

## Remy Wenmaekers

Level Acoustics & Vibration bv.

Onderzoeker akoestiek bij project grip op geluid sporthallen

## Marcel van der Roest

Vilton bv.

Gast spreker over toepassing materialen in gymzalen

# Deel 1

# Akoestiek & geluidsmetingen

## Doel


**Onderzoeken** relatie tussen gemeten akoestische parameters en gemeten geluidbelasting + geluidbeleving

**Evalueren** in hoeverre de NOC\*NSF norm beschermt tegen te hoge geluidbelasting of schadelijk stemgebruik

**Adviezen** optimale akoestische parameters om geluidoverlast tot minimum te beperken



- **NAGALMTIJD (RT of T20) +  
ACHTERGRONDGELUID (NOC\*NSF NORM)**
- **GELUIDSTERKTE /GELUIDVERSTERKING (G)**
- **SPRAAKVERSTAANBAARHEID (STI)**

<b>Code norm</b>  NOCNSF-US1-BF1  Normblad: 1 / 3 June, 2005	<b>NORMEN</b>  NAGALMTIJDEN EN ACHTERGRONDGELUIDNIVEAU	
---	---	---

Tabel 2: nagalmtijd  $T_{(gem)}$

Categorie		$T_{(gem)}$ [s]
A.1	gymnastieklokaal	$\leq 1,0$
A.2	sportzaal	$\leq 1,1$
A.3	1/3 sporthal / sportzaal	$\leq 1,2$
B.1	sportzaal	$\leq 1,3$
B.2	sportzaal	$\leq 1,4$
B.3	2/3 sporthal	$\leq 1,5$
C.1	sporthal	$\leq 1,7$
C.2	sporthal	$\leq 1,8$
C.3	sporthal	$\leq 1,9$
D.1	sporthal	$\leq 2,0$
D.2	sporthal	$\leq 2,3$

### 2. Nagalmtijd per frequentieband

De nagalmtijd per frequentieband ( $T_{max/fb}$ ) is het rekenkundig gemiddelde van alle meetresultaten bij alle bron- en microfoonposities per frequentieband, het betreft de frequentiebanden 125, 250, 500, 1000, 2000 en 4000 Hz.

De norm voor de nagalmtijd per frequentieband is:  $T_{gem} : T_{max/fb} \geq 0,7$ .  
Deze norm geldt voor alle categorieën.

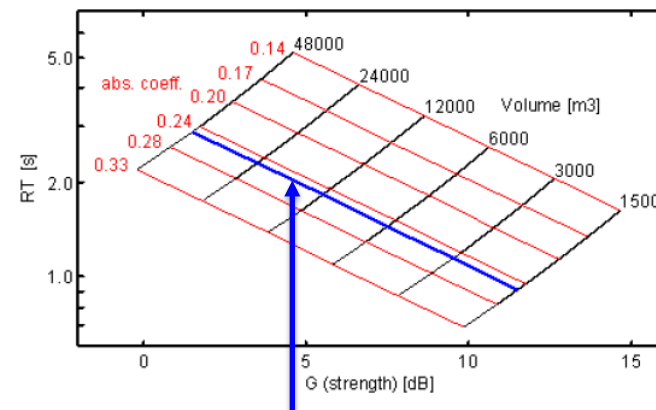
### 3. Achtergrondgeluidniveau

Het achtergrondgeluidniveau is het geluidniveau dat in een wedstrijdruimte wordt gemeten zonder dat er activiteiten plaatsvinden.

Het achtergrondgeluidniveau in een wedstrijdruimte mag niet meer bedragen dan 40 dB(A).

Relatie tussen:

- Nagalmtijd (RT)
- Geluidsterkte (G)
- Volume [m<sup>3</sup>]
- Gemiddelde absorptie coëfficiënt (abs. coëff.)\*



\* Gemiddelde geluidabsorptie coëfficiënt = 0.25

Som van Oppervlakken x Absorptie (0-1)  
Gedeeld door totale oppervlak

# Akoestiek & geluidsmetingen, selectie zalen

A/B



B



C/D

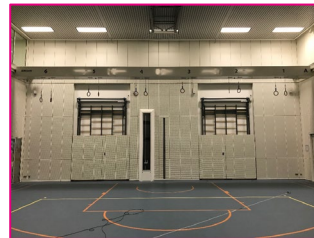
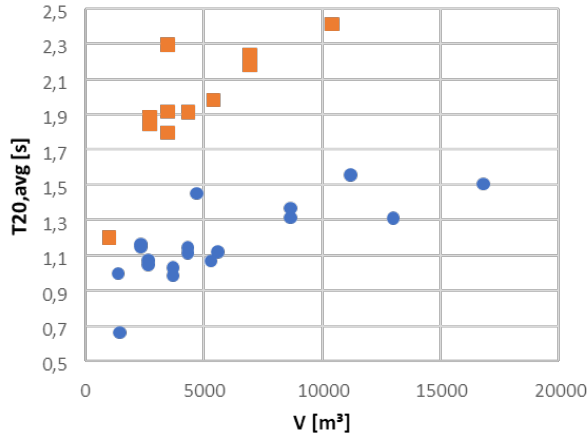


Table 1: Sports halls categories NOC\*NSF and number of measured halls per category, per NOC\*NSF pass/fail.

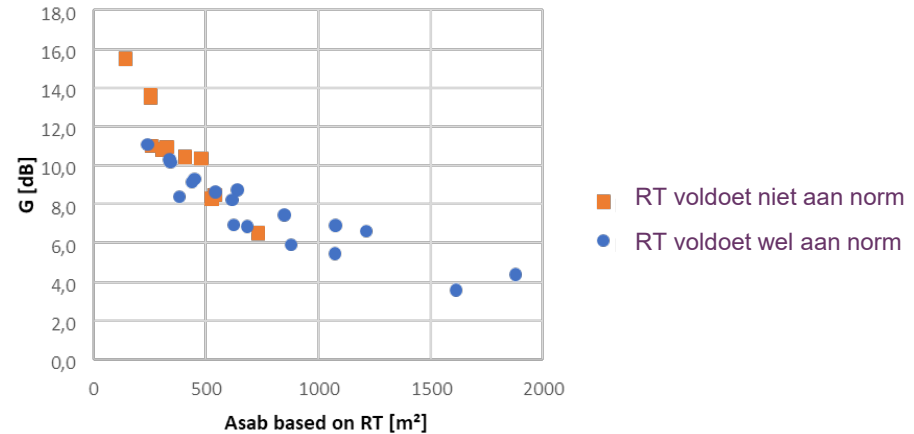
Cat.	Description (in Dutch)	L [m]	W [m]	H [m]	Volume [m <sup>3</sup> ]	RT	Pass	Fail	
A.1	gymnastieklokaal	14	22	5.5	≤ 1,700	≤ 1.0	2	1	
A.2	sportzaal	13	22	7	1,701-2,100	≤ 1.1			
A.3	1/3 sporthal or sportzaal	14	24	7	2,101-2,400	≤ 1.2	4		
B.1	sportzaal	16	28	7	2,401-3,200	≤ 1.3		2	
B.2	sportzaal	22	28	7	3,201-4,350	≤ 1.4	3	5	
B.3	1/2 sporthal	32	28	7	4,351-6,300	≤ 1.5	3	1	
C.1	sporthal	24	44	7	6,301-7,400	≤ 1.7	2	2	
C.2	sporthal	28	48	7	7,401-9,500	≤ 1.8			
C.3	sporthal	28	48	9	9,501-12,400	≤ 1.9	1	1	
D.1	sporthal	28	88	7	12,401-17,250	≤ 2.0	2		
D.2	sporthal	32	88	10	17,251-29,000	≤ 2.3			
E	overig				≥ 29,001				
<b>Total</b>								<b>17</b>	<b>12</b>

Totaal 29 configuraties gemeten

Nagalmtijd [s] vs Volume [m<sup>3</sup>]



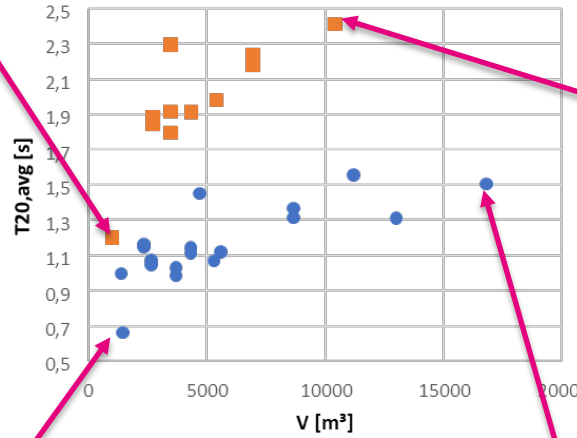
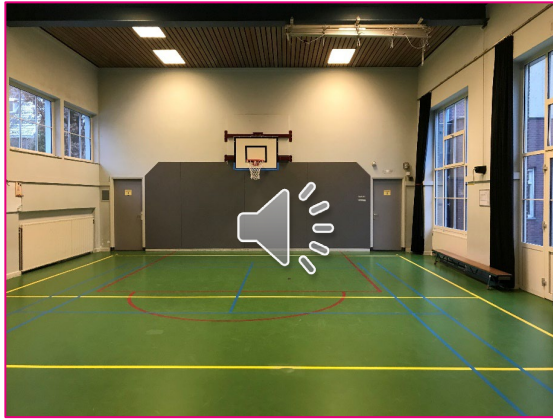
Geluidversterking [dB] vs Geluidabsorptie [m<sup>2</sup> A sabine]

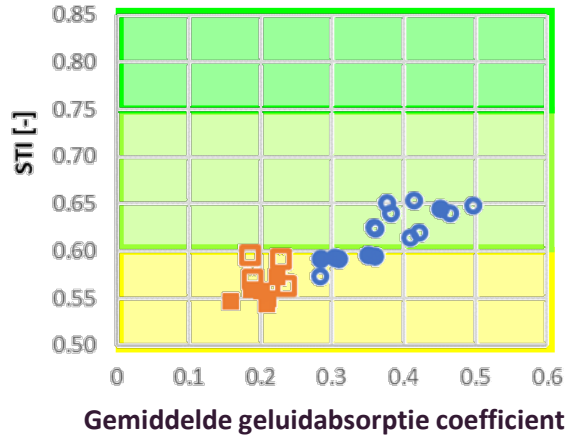


- Bij 17 van de 29 configuraties voldoet de gemiddelde nagalmtijd T20 aan de NOC\*NSF norm
- De geluidversterking G is lager als er in totaal meer effectieve geluidabsorptie aanwezig is

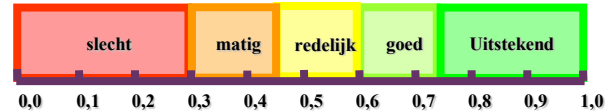


# Akoestiek & geluidsmetingen, fragmenten



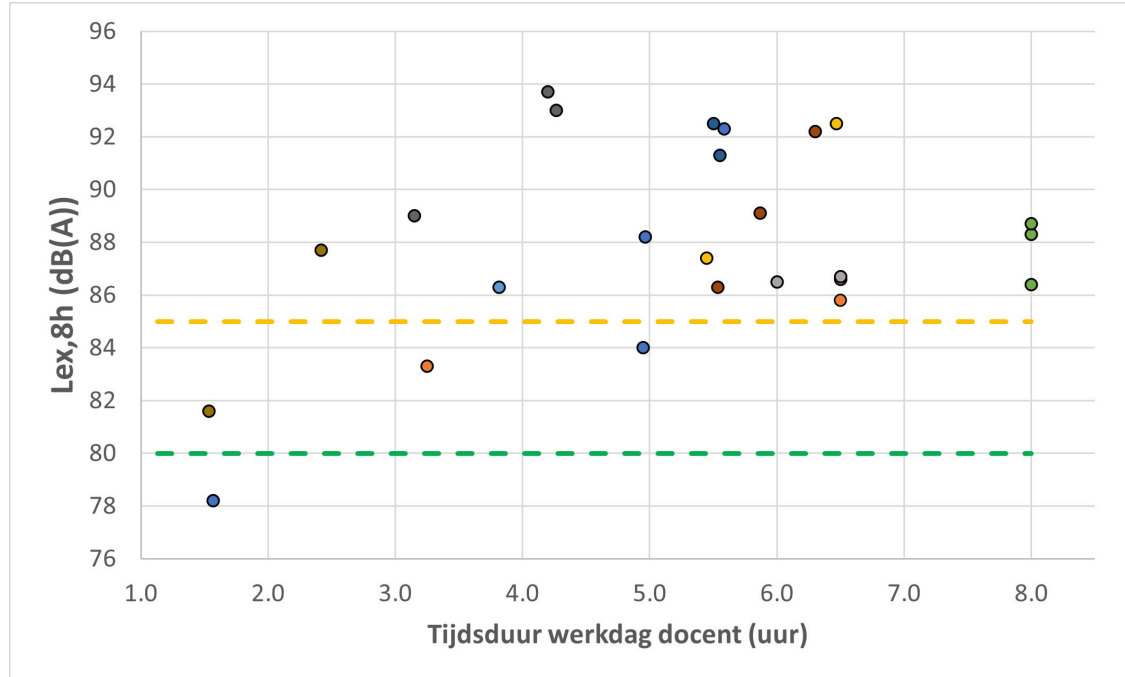


- RT voldoet niet aan norm, kleine zaal
- RT voldoet wel aan norm, kleine zaal
- RT voldoet niet aan norm, grote zaal
- RT voldoet wel aan norm, grote zaal



Spraakverstaanbaarheid STI tussen 2 en 8 meter (gemiddeld over 5 richtingen)  
Verheven stem en achtergrondgeluid alleen door installaties 40 dB(A), dus geen personen

- Betere Spraakverstaanbaarheid in zalen die voldoen aan de nagalmtijdnorm
- Betere Spraakverstaanbaarheid in grote zalen dan in kleine zalen (binnen dezelfde afstand)



De geluidblootstelling Lex,8h is te hoog, boven de 85 dB(A) in bijna alle zalen, ongeacht de akoestiek !

Hoe kan dat?



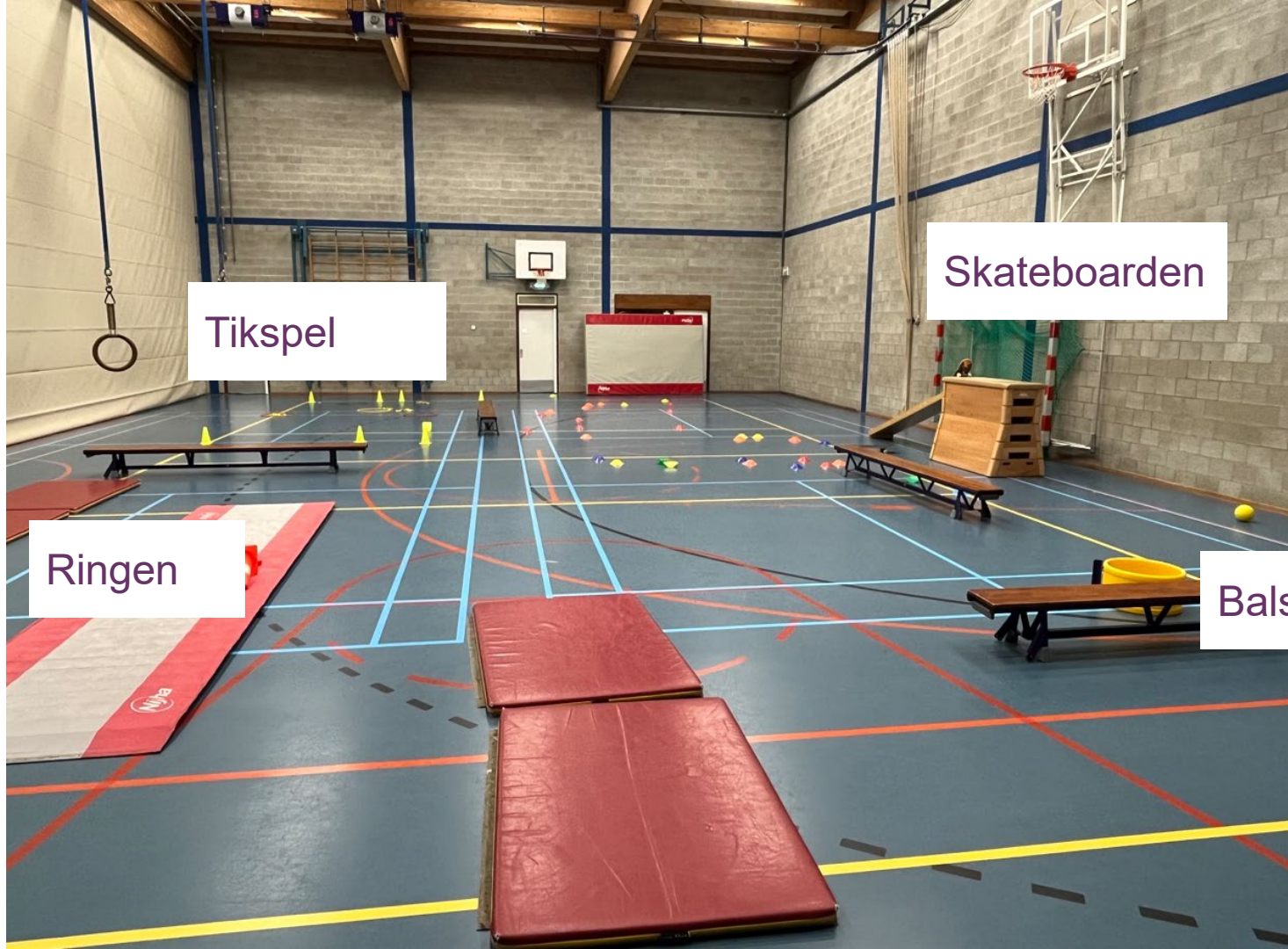
Acrobatiek

Salto op mat

Tikspel

Handbal





Tikspel

Skateboarden

Ringen

Balspel

## Akoestiek & geluidsmetingen



Rondlopend door de zaal ca. 80 dB(A) gemiddeld



Opstootje/discussie dichtbij 85 dB(A)



Geluid uit de andere zaal 65 dB(A)



Mannenstem luid toespreken bij oor 93 dB(A)



Vrouwenstem luid toespreken bij oor 90 dB(A)

Af speelvolume afhankelijk van luidsprekersterkte en dus onjuist. Verschillen onderling zijn juist.

## Bevindingen:

- De intensieve gymles met 4 vakken tegelijk per zaal zorgt voor een kakofonie van geluid. Het is nooit rustig en dat is vermoeiend.
- Docenten lopen van groep naar groep voor instructies en toespreken. Er wordt in principe niet door de zaal geroepen om stem te sparen (alleen kort luid bij waarschuwen/aanspreken).
- Geluid gaat continue door, zelfs tijdens uitleg zorgt het geluid uit de andere zaal voor onrust.
- **Het hoogste geluidniveau wordt gemeten bij de docent zelf tijdens het geven van een instructie, tot boven de 90 dB(A).**
- **Het effect van akoestiek op het geluidniveau is niet aangetoond.** Waarschijnlijk heeft geluid van relatief dichtbij (zonder galm) de hoogste bijdrage op de blootstelling.
- De zaal met de betere akoestiek is ook onrustig als veel kinderen tegelijk met verschillende opdrachten bezig zijn.



30<sup>th</sup> International Congress on Sound and Vibration



## ACOUSTICS IN 29 SPORTS HALLS MEASURED

Renny Wonnekers, Nicole van Hout  
Level Acoustics & Vibration, Eindhoven, the Netherlands  
email: [renny.wonnekers@level.nl](mailto:renny.wonnekers@level.nl)

Ellen Moerman, Achiel Schuurmans  
Sorama, Eindhoven, the Netherlands

Saskia Tuunder  
Fontys University of Applied Sciences, Eindhoven, the Netherlands

Physical Education (PE) teachers risk noise-induced hearing loss and other health problems due to high sound levels. The acoustic conditions in the sports hall are a potential factor of influence. However, no literature was found that confirms the relationship between occupational noise levels and acoustic conditions. Therefore, the acoustic conditions of 29 different sports halls have been measured during a multidisciplinary research project in the Netherlands on noise in sports halls focusing on specialist PE teachers in primary schools. Reverberation Time (T<sub>30</sub>), Sound Strength G and Speech Transmission Index STI are evaluated and compared to Room Volume, Equivalent Absorption Area and Average Absorption Coefficient. A clear relationship between Sound Strength and Equivalent Absorption Area is found as can be explained by diffuse sound field theory, even though the rectangular room shapes cause flutter echo behavior (not diffuse). Also, Speech Transmission Index and Average Absorption Coefficient show a relationship. In 7 sports halls, reflection studies have been conducted using an acoustic camera as a new method to visualize reflective, absorptive and diffusive properties of materials in the hall. Results are presented in this paper. Future research will focus on measuring occupational noise levels in the sports halls to investigate the relationship between sound levels in the same sports halls in use and acoustic conditions. The end goal of the project is to inform Physical Education (PE) teachers how they can protect their hearing during class.

NO ONDERZOEK

## Grip op geluid, geluidmetingen in sportzalen 2

Geluid heeft invloed op het welbevinden van vakleerkrachten bewegingsonderwijs en leerlingen tijdens de gymles. In eerdere artikelen in LO Magazine 1 en 3 2024 is het project Grip op Geluid getoelicht en zijn ervaringen van docenten en gehoormetingen besproken. In dit derde artikel in de serie wordt dieper ingegaan op de resultaten van geluidmetingen in verschillende sportzalen. Renny Wonnekers, Nicole van Hout, Ellen Moerman

Geluid heeft invloed op het welbevinden van vakleerkrachten bewegingsonderwijs en leerlingen tijdens de gymles. Toch is er maar beperkt onderzoek naar het werkelijke effect van (te) hoge geluidsniveaus op de leerprestaties van leerlingen. Mensen reageren ook op geluid dat niet naar geluid wordt bedoeld. Mensen gaan 'in de luister' en ervaren dat als een last. Het is belangrijk om te weten hoe het geluid in de sportzaal wordt ervaren. Dit kan worden gemeten met een geluidsmeter. De resultaten worden in dit artikel besproken.

Metingen geluidsniveau in verschillende sportzalen gemeten en vergeleken met de norm NEN EN ISO 9923:2010. De resultaten worden in dit artikel besproken.

Foto 1 en 2: Plastering met een 3D-scanner voor het vaststellen van de vorm van de sportzaal.



kan schade aan het gehoor van een vakleerkracht bewegingsonderwijs. Vanaf dat moment kan het project Grip op Geluid aan van de vragen is wat de geluidbelasting is van een vakleerkracht bewegingsonderwijs in het gymnasium en of deze geluidbelasting binnen de door de overheid vastgelegde normen valt. (Wonnekers, 2024; Moerman van Soest, Zaan en Willems, 2024).

Om deze vraag te kunnen beantwoorden, werden er met een doosmeter (Foto 1 en 2) 29 sportzalen gemeten. De resultaten worden in dit artikel besproken.

De resultaten worden in dit artikel besproken.

De resultaten worden in dit artikel besproken.

Relaties in akoestische afwerking en ruimte akoestiek voor sportaccommodaties primaire onderwijs.



Jeroen Beijer | 14 augustus 2023

Fontys Hogescholen | Technische Natuurkunde



A.E. van Luijk, Applied Physics, Fontys University of Applied Sciences  
July 21, 2023

### Abstract

The inherent design of sports halls, often being fairly large and reverberant spaces, might lead to hearing impairment or other problems for Physical Education instructors. Simulation could be a strong asset in future designs for the acoustic wellbeing of instructors in sports halls. Two 'real-time' cases were simulated with measurements: an absorption and reverberant sports hall, to determine if a reverberant sports hall is more challenging to predict, compared to an absorption sports hall. The real-time model (CAT Acoustics) and the hybrid ray- and wave-based (EASE) were used. CAT Acoustics predicted the same average reverberation time (T<sub>30</sub>), Sound strength (G) and Speech Transmission Index (STI) values as the measurements for the absorption sports hall. The reverberant sports hall proved more difficult to predict in terms of the T<sub>30</sub> and G for both CAT Acoustics and EASE. The STI though, only computed with CAT Acoustics, could be predicted accurately.

Artikel ingediend voor  
Internationaal Congres ICVS  
8-11 juli 2024

Artikel KVLO  
LO Magazine 4 juni

Twee afstudeer onderzoeken  
door studenten Fontys  
Natuurkunde



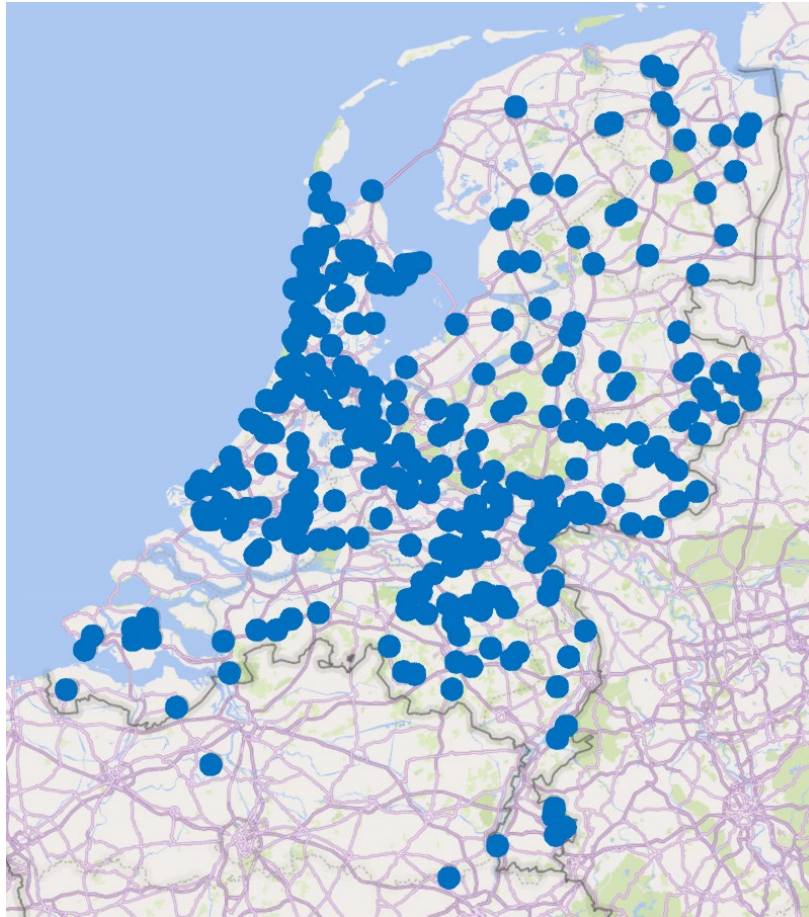
# Deel 2



## Quickscan – meer dan 1250 zalen gemeten in Nederland Samenwerking Bosan Sportinstallaties en Vilton.



# Akoestiek & geluidsmetingen



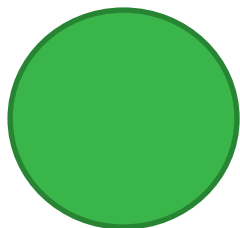
## Huidige stand van zaken in Nederland

Quickscans

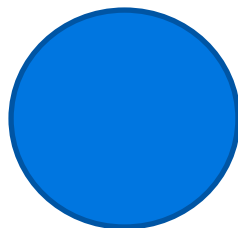
1250 zalen. Verdeling over Nederland

## Huidige stand van zaken in Nederland

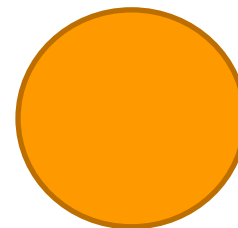
Hoeveel procent van de zalen voldoen er niet aan de NOC\*NSF norm in Nederland?



Ca. 30%



Ca. 50%



Ca. 70%

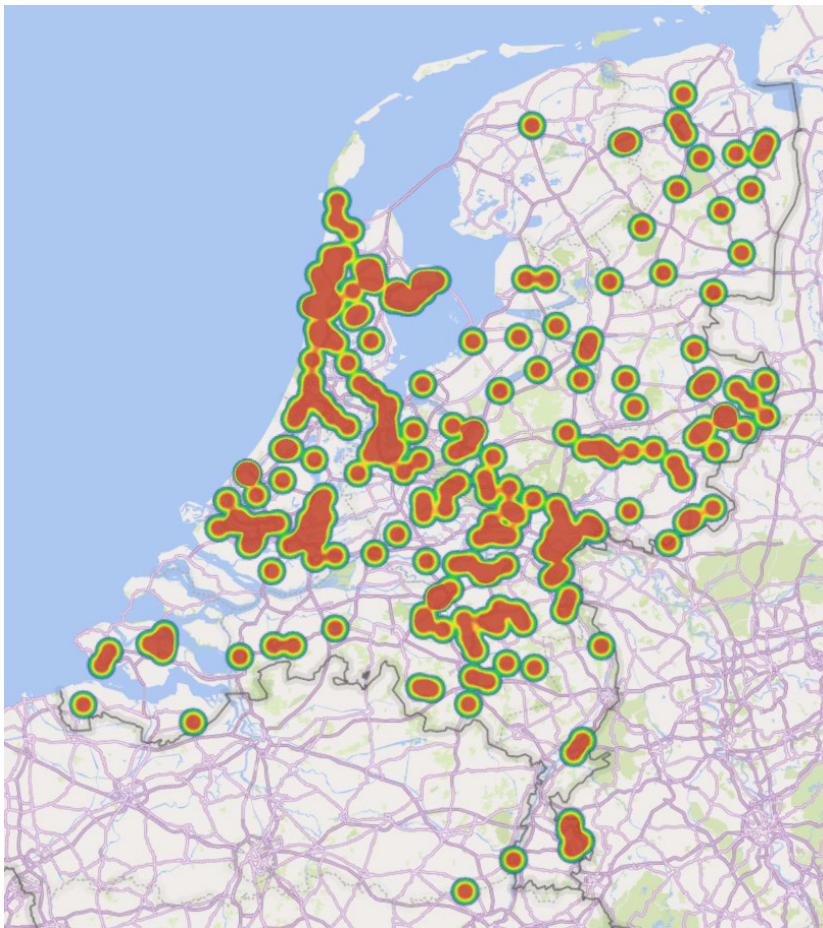


# Akoestiek & geluidsmetingen



## Huidige stand van zaken in Nederland

Quickscans  
ca. 30% van de zalen voldoet



## Huidige stand van zaken in Nederland

Quickscans  
ca. 70% van de zalen voldoet (nog)  
niet!

## Waar let je op bij het aanpakken van de akoestiek in een zaal?

- Afmetingen van de zaal (welke eis hoort daarbij?)
- Vorm van de zaal (schuin dak/ tribune enz.)
- Welke materialen zijn er toegepast? (dak/ wand/ vloer/ ramen)
- Meetresultaten
- Wensen van de gebruikers
- Berekening / voorspelling van de akoestiek

## Opzoek naar de juiste partij!

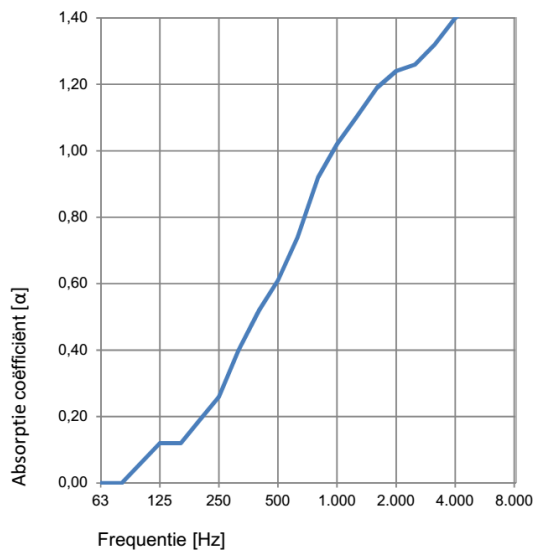
Voorbeeld van onduidelijke informatie:

Dikte	Absorptiewaardes
70 mm	100% van het hinderlijke geluid
40 mm	70% van het hinderlijke geluid

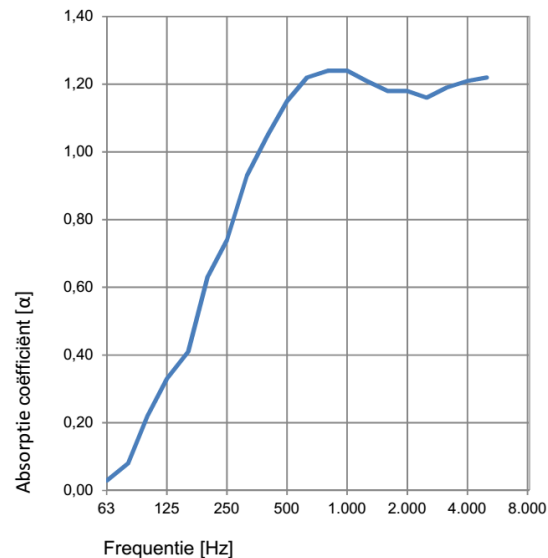


# Geluidabsorptie en dikte

Artikelcode	Dikte [mm]	Geluidabsorptiecoëfficiënt $\alpha$ [-] per octaafband [Hz]							
		125	250	500	1000	2000	4000	$\alpha_w$	NRC
Softsonic23	23	0,10	0,28	0,62	1,00	1,00	1,00	0,60	0,75
Softsonic33	33	0,16	0,41	0,81	1,00	1,00	1,00	0,70	0,80
Softsonic43	43	0,25	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	0,90
Softsonic53	53	0,32	0,77	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95



23 mm dik



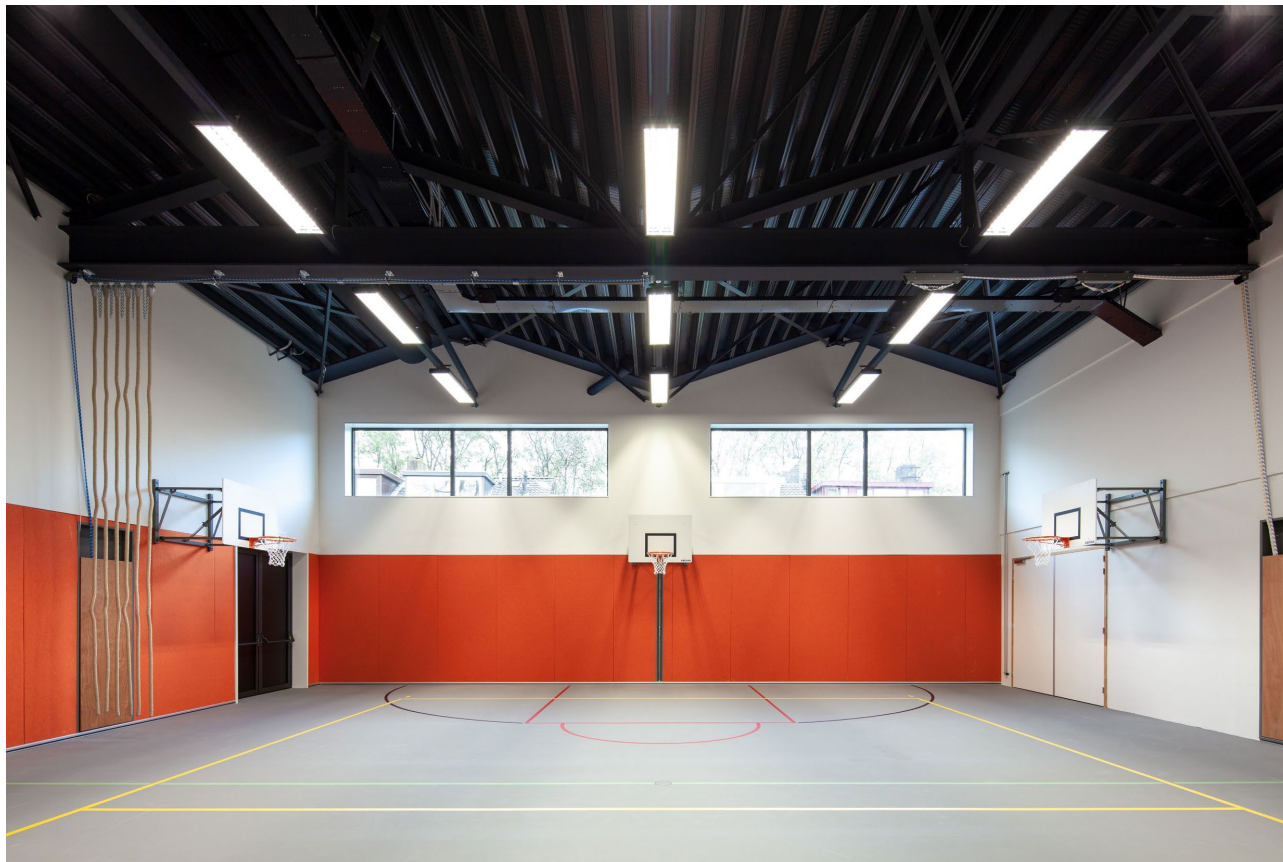
53 mm dik

# Opsplitsen van zalen

Waar let je op bij het aanpakken van de akoestiek in een zaal?



# Geluidabsorptie op wanden essentieel



# Installaties achter wanden





# Installaties wegwerken



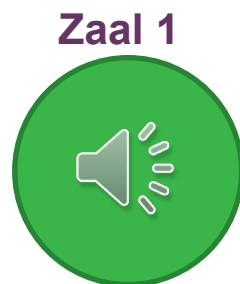
# Resultaat installaties weggewerkt



# Quiz

## Vraag 1

**A: Welke zaal heeft de betere akoestiek?**



**B: In welke zaal is de geluidniveaumeting het hoogst?**



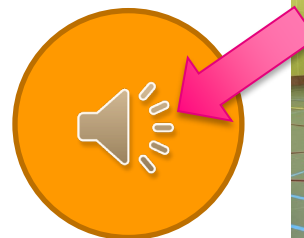
## A: Welk zaaldeel heeft de betere akoestiek?



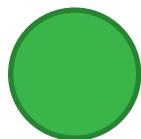
Zaaldeel 1



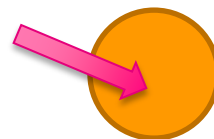
Zaaldeel 2



## B: Waardoor wordt het verschil veroorzaakt?



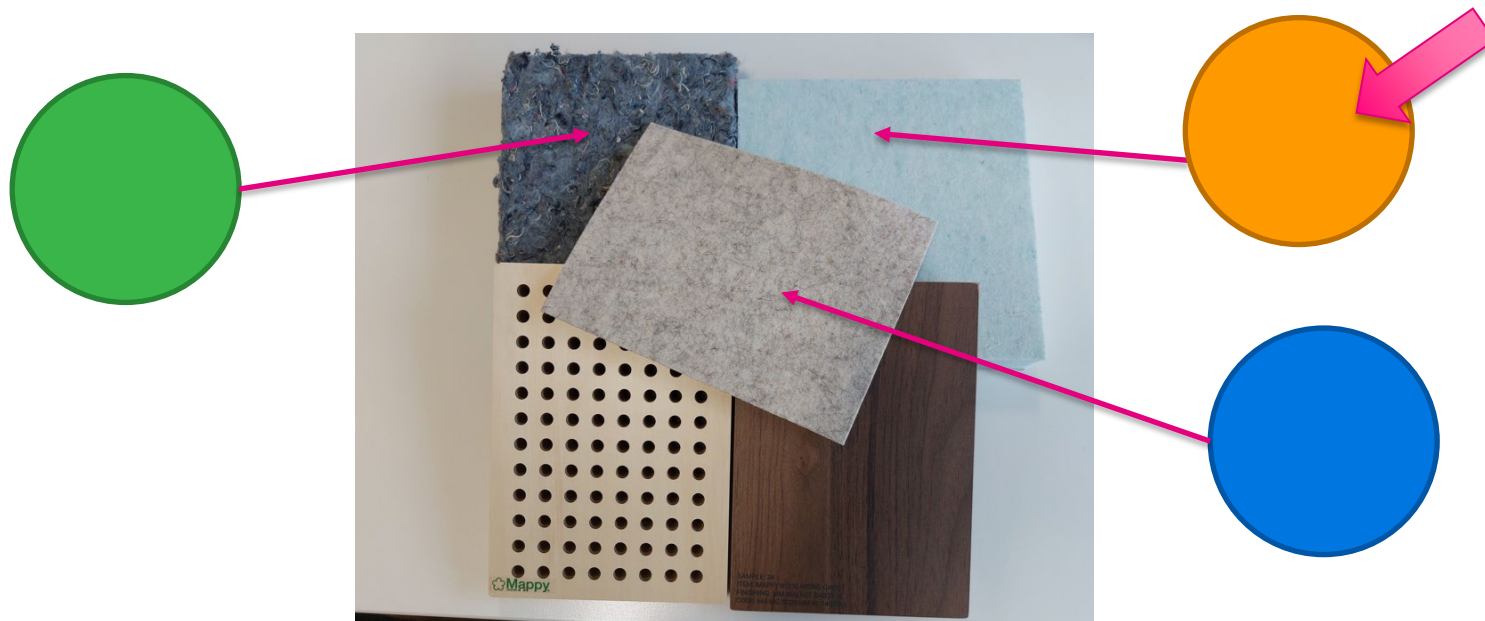
De ene zaal is groter dan de andere



De zaal heeft scheidingswanden die niet geluidabsorberend zijn

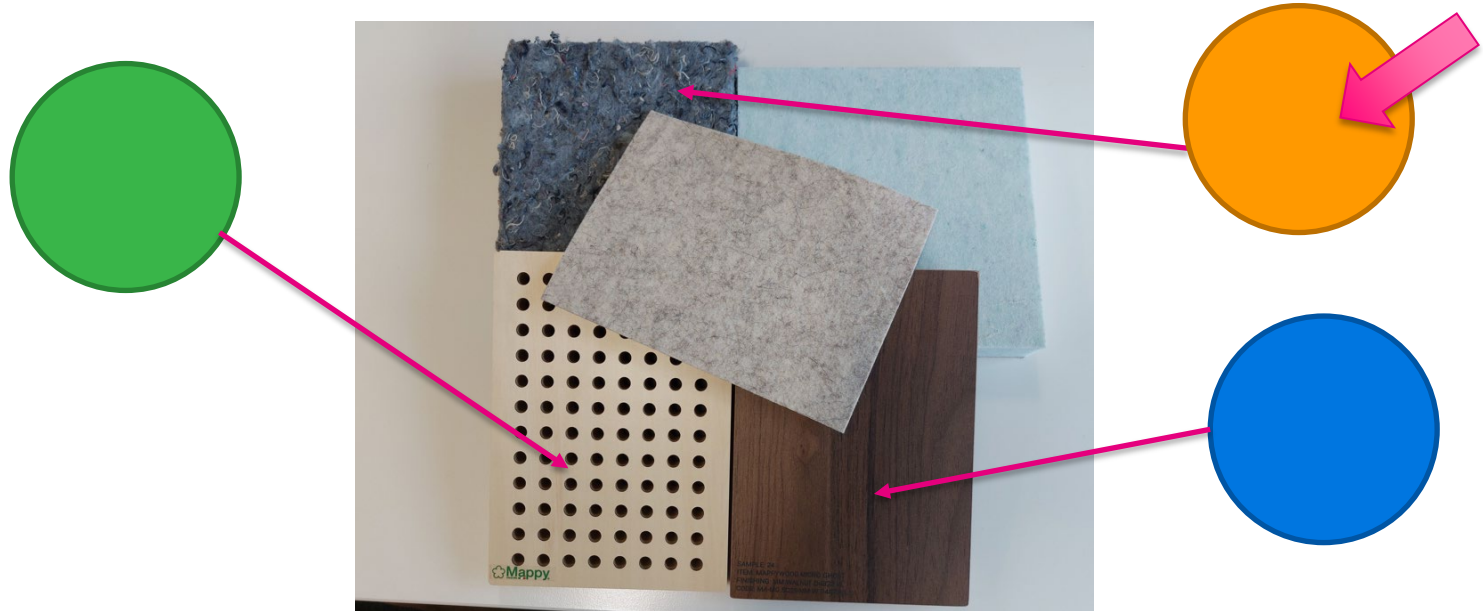
# Vraag 3

## A: Welk materiaal absorbeert het meest?

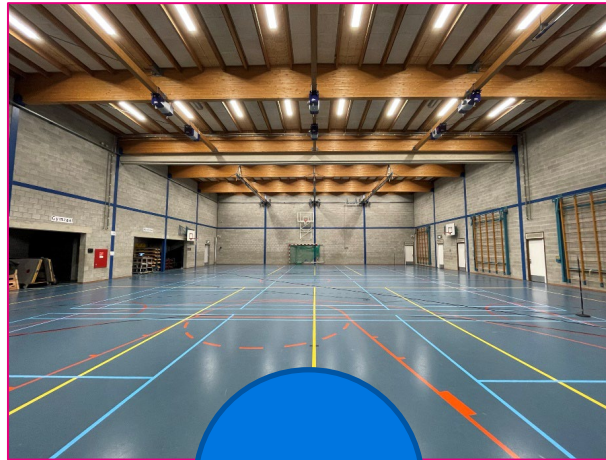


# Vraag 3

## B: Welk materiaal absorbeert het meest?

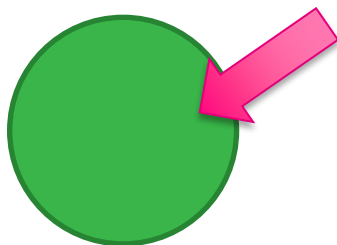


## Welke zaal kan voldoen aan de NOC\*NSF norm?

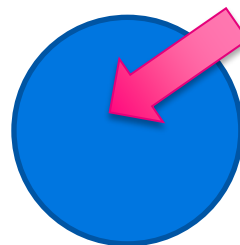


## Vraag 5

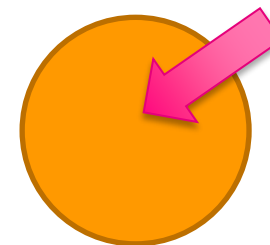
# Hoe bescherm je het gehoor van de sportdocent?



Oordoppen  
dragen



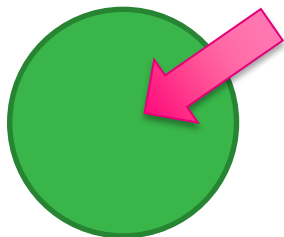
Lessen met  
meer rust  
organiseren



Voorkom stem  
verheffing

## Vraag 6

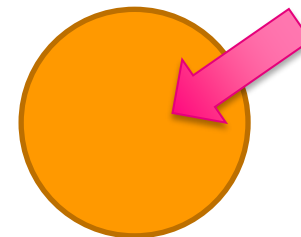
**Wat verbetert er voor de docent als de akoestische voorzieningen goed zijn?**



**Betere  
verstaanbaarheid**



**Geluidbeeld  
is minder  
vermoeiend**



**Geen  
stoorgeluid uit  
de andere zaal**