

Een zaal met $L=15\text{m}$; $B = 10\text{m}$ en $H=6\text{m}$. De muren, de vloer en het plafond zijn afgewerkt met een houtsoort met absorptiecoëfficiënt van 0.15 bij 500 Hz. Een van de muren is bedekt met een katoenen doek ($6\text{ m} \times 6\text{ m}$), rechtstreeks op het hout aangebracht, en met een absorptiecoëfficiënt van 0.80 bij 500 Hz .

Wat zal, bij renovatie van de zaal, het effect zijn op de **nagalmtijd bij 500 Hz** wanneer dit doek wordt verwijderd ?

$V = 900\text{ m}^3$			500 Hz	A_{500}
hout	600	m^2	0.15	90 m^2
doek	0	m^2	0.80	0 m^2
$T_{500} = 1.6\text{ s}$				90 m^2



Dimensioneringsprincipes

Berekening van de nagalmtijd T

Toepassingsvoorbeeld 02

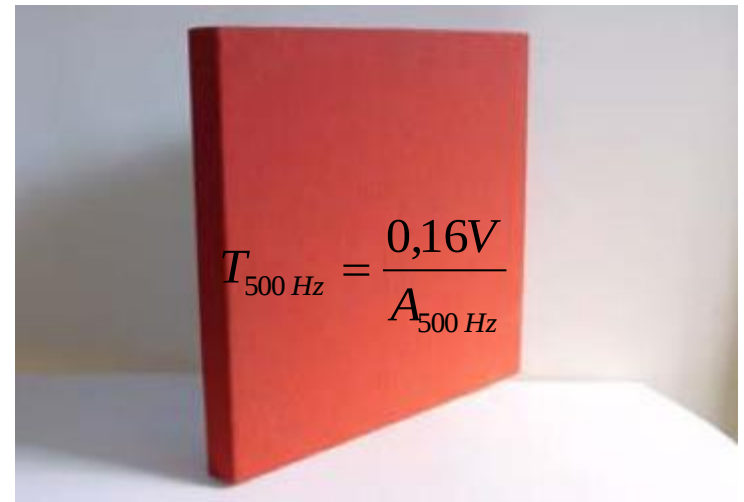
Een zaal met $L=15\text{m}$; $B = 10\text{m}$ en $H=6\text{m}$. De muren, de vloer en het plafond zijn afgewerkt met een houtsoort met absorptiecoëfficiënt van 0.15 bij 500 Hz. Een van de muren is bedekt met een katoenen doek ($6\text{ m} \times 6\text{ m}$), rechtstreeks op het hout aangebracht, en met een absorptiecoëfficiënt van 0.80 bij 500 Hz .

Wat zal, bij renovatie van de zaal, het effect zijn op de **nagalmtijd bij 500 Hz** wanneer dit doek wordt verwijderd ?

$V = 900\text{ m}^3$		500 Hz	A_{500}
hout	564 m^2	0.15	85 m^2
doek	36 m^2	0.80	28 m^2
$T_{500} = 1.3\text{ s}$			113 m^2



Relatief beperkte invloed ...



Dimensioneringsprincipes

Berekening van de nominale nagalmtijd (T_{nom})

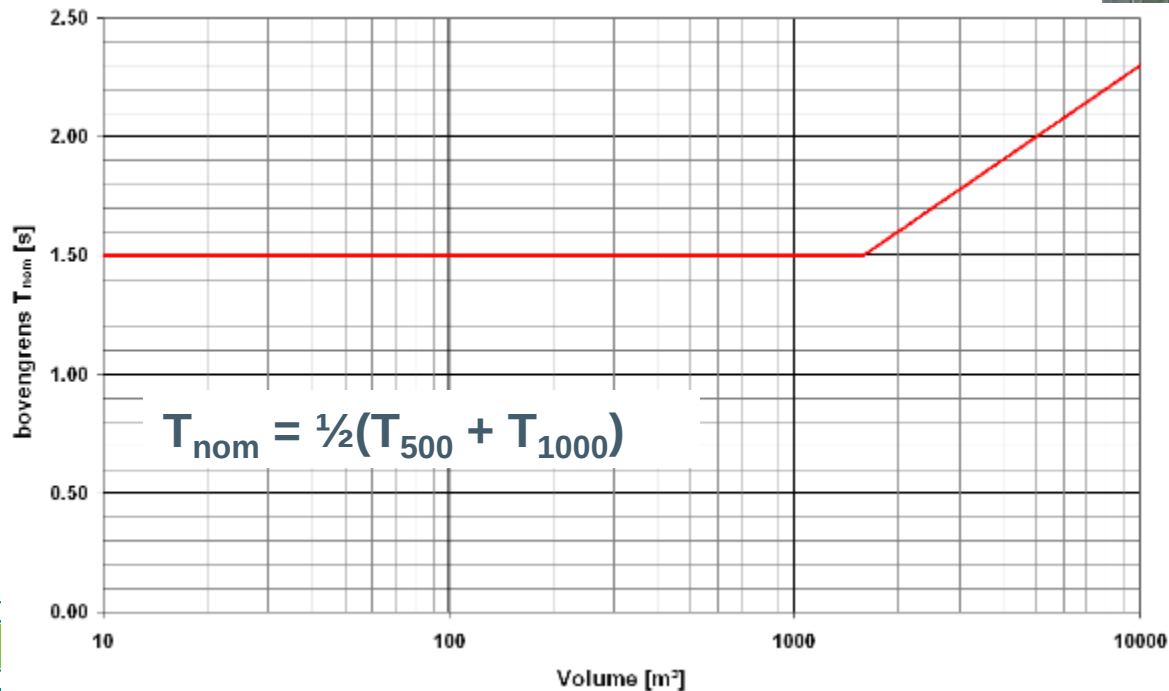
NBN S 01-400-1(2008) - woongebouwen

In geval van toegangsruimten onder de vorm van een atrium, dient de nominale nagalmtijd lager te zijn dan de grootste van beide waarden :

$$T_{nom} < 1.5 \text{ (s)}$$

$$T_{nom} < \log(V/50) \text{ (s)}$$

Eis gecontroleerd door meting in het afgewerkte gebouw



Dimensioneringsprincipes

Berekening van de nominale nagalmtijd (T_{nom})

NBN S 01-400-1(2008) - woongebouwen

In geval van toegangsruimten onder de vorm van een atrium, dient de nominale nagalmtijd lager te zijn dan de grootste van beide waarden :

$$T_{nom} < 1.5 \text{ (s)}$$

$$T_{nom} < \log(V/50) \text{ (s)}$$

Dimensioneringsberekening?

Berekening van de totale equivalente absorptieoppervlaktes bij 500 Hz (A_{500}) en 1000 Hz (A_{1000})

$$A_{500 \text{ Hz}} = \alpha_{500 \text{ Hz},1} S_1 + \alpha_{500 \text{ Hz},2} S_2 + \alpha_{500 \text{ Hz},3} S_3 + \dots + \alpha_{500 \text{ Hz},n} S_n$$

$$A_{1000 \text{ Hz}} = \underbrace{\alpha_{1000 \text{ Hz},1} S_1}_{\text{wanden}} + \underbrace{\alpha_{1000 \text{ Hz},2} S_2}_{\text{beglazingen}} + \underbrace{\alpha_{1000 \text{ Hz},3} S_3}_{\text{vloer}} + \dots + \alpha_{1000 \text{ Hz},n} S_n$$

...

... op basis van de absorptiecoëfficiënten bij 500 Hz (α_{500}) en 1000 Hz (α_{1000}) voor alle aanwezige afwerkingsmaterialen in de ruimte



Dimensioneringsprincipes

Berekening van de nominale nagalmtijd (T_{nom})

NBN S 01-400-1(2008) - woongebouwen

In geval van toegangsruimten onder de vorm van een atrium, dient de nominale nagalmtijd lager te zijn dan de grootste van beide waarden :

$$T_{nom} < 1.5 \text{ (s)}$$

$$T_{nom} < \log(V/50) \text{ (s)}$$

?

Dimensioneringsberekening?

Berekening van de nagalmtijd bij 500 Hz (T_{500}) en 1000 Hz (T_{1000}) op basis van de wet van Sabine

$$T_{500 \text{ Hz}} = \frac{0,16V}{A_{500 \text{ Hz}}}$$

$$T_{1000 \text{ Hz}} = \frac{0,16V}{A_{1000 \text{ Hz}}}$$



$$T_{nom} = \frac{T_{500 \text{ Hz}} + T_{1000 \text{ Hz}}}{2}$$



Dimensioneringsprincipes

Berekening van de nominale nagalmtijd (T_{nom})

Toepassingsvoorbeeld 03

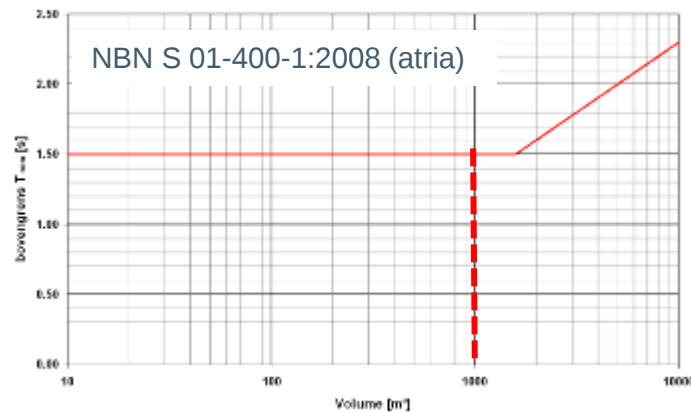
Atrium van een prestigieus woongebouw met lengte 10 m, breedte 10 m en hoogte 10 m.
Vloer bekleed met tegels, muren bepleisterd, plafond beglaasd.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	A_{500}	A_{1000}
Tegels, 100 m ²	0.01	0.05	0.09	0.10	0.10	0.10	9	10
Pleister, 400 m ²	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	8	12
Glas, 100 m ²	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	3	2

$$A_{500 \text{ Hz}} = 20 \text{ m}^2 \rightarrow T_{500 \text{ Hz}} = \frac{0,16V}{A_{500 \text{ Hz}}} = 8 \text{ s}$$

$$A_{1000 \text{ Hz}} = 24 \text{ m}^2 \rightarrow T_{1000 \text{ Hz}} = \frac{0,16V}{A_{1000 \text{ Hz}}} = 6.7 \text{ s}$$

$$T_{nom} = \frac{T_{500 \text{ Hz}} + T_{1000 \text{ Hz}}}{2} = 7.3 \text{ s}$$



$$T_{nom} = 7.3 \text{ s} > 1.5 \text{ s} \quad (V=1000 \text{ m}^3)$$

→ De NBN-eis is niet gerespecteerd



Dimensioneringsprincipes

Berekening van de nominale nagalmtijd (T_{nom})

Toepassingsvoorbeeld 03

Atrium van een prestigieus woongebouw met lengte 10 m, breedte 10 m en hoogte 10 m. Vloer bekleed met tegels, muren bepleisterd, plafond beglaasd.

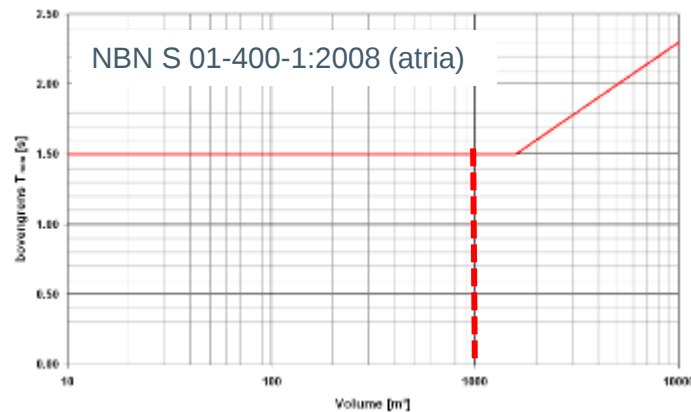
Het **plafond** wordt voorzien van een **poreus absorberende afwerking met glasvlies**.

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	A_{500}	A_{1000}
Tegels, 100 m ²	0.01	0.05	0.09	0.10	0.10	0.10	9	10
Pleister, 400 m ²	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	8	12
Absorb. plaf., 100 m ²	0.03	0.03	1	1	0.02	0.02	100	100

$$A_{500 \text{ Hz}} = 117 \text{ m}^2 \rightarrow T_{500 \text{ Hz}} = \frac{0,16V}{A_{500 \text{ Hz}}} = 0.37 \text{ m}^2$$

$$A_{1000 \text{ Hz}} = 122 \text{ m}^2 \rightarrow T_{1000 \text{ Hz}} = \frac{0,16V}{A_{1000 \text{ Hz}}} = 0.31 \text{ m}^2$$

$$T_{nom} = \frac{T_{500 \text{ Hz}} + T_{1000 \text{ Hz}}}{2} = 0.34 \text{ s}$$



$$T_{nom} = 0.34 \text{ s} < 1.5 \text{ s} \quad (V=1000 \text{ m}^3)$$

→ De NBN-eis is gerespecteerd



Dimensioneringsprincipes

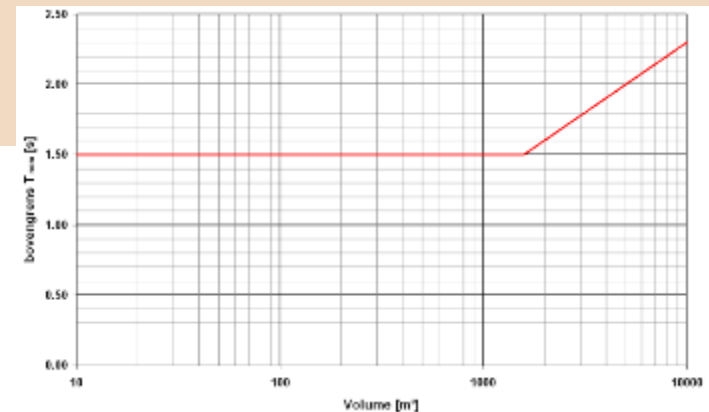
Berekening van de nominale nagalmtijd (T_{nom})

NBN S 01-400-1(2008) - woongebouwen

In geval van toegangsruimten onder de vorm van een atrium, dient de nominale nagalmtijd lager te zijn dan de grootste van beide waarden :

$$T_{nom} < 1.5 \text{ (s)}$$

$$T_{nom} < \log(V/50) \text{ (s)}$$



Deze eis blijkt **moeilijk na te leven voor grote volumes** zonder een volledig (plafond)vlak te voorzien van sterk absorberend materiaal.

In het algemeen is het behandelen van **één enkele wand** voldoende. Men selecteert **materialen met hoge absorptiecoëfficiënten**, vooral rond 500 Hz en 1000 Hz zoals bijvoorbeeld absorberende plafonds (spanplafonds, (micro)geperforeerd, bedekt met glasvlies, etc...)



Om te onthouden van de presentatie

- Hoge geluidsniveaus en overmatige galm (= **lawaai**) in grote, kale ruimten kunnen vermeden worden door voldoende **geluidabsorberende afwerkingsmaterialen** over een voldoende grote oppervlakte.
- De **nagalmtijd** kan ingeschat worden aan de hand van de formule van **Sabine**, op basis van de **absorptiecoëfficiënten** van de afwerkingsmaterialen en de **geometrische kenmerken** van de ruimte.
- Kennis van **spectrale absorptiekenmerken** is noodzakelijk voor de inschatting van de nagalmtijd bij een bepaalde frequentie (bvb. 500 Hz en 1000 Hz voor de nominale nagalmtijd).
- De **NBN-eisen** met betrekking tot de (nominale) nagalmtijd worden gecontroleerd door **meting** in de afgewerkte, onbemeubelde ruimte.



Referenties & extra informatie:

- **Gids Duurzame Gebouwen**



➤ [Welkom](#)

➤ Dossier | [Het akoestisch comfort verzekeren](#)



- Voorziening | [Akoestiek van een massieve enkele wand](#)
- Voorziening | [Akoestiek van een lichte gipskartonwand](#)
- Voorziening | [Akoestiek van een massieve dragende vloerplaat](#)
- Voorziening | [Contactgeluidisolerende materialen en systemen](#)
- [Overzicht van de voorzieningen](#)



➤ Dossier | [De bijdrage van het gebouw aan de geluidshinder in de wijk beperken](#)



Referenties & extra informatie:

- GIDS DUURZAME GEBOUWEN, Fiche: G_WEL01 Het akoestisch comfort verzekeren <http://gidsduurzamegebouwen.leefmilieubrussel.be/nl/g-wel01-het-akoestisch-comfort-verzekeren.html?IDC=1048&IDD=6179>
- NBN S 01-400-1: Akoestische criteria voor woongebouwen, NBN, 2008
- NBN S 01-400-2: Akoestische criteria voor schoolgebouwen, NBN, 2012
- NBN EN ISO 345 : Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room, NBN, 2003
- NBN EN 11654 : Acoustics - Sound absorbers for use in buildings - Rating of sound absorption, NBN 1997
- NBN EN 12354-6: Building acoustics - Estimation of acoustic performance of building from the performance of elements - Part 6: Sound absorption in enclosed spaces, NBN, 2004
- Bouwakoestiek, Hogere Cursus Akoestiek, KVIV, G. Vermeir, 2003
- Zaalakoestiek, Hogere Cursus Akoestiek, KVIV, D. De Vries, 2003
- Noise and vibration control, L.L. Beranek, 1988
- www.normen.be/akoestiek



Contact

Debby WUYTS, ir. arch.

Hoofd Laboratorium Akoestiek, WTCB

Coördinaten :

☎ : +32 2 655 77 11

E-mail : debby.wuyts@bbri.be



Bent u een Brusselse bouwprofessioneel...

- Actief in de sector van **duurzaam bouwen** en **bouw 4.0**
- Die inzet op **nieuwe en innovatieve bouwtechnieken**
- Om uw **competentie, rendement en marktaandeel** te verhogen?

Bent u hiervoor op zoek naar ...

- Professionele **technologische ondersteuning**
- Betrouwbare en onafhankelijke **marktinformatie**
- **Financieringsmogelijkheden** en subsidies
- **Informatiesessies** over de nieuwste technologieën binnen uw domein

om uw **innovatief idee** verder uit te werken en te realiseren?

Neem dan vandaag nog contact op met “C-Tech”, uw WTCB-partner met:

- een groot **multidisciplinair** team van experts
- jarenlange **ervaring** op de **werf** en in **onderzoek**
- een uitgebreid **regionaal én internationaal** netwerk

om uw innovatief idee of nieuwe praktijk in alle vertrouwelijkheid te concretiseren!



Nagalm en geluidabsorptie



Wenst u gebruik te maken van deze gratis ondersteuning? Bel of mail ons dan vandaag nog!



C-TECH c/o WTCB

Technologische Dienstverlening
«Duurzaam Bouwen» Brussel

Dieudonné Lefèvrestraat 17
1020 Brussel



Telefoonnummer: 02 655 77 11
E-mail: c-tech.brussels@bbri.be
www.c-tech.brussels

EEN DIENST VAN



IN SAMENWERKING MET



MET DE ONDERSTEUNING VAN

