

# Het voorspellen van de akoestiek in sportzalen

Het toetsen van de rekenmethode

Stageonderzoek Jelmer Niesten

# Introductie

Stageonderzoek: akoestiek in sportzalen

- Opzet en doelstelling van het onderzoek
- De resultaten van de metingen
- De analyse van de resultaten
- De opzet voor een nieuwe formule
- De conclusies van dit onderzoek
- Aanbevelingen voor toekomstig onderzoek
- Tijd voor vragen

**Het onderzoek**

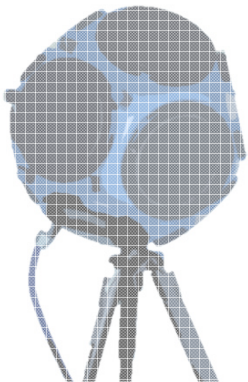
**De meetresultaten**

**De analyse**

**Een nieuwe formule**

**Conclusies**

**Aanbevelingen**



# Het onderzoek

**Het onderzoek**

**De meetresultaten**

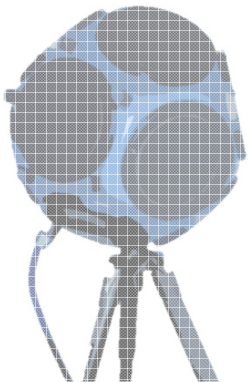
**De analyse**

**Een nieuwe formule**

**Conclusies**

**Aanbevelingen**

- Stageonderzoek bij ZRi (4 maanden)
- Met hulp en meetapparatuur van de TU Delft
- Het toetsen van veelgebruikte rekenmethoden voor nagalmtijd:
  - Sabine
  - Bijlage D van NEN-EN 12354-6
- Metingen in veertien zalen
- Conform KVLO en NOC\*NSF normen



# De formules

$$\text{Sabine: } T = \frac{1}{6} * \frac{V}{A + 4 * m * V} [s]$$

**Het onderzoek**

**De meetresultaten**

**De analyse**

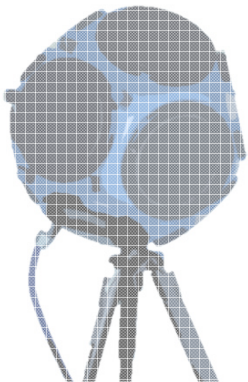
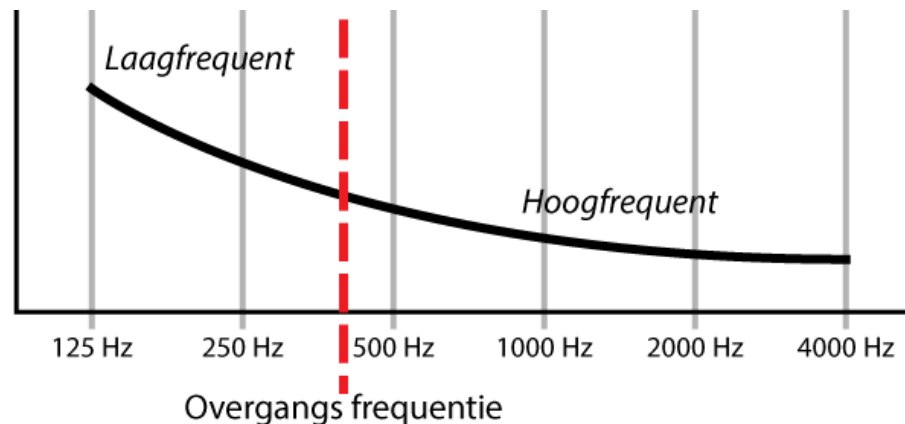
**Een nieuwe formule**

**Conclusies**

**Aanbevelingen**

NEN-EN 12354-6, bijlage D:

- Hoogfrequent: de nagalmtijd wordt berekend voor de drie hoofdassen (x, y en z) en het diffuse veld.
- Laagfrequent: de nagalmtijd wordt berekend met behulp van Sabine met een extra correctie
- Overgangsfrequentie:  $f_t = \frac{8,7 * c_0}{V^{1/3}} [Hz]$



# Berekeningen

Het onderzoek

De meetresultaten

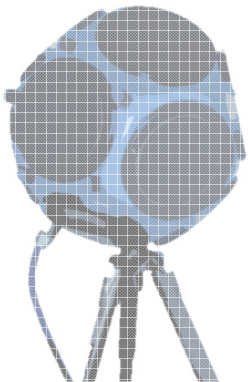
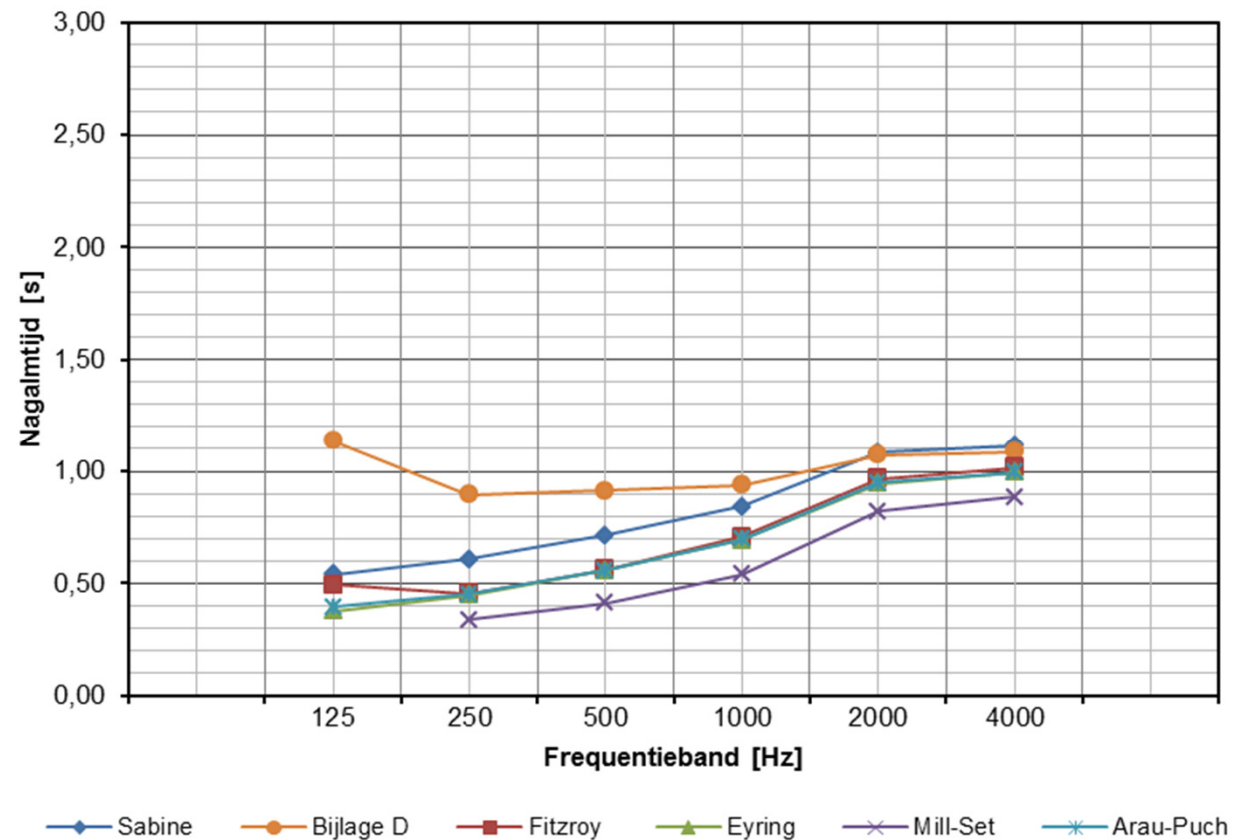
De analyse

Een nieuwe formule

Conclusies

Aanbevelingen

- Bepaling nagalmtijden conform KVLO en NOC\*NSF
- Berekening nagalmtijden met Excel rekenblad



# De meetresultaten

Het onderzoek

De meetresultaten

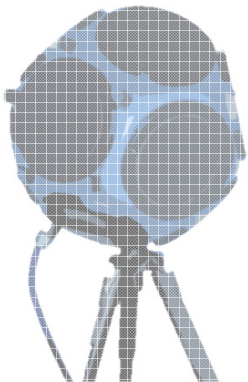
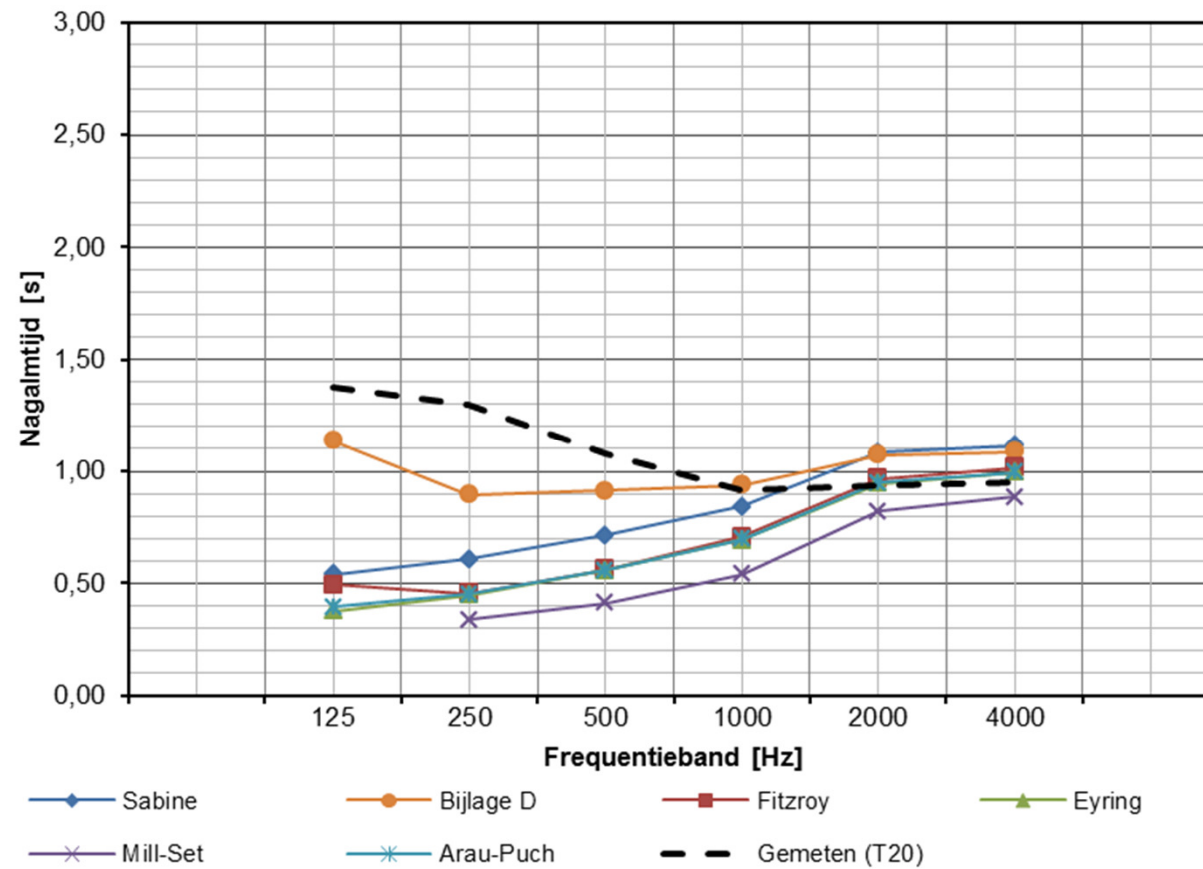
De analyse

Een nieuwe formule

Conclusies

Aanbevelingen

- Bepaling nagalmtijden conform KVLO en NOC\*NSF
- Berekening nagalmtijden met Excel rekenblad



# De analyse

- Verschil (%) tussen gemeten en berekende waarden

Het onderzoek

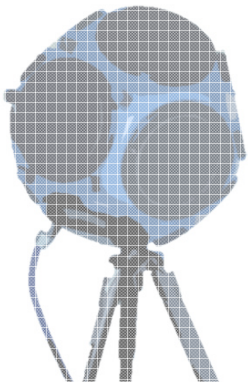
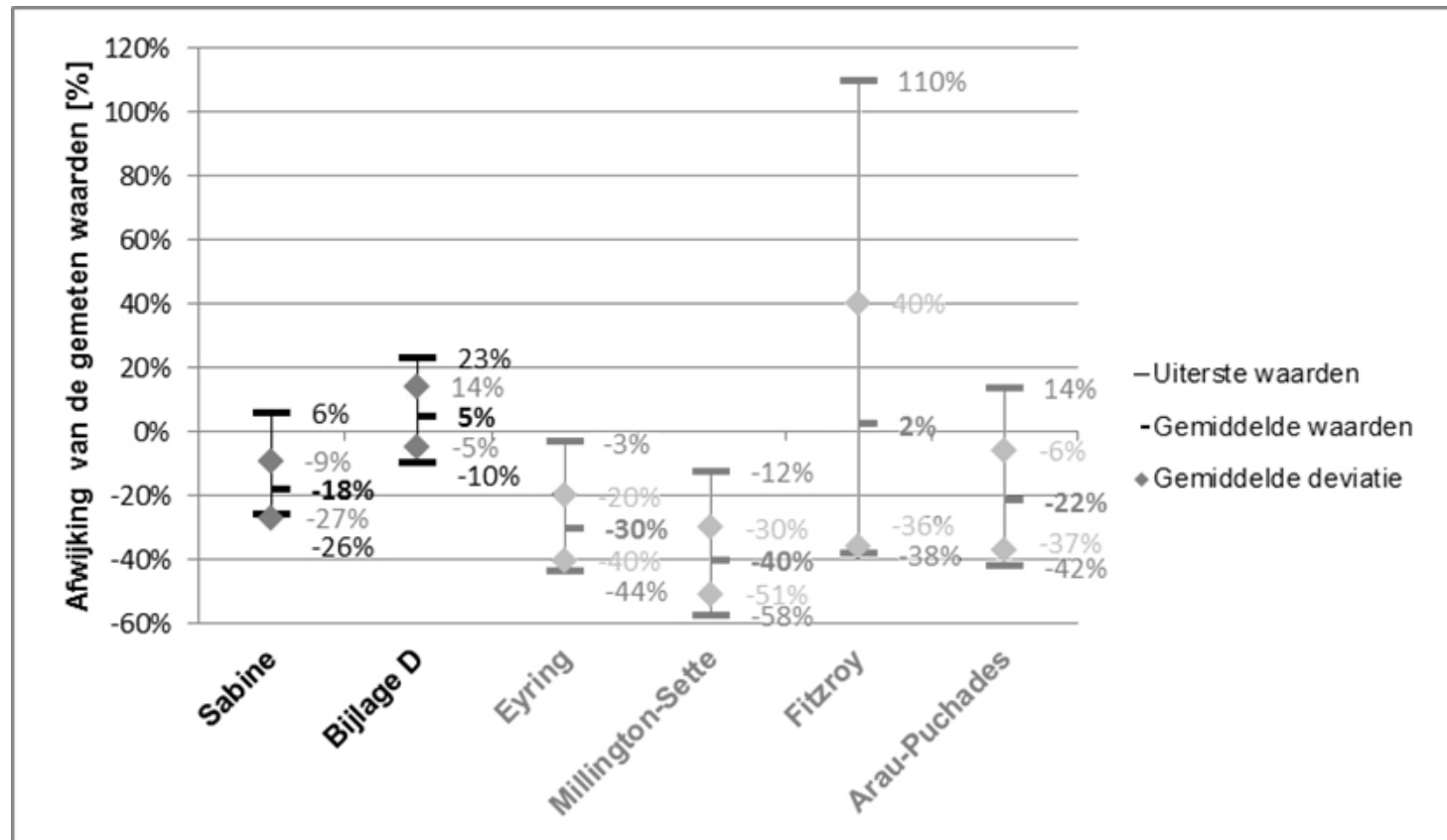
De meetresultaten

De analyse

Een nieuwe formule

Conclusies

Aanbevelingen





# De analyse

Sabine

Het onderzoek

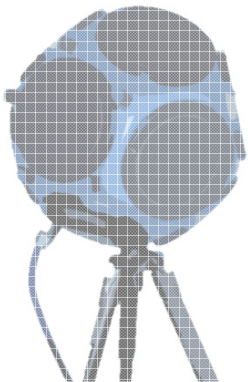
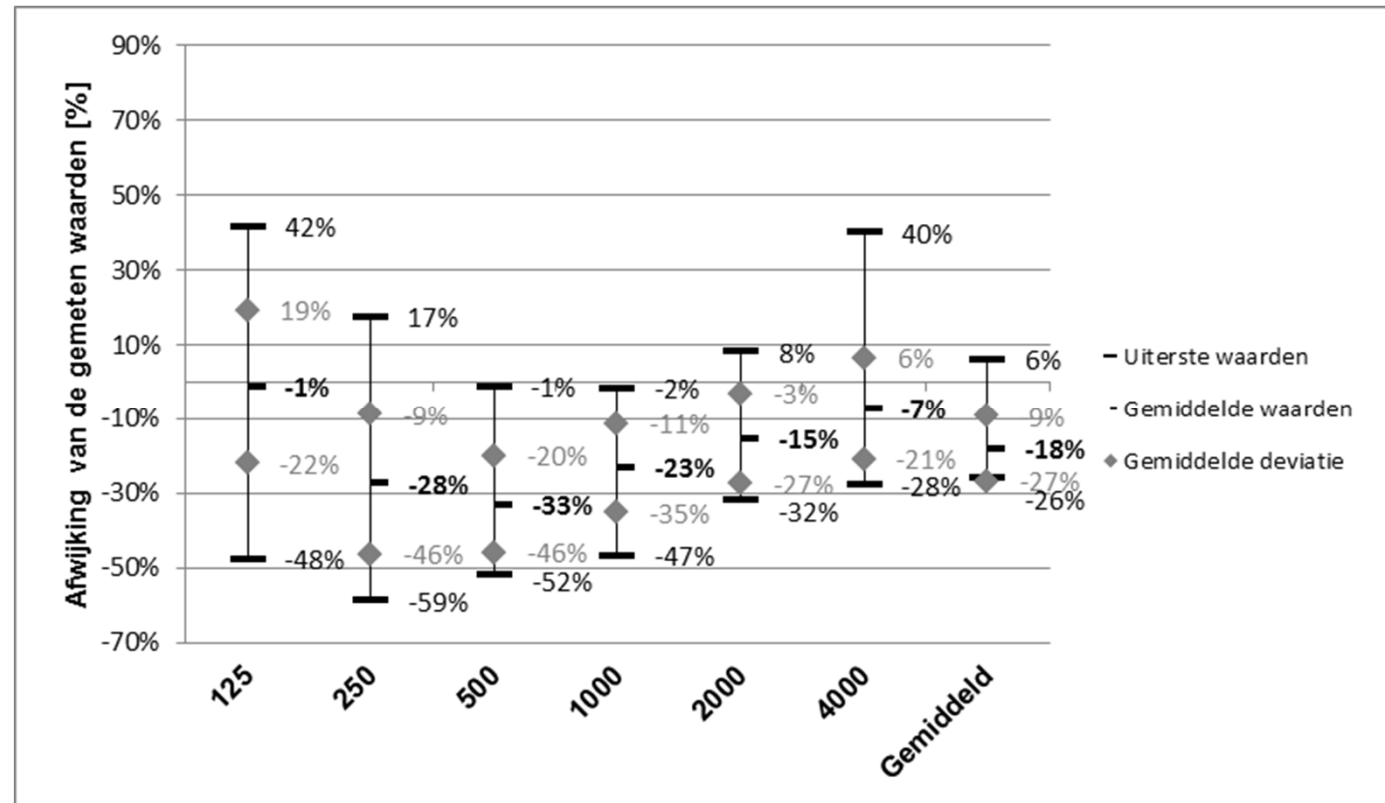
De meetresultaten

De analyse

Een nieuwe formule

Conclusies

Aanbevelingen





# De analyse

## Bijlage D

Het onderzoek

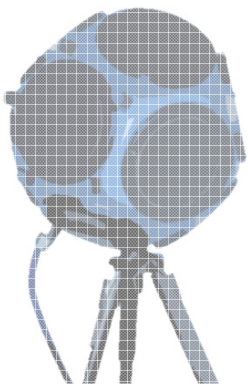
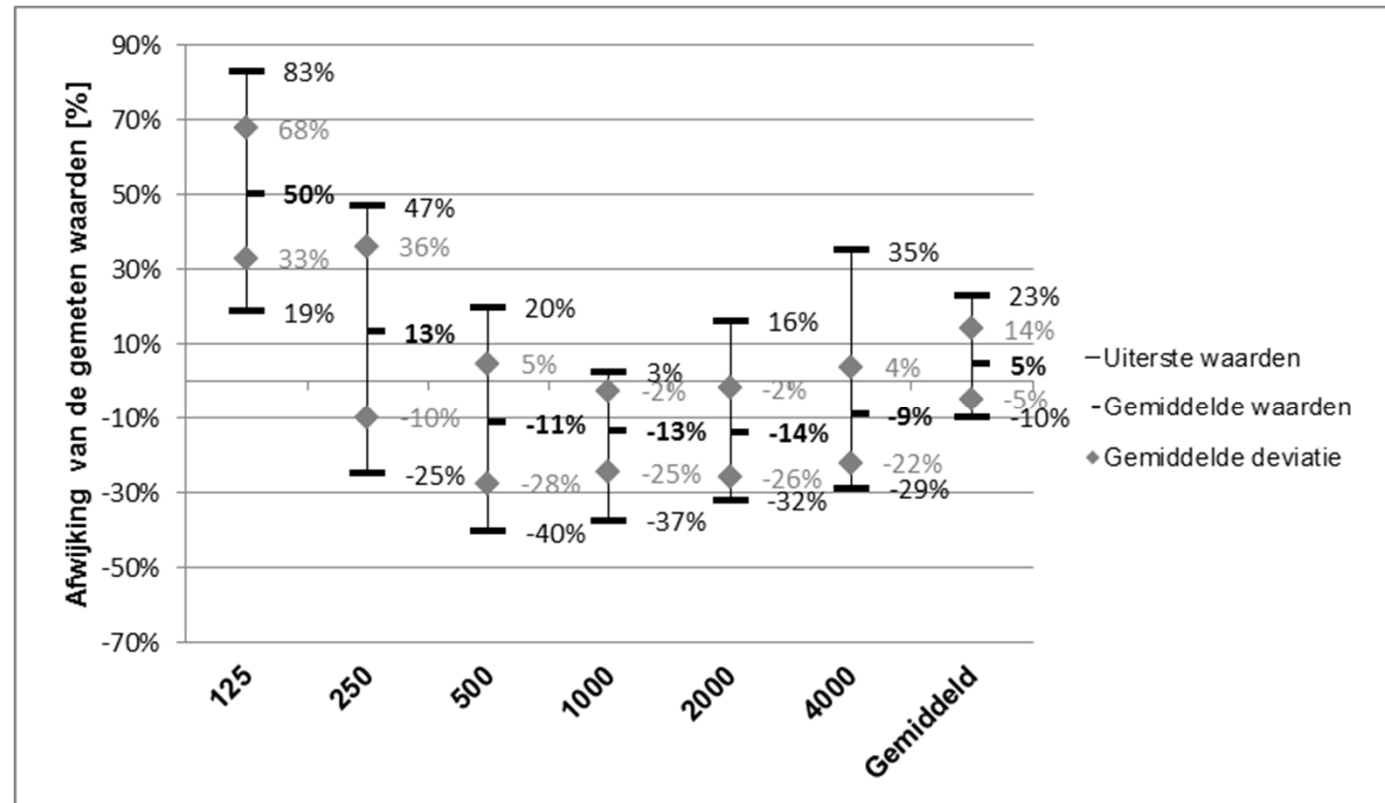
De meetresultaten

De analyse

Een nieuwe formule

Conclusies

Aanbevelingen



# De analyse

## Sabine vs Bijlage D

Het onderzoek

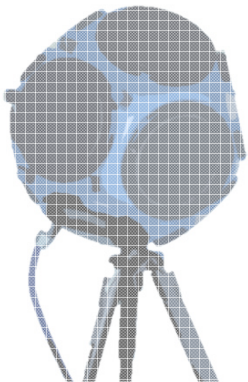
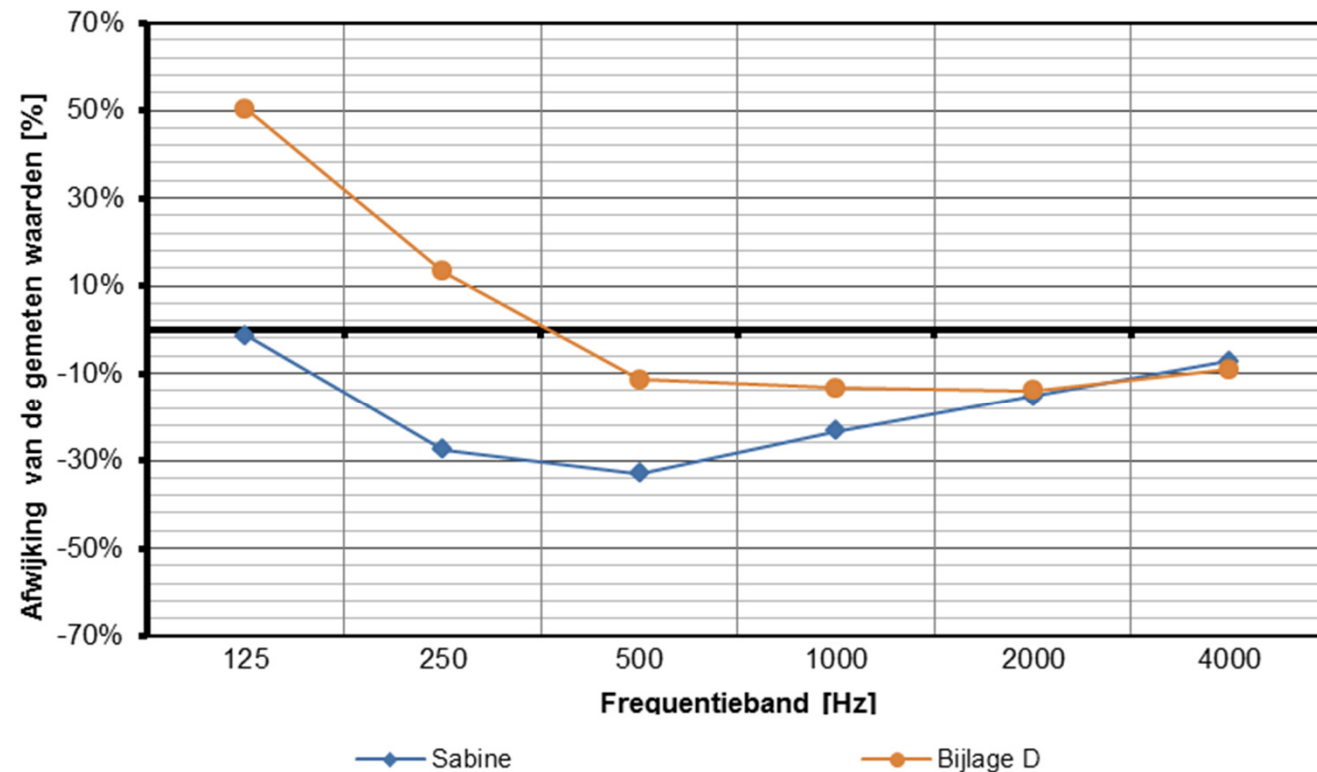
De meetresultaten

De analyse

Een nieuwe formule

Conclusies

Aanbevelingen



# Een nieuwe formule

Focus op lage frequenties:  
Overgangsfrequentie bijlage D ligt rond 250 Hz

Het onderzoek

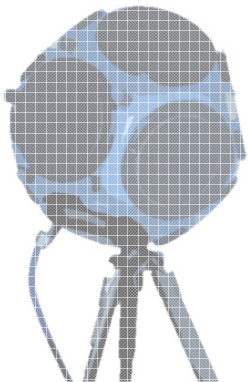
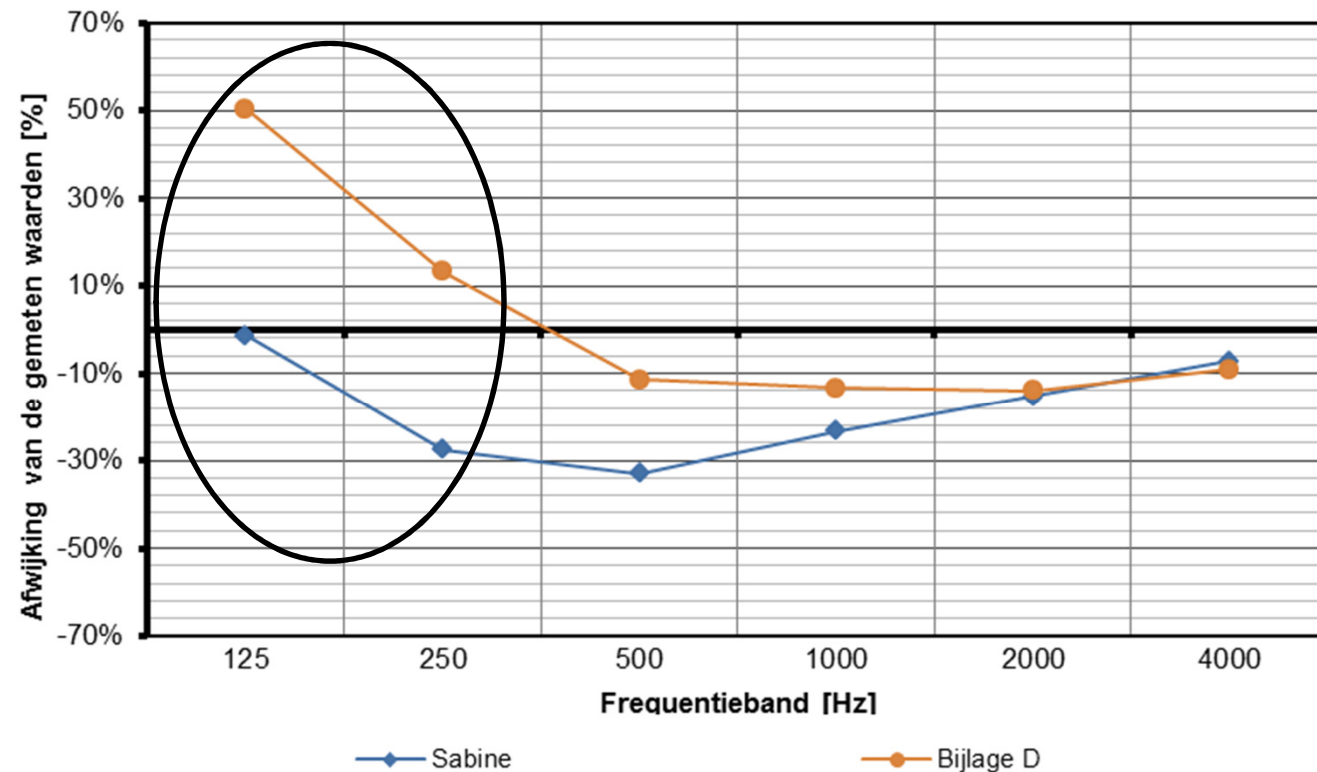
De meetresultaten

De analyse

Een nieuwe formule

Conclusies

Aanbevelingen



# Een nieuwe formule

Het onderzoek

De meetresultaten

De analyse

Een nieuwe formule

Conclusies

Aanbevelingen

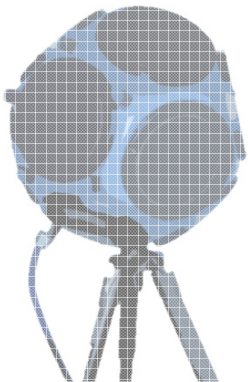
Focus op lage frequenties:

Overgangsfrequentie bijlage D ligt rond 250 Hz

- Hoogfrequent: bijlage D
- Overgangsfrequentie: bijlage D en/of Sabine?
- Laagfrequent: Sabine

Probleem:

- Waar ligt de (exacte) overgangsfrequentie?
- Harde of zachte overgang?



# Een nieuwe formule

Het onderzoek

De meetresultaten

De analyse

Een nieuwe formule

Conclusies

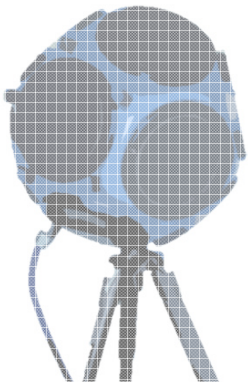
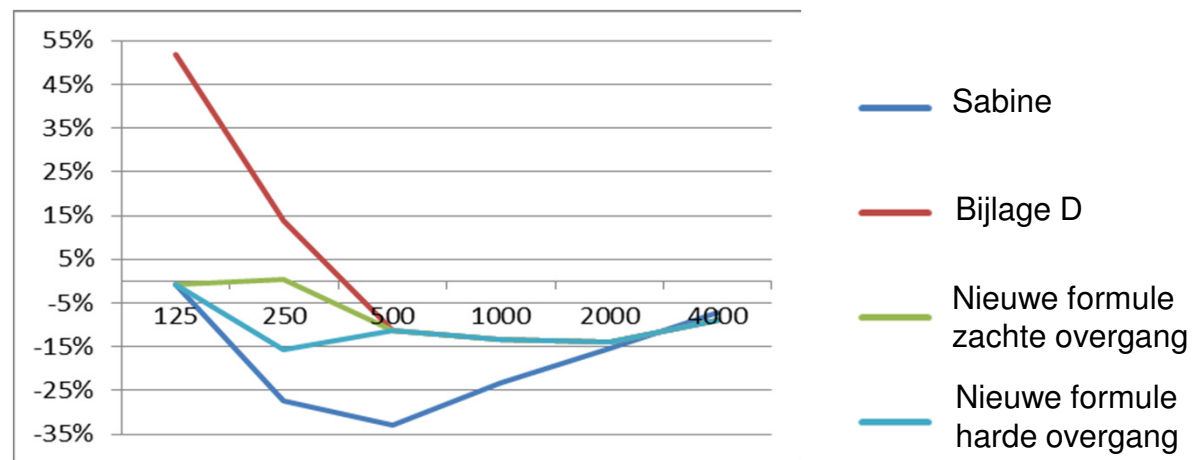
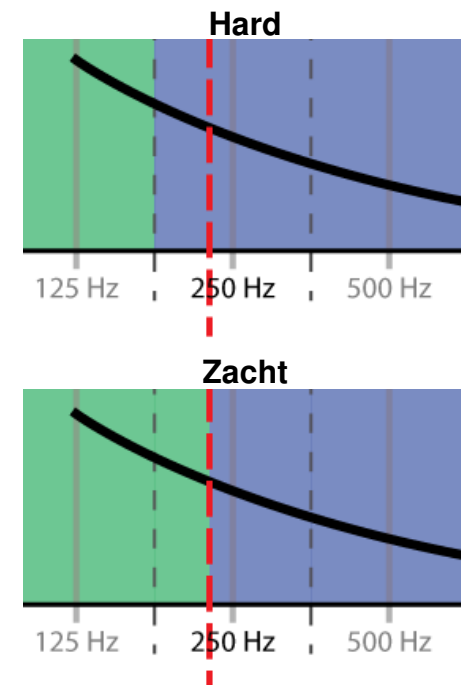
Aanbevelingen

Waar ligt de overgangsfrequentie?

- Aanhouden formule bijlage D

- $f_t = \frac{8,7 * c_0}{v^{1/3}} [Hz]$

Harde of zachte overgang?



# Een nieuwe formule

Het onderzoek

De meetresultaten

De analyse

Een nieuwe formule

Conclusies

Aanbevelingen

Overgangsfrequentie:  $f_t = \frac{8,7 * c_0}{V^{1/3}} [Hz]$  ( $c_0$  geluidsnelheid,  $V$  volume)

Hoogfrequent geluid

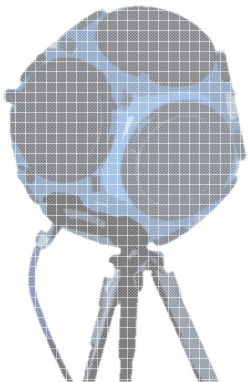
- Als bijlage D

Frequentieband valt in overgangsfrequentie

- Gewogen combinatie bijlage D en Sabine

Laagfrequent geluid

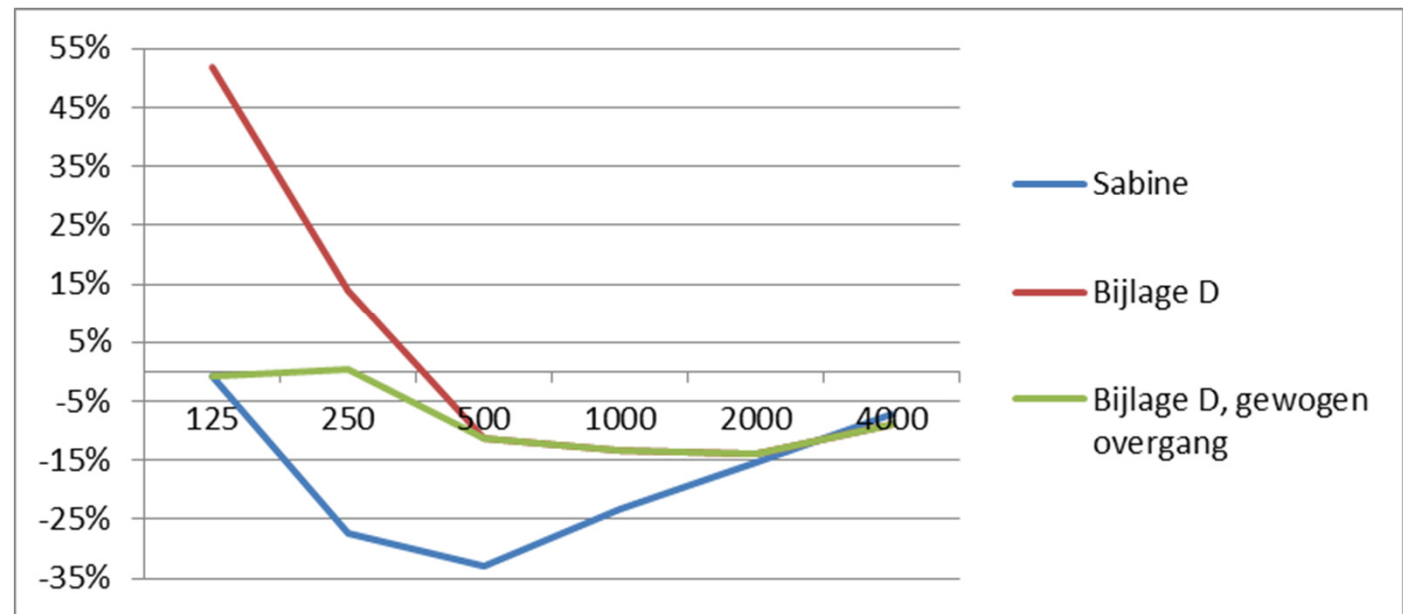
- Als Sabine:  $T = \frac{1}{6} * \frac{V}{A + 4 * m * V} [s]$  ( $T$  nagalmtijd,  $V$  volume,  $A$  geluidabsorptie,  $m$  dempingsconstante)



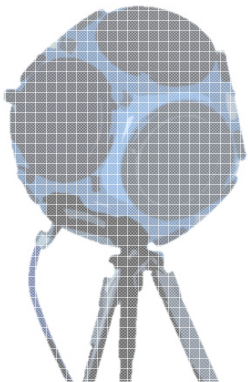
# Een nieuwe formule

De nieuwe formule

- Gemiddelde afwijking: -7% (Bijlage D: +5%, Sabine: -18%)
- Vergelijkbare spreiding
- Laagfrequent een minimale afwijking



|                                  |
|----------------------------------|
| <b>Het onderzoek</b>             |
| <b>De meetresultaten</b>         |
| <b>De analyse</b>                |
| <b><u>Een nieuwe formule</u></b> |
| <b>Conclusies</b>                |
| <b>Aanbevelingen</b>             |





# Conclusies

Het onderzoek

De meetresultaten

De analyse

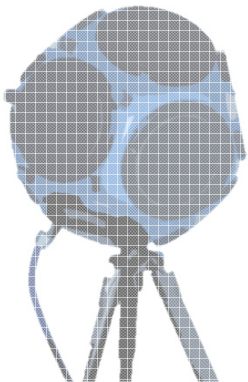
Een nieuwe formule

Conclusies

Aanbevelingen

Aan de hand van de veertien gemeten zalen:

- Vooral laagfrequent treden er afwijkingen op
- Een mogelijke verbetering door het combineren van Sabine en bijlage D



# Aanbevelingen

Het onderzoek

De meetresultaten

De analyse

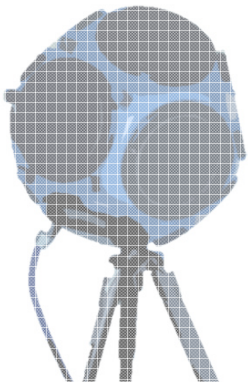
Een nieuwe formule

Conclusies

Aanbevelingen

## Toekomstig onderzoek

- De rekenmethode testen bij meer zalen
- Een uitgebreidere analyse per frequentieband en mogelijk per meetpunt
- De invloed van (flutter)echo's bepalen
- Meer onderzoek naar de lage frequentiebanden
- Rekening houden met eventueel (gedeeltelijk) onjuiste materiaaleigenschappen



# Het voorspellen van de akoestiek in sportzalen

Het toetsen van de rekenmethode

Stageonderzoek Jelmer Niesten