

STI metingen diverse ruimtes

Erasmus MC

Dr. Molewaterplein 40
3015 GD Rotterdam

Datum:	21 juli 2022
Uitvoerende:	Lammert van der Leij
Opdrachtgever:	Erasmus MC Annemarie van der Lugt

Inhoud van dit rapport

1. Inleiding
2. Spraakverstaanbaarheid
3. Uitgangspunten en korte uitleg ruimteakoestiek
4. Metingen
5. Advies per ruimte
6. Conclusie

Inleiding

In opdracht van het Erasmus MC te Rotterdam zijn er door Tau Audio Solutions bv STI metingen verricht aan de geluidsinstallaties van acht zalen binnen het Erasmus MC.

Er zijn metingen verricht in de volgende ruimtes:

CA108	Kleine vergaderruimte
CA104k	Kleine vergaderruimte
Nt546Ka	Overlegkamer voor chirurgen
Rg622k	Grote vergaderruimte
Fg315	Onderwijszaal (OWR31)
Eg370	Collegezaal (Queridozaal)
Eg360	Collegezaal 1
Cf320	Onderwijszaal (OWR35)

Er worden ruimtes verbouwd welke weer op dezelfde manier worden toegepast als nu. Het Erasmus MC wil ervoor zorgen dat de ruimtes prettig zijn om in te werken. Er dient dus een bijpassende galmtijd en spraakverstaanbaarheid (zeker in het geval van een geluidsinstallatie) aanwezig te zijn in deze ruimtes.

Het doel van de uitgevoerde STI metingen is om te bepalen of de ruimtes momenteel voldoen aan de eisen voor spraakverstaanbaarheid of in hoeverre deze hier vanaf wijken. Dit om ervoor te zorgen dat in de komende aanbesteding de eisen aan de installatie en ruimtes op de juiste manier kunnen worden aangevraagd.

Aanvullend is er waar mogelijk voor extra informatie een galmtijdmeting gedaan om meer inzicht te geven in de akoestiek van de ruimte. Buiten de scope valt, zoals besproken in de opdracht, een akoestische kwaliteitsbepaling.

De uitkomsten van de uitgevoerde metingen worden in dit rapport weergegeven, uitgelegd en er wordt aangegeven wat mogelijke oplossingen kunnen zijn.

Spraakverstaanbaarheid

De spraakverstaanbaarheid van een ruimte wordt weergegeven met een getal tussen 0 en 1 waarbij 0 compleet onverstaanbaar en 1 compleet verstaanbaar is gesteld. De waardes kunnen als volgt geïnterpreteerd worden:

0,00 tot 0,30	zeer slecht
0,30 tot 0,45	slecht
0,45 tot 0,60	voldoende
0,60 tot 0,75	goed
0,75 tot 1.00	uitstekend

In klaslokalen wordt een STI van minimaal 0,60 aanbevolen en voor auditoriums 0,68.

Hoe goed of slecht de spraakverstaanbaarheid is in een bepaalde ruimte hangt af van meerdere factoren. We noemen dit het transmissiekanaal; deze bestaat uit: de spreker, de microfoon, het audiosysteem/versterker, de luidsprekers en als laatste de akoestiek van de ruimte. Al deze factoren bepalen zowel de spraakverstaanbaarheid alsook de spraakwaliteit.

Zoals besproken bij het bepalen van de opdracht valt een akoestisch advies van de ruimte buiten de scope van dit project. Waar de galmtijd aangeeft dat er mogelijk ook akoestische veranderingen wenselijk zijn zal dit wel worden aangegeven, echter zouden verdere metingen nodig zijn om te bepalen of dit daadwerkelijk noodzakelijk is. Dit onder andere in verband met de demping van de galm die ook mensen zelf in de zaal aanbrengen door hun aanwezigheid.

Uitvoering metingen

Ruimtes waar een geluidsinstallatie aanwezig is, is de STI gemeten met behulp van de talkbox voor de microfoon (simuleert een spreker) en daar waar geen geluidsinstallatie aanwezig is, is gemeten met de talkbox als 'spreker'.

Alle SPL metingen zijn A-gewogen uitgevoerd. Dit is een weging die overeenkomt met de gevoeligheid van het oor. Op deze manier behoeven er geen waardes per frequentie te worden weergegeven maar kan één waarde volstaan. Een geluidsniveau rond 40dB(A) is normaal voor een kantoor cq. vergaderomgeving. Een te hoog niveau zal ervoor zorgen dat geluid wordt gemaskeerd waardoor spraak minder verstaanbaar wordt, een te laag niveau zorgt ervoor dat geluiden van collega's verstrend zullen zijn. Een rinkelende telefoon in een nabije ruimte wordt dan als irritant beschouwd omdat het te goed hoorbaar is.

Alle metingen zijn gedaan in lege ruimtes en zijn derhalve worst case scenario's aangezien personen in de ruimte de galmtijd zullen verkorten door de absorptie die deze personen introduceren. Eén enkel persoon kan worden aangeduid als 0,45m² volledige absorptie (in het spraakgebied).

Galmtijd en korte uitleg ruimteakoestiek

De uitgevoerde metingen geven een inzicht hoe de ruimtes er momenteel bij staan. Hiervoor worden de zalen gemeten op spraakverstaanbaarheid en ook het niveau van het achtergrondgeluid is gemeten.

Daar waar mogelijk is, is er ook een galmtijdmeting gedaan in de ruimte. De galmtijd, de grootte van de ruimte en de geluidsinstallatie bepalen voor een groot gedeelte de spraakverstaanbaarheid in de ruimte.

Een maat voor de galmtijd kan als volgt worden bepaald:

De galmtijd ten behoeve van spraak is optimaal wanneer deze op de volgende waarde ligt: $0,12 \times \text{LN}(\text{Volume van de ruimte})$ en optimaal voor muziek op $0,3 \times \text{LN}(\text{Volume van de ruimte}) - 0,57$.

In dit rapport worden deze twee waardes als minimale en maximale galmtijd aangehouden.

Een te korte galmtijd zal de zaal dood maken en een te lange galmtijd zal een slechte invloed hebben op de verstaanbaarheid en derhalve zal er een beter geluidssysteem moeten worden toegepast. Dit resulteert meestal in line array luidsprekers of soms zelfs digital steerable line array luidsprekers. Schiphol en grote kerken zijn hier een voorbeeld van.

De galmtijd wordt bepaald door de grootte van de ruimte en de absorptie van de gebruikte bouw- en afwerkmaterialen van de muren, de vloer en het plafond, het meubilair en de overige toevoegingen in de ruimte.

Absorptie

Van de meeste materialen worden de absorptie coëfficiënten door de fabrikant gespecificeerd. Deze geven de absorptie van het product aan in elke octaafband. Hiermee kan van tevoren worden bepaald wat de galmtijd van de ruimte zal zijn, dit gebeurt meestal door simulatie met een PC.

Het toevoegen van diffusie aan (grotere) ruimtes zorgt ervoor dat een ruimte beter gaat klinken. Dit kunnen versprongen vensters zijn, hoeken in de ruimte, pilaren etc.

Stoelen met stof zullen een hogere demping hebben dan stoelen met een harde zitting en leuning. Dit verschil is duidelijk te horen in de lege Queridozaal ten opzichte van Collegezaal 1. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat dit verschil steeds minder wordt naarmate de ruimte zich vult met personen. Dan bepalen die de demping in de ruimte.

Norm voor frisse scholen en achtergrondgeluid

Sinds januari 2021 is er een '[Norm voor frisse scholen](#)', deze omschrijft ook een leidraad voor geluidsisolatie, achtergrondgeluid en ruimteakoestiek. Uiteraard is deze ook toepasbaar in uw situatie.

Er zijn enorm veel factoren die bepalen of een ruimte een fijne ruimte is om in te werken. Slechts gericht op geluid zijn dit er wat minder. Allereerst is er het niveau van het achtergrondgeluid. Hiermee bedoelen we het geluid wat aanwezig is in de ruimte en er niet toe doet. Dus voorbijrijdende auto's, geluid van aangrenzende ruimtes, geluid van PC's, ventilatie etc.

Het niveau van het geluid wat men niet wil horen moet ook zeker niet te luid zijn. Dit zorgt ervoor dat spraak wordt gemaskeerd en daardoor onduidelijk wordt zodat men zich moet inspannen om een persoon te verstaan of men kan deze persoon zelfs niet meer verstaan. Te zacht zorgt ervoor dat

geluiden die wel luider zijn, zoals het rinkelen van een telefoon, gaan opvallen en dan ineens vervelend kunnen zijn.

Om geluid goed verstaanbaar te krijgen dient het geluid wat men wil horen minimaal 10dB luider te zijn dan het achtergrondgeluid. Een 'normaal' spreekvolume van minimaal 60dB(A) zal dus een achtergrondniveau van maximaal 50dB(A) mogen hebben. Toch is deze waarde voor de meeste ruimtes aan de hoge kant. De ruimte zal dan niet als prettig/comfortabel worden ervaren.

Daarnaast is voor elke ruimte het juiste niveau ook weer anders. Een bibliotheek wil stilte en 35dB(A) is dan het maximale niveau wat men zou willen hebben. In een kantooromgeving is 43dB(A) fijn om bij te werken. Voor vergaderruimtes is 40dB(A) maximaal aan te houden, helemaal als men met videoconferencing gaat werken.

Elke ruimte heeft dus z'n eigen specifieke eisen waaraan deze moet voldoen afhankelijk van de toepassing van deze ruimte.

Metingen

Per ruimte wordt weergegeven wat voor ruimte het betreft en wat voor installatie er eventueel aanwezig is. Vervolgens worden de metingen weergegeven en de betekenis hiervan.

1. CA 108

De ruimte

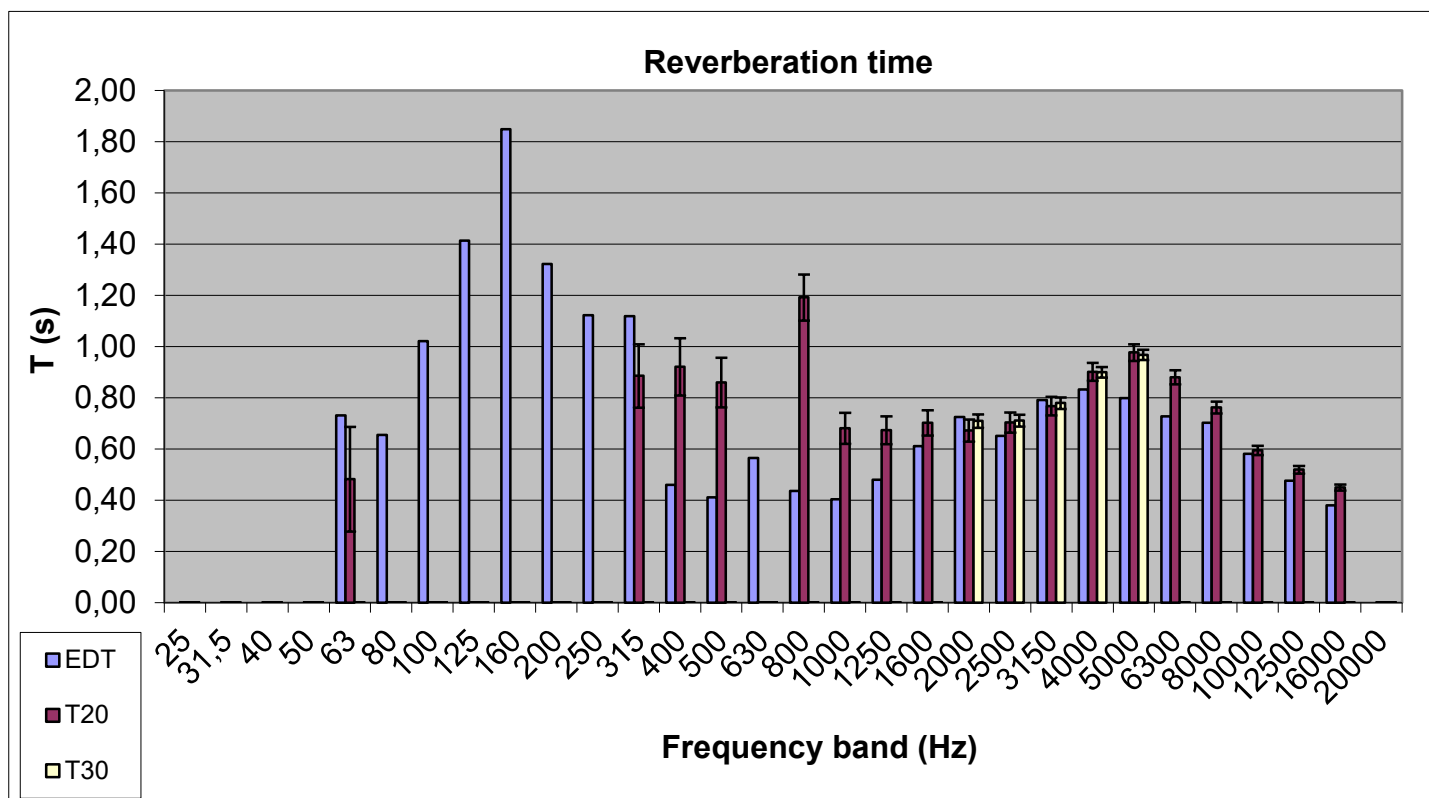
De vergaderruimte CA108 is een kleine vergaderruimte van circa 25m² en een inhoud (V) van 70m³. Er ligt vloerbedekking op de vloer en er is een systeemplafond aanwezig. Er zijn diverse wanden aanwezig waarvan sommige van glas.

De installatie

De installatie bestaat uit een beeldscherm met een Yealink videoconference-unit.

De galmtijd

Een galmtijdmeting was hier mogelijk omdat het een relatief kleine ruimte was en er weinig achtergrondgeluid aanwezig was.



Voor spraak zijn de frequenties 250Hz tot en met 4000Hz het belangrijkst.

De optimale galmtijd voor deze ruimte moet liggen tussen $0,12 \times \ln(70)$ en $0,3 \times \ln(70) - 0,57$, dus tussen 0,51s en 0,7s. De gemiddelde galmtijd in deze frequenties bedraagt 0,66s. Dit is een prima waarde voor deze ruimte. Bij de hogere frequenties loopt de galmtijd iets op met name tussen 3000 en 8000 Hz.

Het achtergrondgeluid heeft een niveau van 39dB(A) en zal geen nadelige gevolgen hebben voor de spraakverstaanbaarheid.

STI Metingen

Er is in deze ruimte geen versterking aanwezig. Er is enkel een luidsprekerbalk t.b.v. videoconferencing. Om deze reden is er een meting gedaan met de talkbox welke op dezelfde plaats is aangebracht als de Yealink luidsprekers.



De resultaten zijn als volgt:

- | | |
|---------|--------------------------------------|
| 1- 0,71 | Zitplaats linksachter |
| 2- 0,74 | Zitplaats rechterzijkant, achter |
| 3- 0,81 | Zitplaats voorin, rechts |
| 4- 0,77 | In de hoek, tegen de glaswand rechts |
| 5- 0,74 | In de hoek, links, naast de deur |

De gemiddelde STI waarde in deze ruimte bedraagt 0,75 en is hiermee goed tot uitstekend te noemen.

2. CA104k

De ruimte

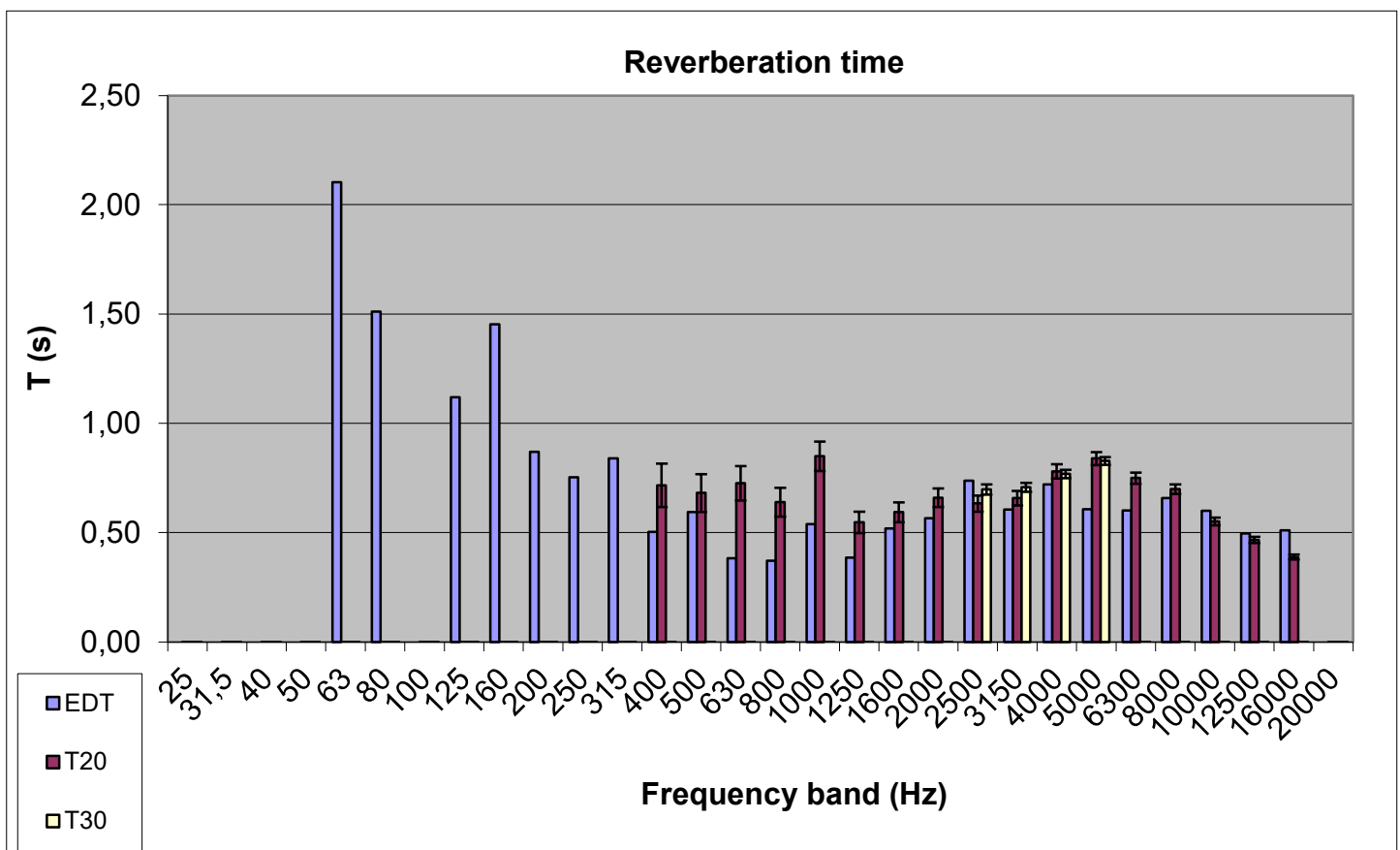
De vergaderruimte CA104k is een kleine vergaderruimte van circa 21m² en een inhoud (V) van 56m³. Er ligt vloerbedekking op de vloer en er is een systeemplafond aanwezig. Er zijn diverse wanden aanwezig waarvan sommige van glas.

De installatie

De installatie bestaat, net zoals in CA108, uit een scherm en een Yealink installatie.

De galmtijd

Een galmtijdmeting was hier mogelijk omdat het een relatief kleine ruimte was en er weinig achtergrondgeluid aanwezig was.



Voor spraak zijn de frequenties 250Hz tot en met 4000Hz het belangrijkst.

De optimale galmtijd voor deze ruimte zou moeten liggen tussen $0,12 \times \ln(56)$ en $0,3 \times \ln(56) - 0,57$, dus tussen 0,48 s en 0,64s. De gemiddelde galmtijd in deze frequenties bedraagt 0,58s. Dit is een prima waarde voor deze ruimte. Ook hier loopt de galmtijd op bij hogere frequenties met name tussen 4000 en 8000 Hz.

Het achtergrondgeluidniveau bedraagt 39dB(A) en zal geen nadelige gevolgen hebben voor de spraakverstaanbaarheid.

STI metingen

Er is in deze ruimte geen versterking aanwezig. Er is enkel een luidsprekerbalk t.b.v. videoconferencing. Om deze reden is er een meting gedaan met de talkbox welke op dezelfde plaats is aangebracht als de Yealink luidsprekers.



De resultaten zijn als volgt:

- | | |
|---------|--------------------------------------|
| 1- 0,75 | Zitplaats, linksachter |
| 2- 0,78 | In de hoek, links, tegen de glaswand |
| 3- 0,78 | Zitplaats, rechter zijkant achterin |
| 4- 0,82 | Zitplaats, rechter zijkant vooraan |
| 5- 0,75 | Zitplaats, linker zijkant vooraan |

De gemiddelde STI waarde in deze ruimte bedraagt 0,78. De spraakverstaanbaarheid voor deze ruimte is dus uitstekend te noemen.

3. Nt546Ka

De ruimte

De ruimte Nt546Ka is een overlegruimte van circa 66m² en een inhoud (V) van 185m³. Er ligt vloerbedekking op de vloer en er is een systeemplafond aanwezig. Er zijn diverse wanden aanwezig en veel ramen.

De installatie

De ruimte is voorzien van een zeer uitgebreide videoconference installatie met plafondmicrofoons en een geluidsinstallatie met luidsprekers.

De galmtijd

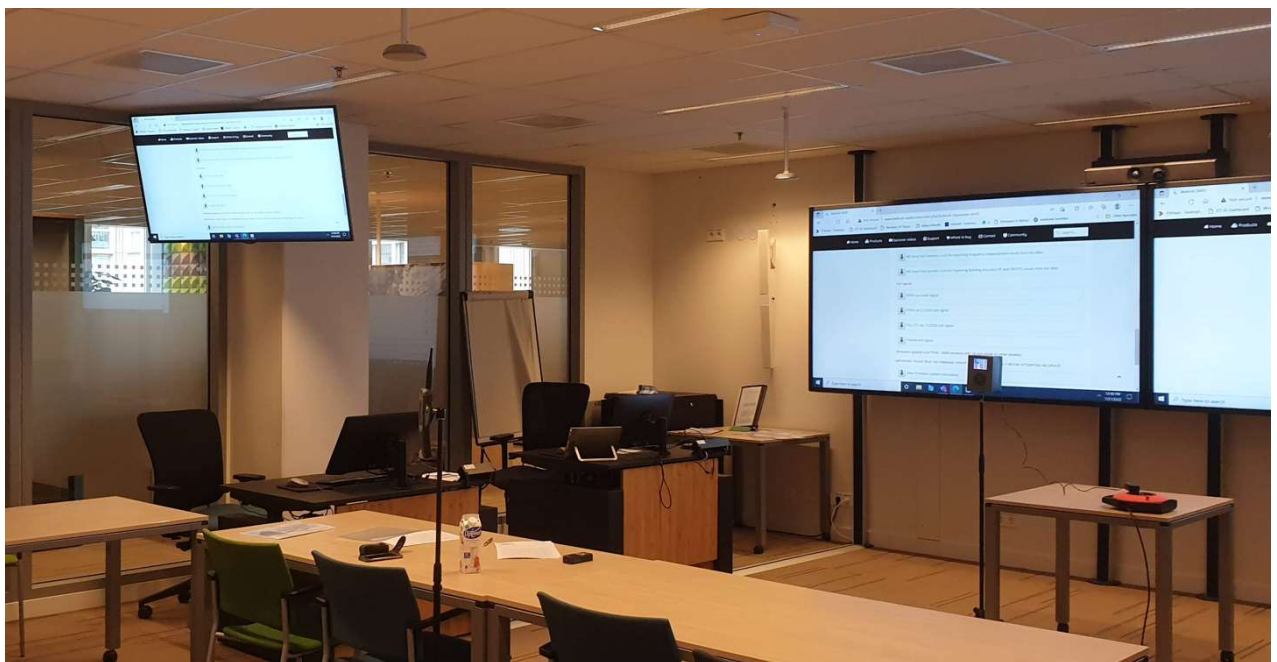
Een galmtijdmeting was hier niet mogelijk door het hoge niveau van het achtergrondgeluid veroorzaakt door de ventilatie.

Een optimale galmtijd voor deze ruimte ligt tussen 0,67s en 1s.

Het gemeten achtergrondgeluidniveau varieert door de ruimte. Dicht bij het ventilatiekanaal is dit 52dB(A), het verst bij het kanaal vandaan is dit 43dB(A). Het niveau is niet constant, er heerst een variatie van soms 6 tot 8dB. Dit betekent dat relatief zachte sprekers slecht zijn te verstaan door het continu geruis van de ventilatiekanalen.

STI metingen

Omdat het niet mogelijk is met een microfoon geluid af te spelen over deze installatie is gekozen om de audiofile met de PC af te spelen over de geluidsinstallatie. Hiervoor is een geluidsniveau gekozen van 65dB zodat de meting niet wordt beïnvloed door het achtergrondgeluidsniveau.



De resultaten zijn als volgt:

- | | |
|---------|--|
| 1- 0,70 | Zitplaats achter tafel, rechtsachter |
| 2- 0,75 | Zitplaats achter tafel, rechts, één rij van achter |
| 3- 0,67 | Zitplaats linkerkant, middelste bureau |
| 4- 0,69 | Zitplaats linkerkant, achterste bureau |
| 5- 0,70 | Zitplaats rechterkant, achterste bureau |

De gemiddelde STI waarde in deze ruimte bedraagt 0,70 en zou daarmee goed te benoemen zijn. Deze waarde zal echter in de praktijk niet worden gehaald door het hoge niveau van het geluid van de ventilatie. Tevens staat het scherm rechtsvoor op een dusdanige plek dat het geluid uit de rechter luidspreker niet naar 'rechts' kan stralen.

Subjectieve noot:

Het geluid van deze luidsprekers was nasaal en kan waarschijnlijk door goed afregelen met een equalizer (indien aanwezig in het systeem) worden verbeterd. Hierdoor zal de spraakwaliteit toenemen. Of dit ook de spraakverstaanbaarheid ten goede komt dient nadien te worden gemeten. Meestal is dit echter wel het geval.

4. Rg622K

De ruimte

De ruimte Rg622K is een grote vergaderruimte van circa 70m² en een inhoud (V) van 195m³. Er ligt vloerbedekking op de vloer en er is een systeemplafond aanwezig. Er zijn diverse wanden aanwezig en wederom twee wanden met ramen.

De installatie

De ruimte is voorzien van een uitgebreide videoconference installatie met plafondmicrofoons en een geluidsinstallatie met luidsprekers.

De galmtijd

Een optimale galmtijd voor deze ruimte ligt tussen 0,63s en 1s.

Een galmtijdmeting was in deze ruimte niet mogelijk waarschijnlijk onder andere door het achtergrondgeluidsniveau.

Het gemeten achtergrondgeluidsniveau bedraagt 41dB(A).

STI metingen

Omdat het niet mogelijk is met een microfoon geluid af te spelen over deze installatie is gekozen om de audiofile met de PC af te spelen over de geluidsinstallatie. Hiervoor is een geluidsniveau gekozen van 60dB identiek aan het volume van normale spraak.



De resultaten zijn als volgt:

- | | |
|---------|--|
| 1- 0,77 | Zitplaats, linksachter |
| 2- 0,75 | Zitplaats, rechts, derde stoel aan de tafels |
| 3- 0,71 | Tegen de muur aan de rechterkant, tussen stoel en deur |
| 4- 0,83 | Zitplaats, links, voorste stoel aan de tafels |
| 5- 0,75 | Zitplaats, links, vijfde stoel van achter aan de muurkant. |

De gemiddelde STI waarde in deze ruimte bedraagt 0,76 en is hiermee uitstekend te noemen.

5. Fg315

De ruimte

De ruimte Fg315 is een onderwijsruimte van circa 132m² en een inhoud (V) van 375m³. Er ligt linoleum op de vloer en het plafond is een half open metalen plafond. Er zijn diverse wanden aanwezig waarvan twee met enkele, relatief kleine, ramen.

De installatie

De ruimte bezit een geluidsinstallatie bestaande uit twee frontluidsprekers.

Galmtijd

Een galmtijdmeting was hier niet mogelijk omdat het een relatief grote ruimte is en er te veel achtergrondgeluid aanwezig was voor een correcte meting.

Een optimale galmtijd voor deze ruimte ligt tussen 0,71s en 1,2s.

Het gemeten achtergrondgeluidniveau varieert in de ruimte, dichtbij het raam is het het luidst in verband met het vele lawaai buiten. Het gemiddelde niveau bedraagt 44dB(A).

STI metingen

De STI meting is uitgevoerd door de STIPA file af te spelen met behulp van de PC op een volume van 60db(A).



De resultaten zijn als volgt:

- | | |
|---------|--|
| 1- 0,46 | Midden van de ruimte |
| 2- 0,59 | Zitplaats rechtsachter |
| 3- 0,50 | Zitplaats links 2 ^e rij van voren |
| 4- 0,66 | Zitplaats 2 ^e rij exact in het midden |
| 5- 0,58 | Zitplaats voorin recht voor de luidspreker |

De gemiddelde STI waarde in deze ruimte bedraagt 0,56 en is hiermee voldoende te noemen. Echter voldoet deze niet aan het advies om in klaslokalen een STI van minimaal 0,60 aan te houden en voor auditoriums 0,68.

6. Eg370

De ruimte

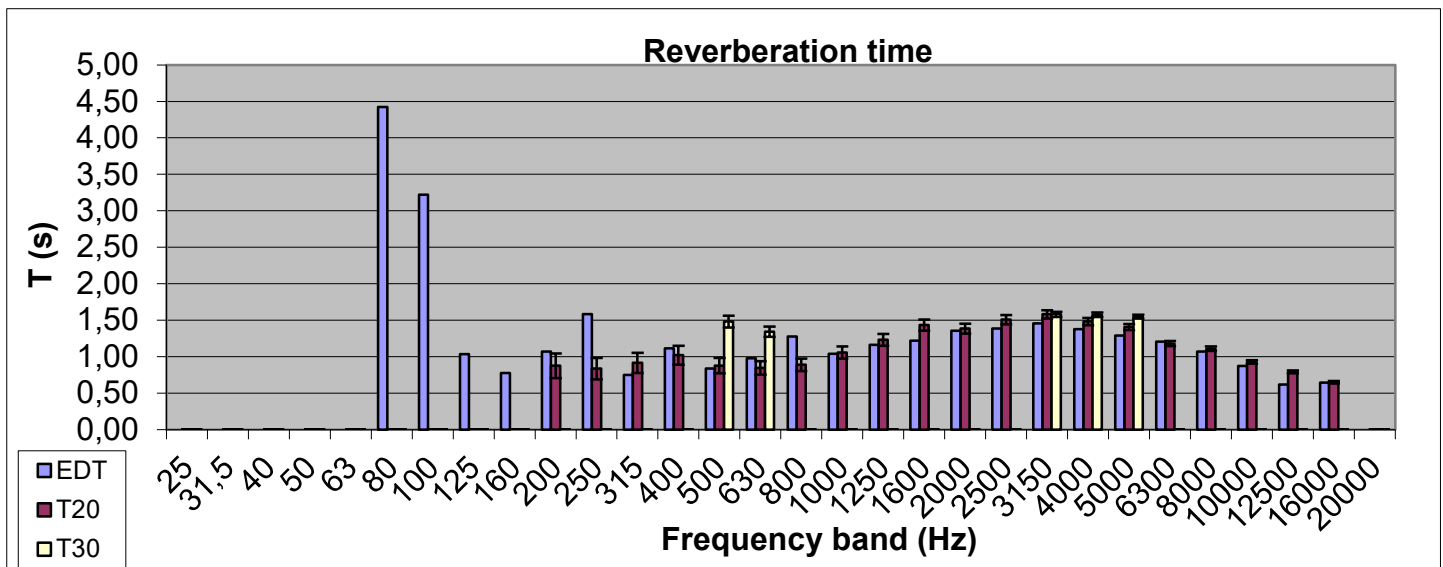
De ruimte Eg370 is een collegezaal met een oplopende vloer waar de zitplaatsen zich bevinden. De vloer is laminaat en het plafond heeft gewelfde vormen en het lijkt dat het vaste plafond een akoestische dempende laag bevat. Vanwege de lastige vorm is vloeroppervlak en inhoud niet zonder bouwtekening vast te stellen. De geschatte inhoud van deze ruimte bedraagt 700m³. De achterwand is voorzien van gordijnen en er zijn zes hoogteniveaus met stoelen.

De installatie

De ruimte bezit een uitgebreide geluidsinstallatie bestaande uit twee frontluidsprekers en diverse microfoons.

De galmtijd

Doordat het achtergrondgeluidniveau heel laag was in deze ruimte was een betrouwbare galmtijdmeting mogelijk.



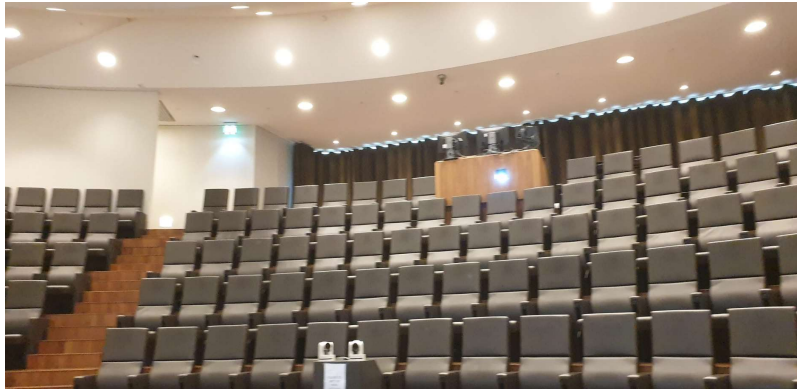
De gemiddelde galmtijd in deze frequenties bedraagt 1,19s.

Gebaseerd op de schatting van het volume van de ruimte zou een optimale galmtijd voor deze ruimte liggen tussen 0,79s en 1,4s. De gemiddelde galmtijd is prima te noemen. Daar waar de galmtijd het hoogst is, rond 3~4 kHz, is de galmtijd het hoogst. Dit zijn de frequenties die het belangrijkst zijn voor het verstaan van spraak.

Het gemeten achtergrondgeluidniveau bedraagt 31dB(A).

STI metingen

De STI meting is uitgevoerd door de STIPA file af te spelen met de talkbox voor de microfoon van de kathedraal.



De resultaten zijn als volgt:

- | | |
|---------|---|
| 1- 0,58 | Tribune, 2 ^e rij, rechter kolom, linker stoel |
| 2- 0,58 | Tribune, 2 ^e rij, rechter kolom, rechter stoel |
| 3- 0,58 | Tribune, 3 ^e rij, in het midden |
| 4- 0,64 | Tribune, 4 ^e rij, linker kolom, 4 ^e stoel vanaf de muur |
| 5- 0,53 | Tribune, 5 ^e rij, linker kolom, linker stoel |
| 6- 0,65 | Bovenin, achter de desk |
| 7- 0,55 | Begane grond, middelste stoel |
| 8- 0,56 | Begane grond, 3 ^e stoel van links |

De gemiddelde STI waarde in deze ruimte bedraagt 0,59 en is hiermee voldoende te noemen. Echter voldoet deze niet aan het advies om in klaslokalen een STI van minimaal 0,60 aan te houden en voor auditoriums 0,68.

7. Eg360

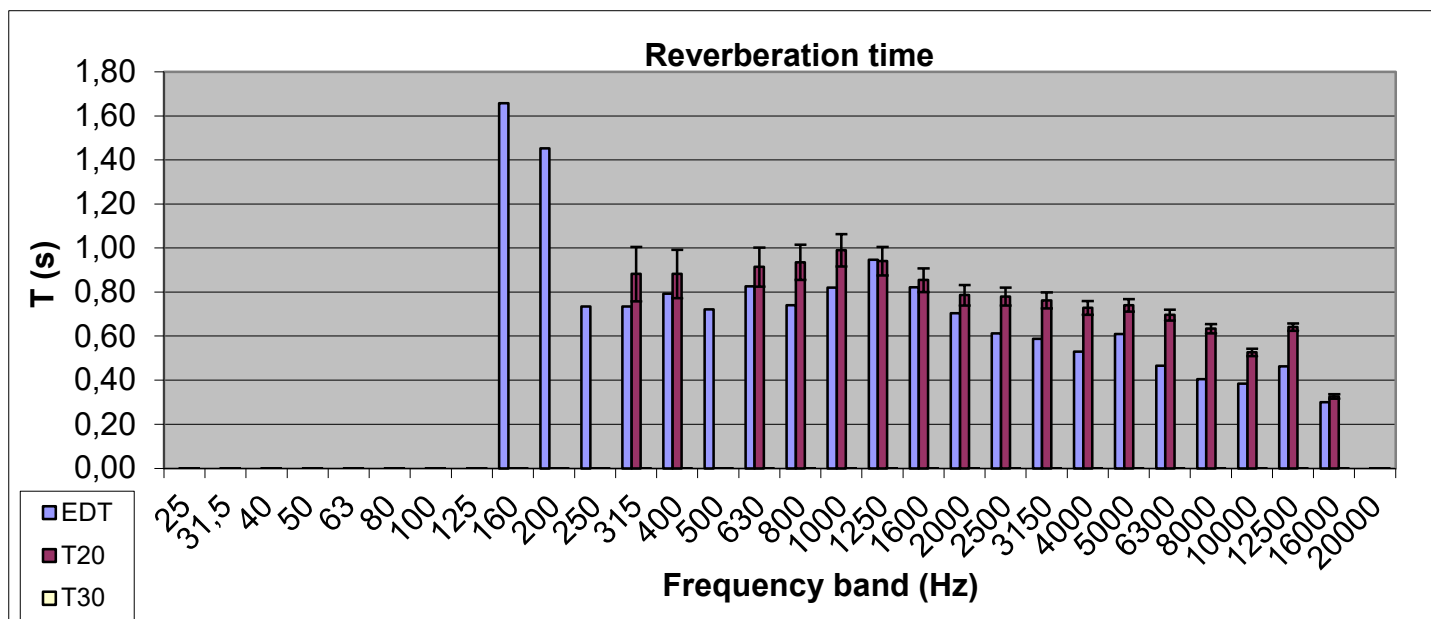
De ruimte

De ruimte Eg360 is een collegezaal met een oplopende vloer waar de zitplaatsen zich bevinden. De vloer is laminaat en het plafond heeft gewelfde vormen en het lijkt dat het vaste plafond een akoestische dempende laag bevat. Vanwege de lastige vorm is vloeroppervlak en inhoud niet zonder bouwtekening vast te stellen. De geschatte inhoud van deze ruimte bedraagt 800m³. De achterwand is voorzien van gordijnen en er zijn negen hoogteniveau 's met stoelen welke met stof zijn bekleed.

De installatie

De ruimte bezit een uitgebreide geluidsinstallatie bestaande uit twee frontluidsprekers en diverse microfoons.

De projector, welke aangeschakeld was produceerde een relatief hoog geluidsniveau. De microfoon is daardoor dicht bij de bron neergezet om toch een galmtijdmeting te kunnen doen. Door deze factoren kan deze meting niet als betrouwbaar worden aangemerkt.



De gemiddelde galmtijd in deze frequenties bedraagt 0,74s.

Gebaseerd op de schatting van het volume van de ruimte zou een optimale galmtijd voor deze ruimte liggen tussen 0,80s en 1,44s. De galmtijd heeft een prima waarde voor spraakversterking en ook het verloop van de galmtijd is nagenoeg perfect te noemen voor deze toepassing.

Het gemeten achtergrondgeluidniveau bedraagt 44dB(A).

STI metingen

De STI meting is uitgevoerd door de STIPA file af te spelen met de talkbox voor de microfoon van de katherder.



De resultaten zijn als volgt:

- | | |
|---------|---|
| 1- 0,56 | Tribune, eerste rij, linker kolom, vierde stoel van links |
| 2- 0,64 | Begane grond, in het midden |
| 3- 0,63 | Tribune, zesde rij, derde stoel rechts uit het midden |
| 4- 0,65 | Bovenin, linkerstoel |
| 5- 0,63 | Bovenin, tegen de achterwand bij de vijfde stoel links van het midden |
| 6- 0,67 | Begane grond, in het midden |

De gemiddelde STI waarde in deze ruimte bedraagt 0,63 en is hiermee goed te noemen. Echter voldoet deze niet aan het advies om in klaslokalen een STI van minimaal 0,60 aan te houden en voor auditoriums 0,68.

8. Cf320

De ruimte

De ruimte Cf320 is een onderwijsruimte van circa 175m² en een inhoud (V) van 500m³.

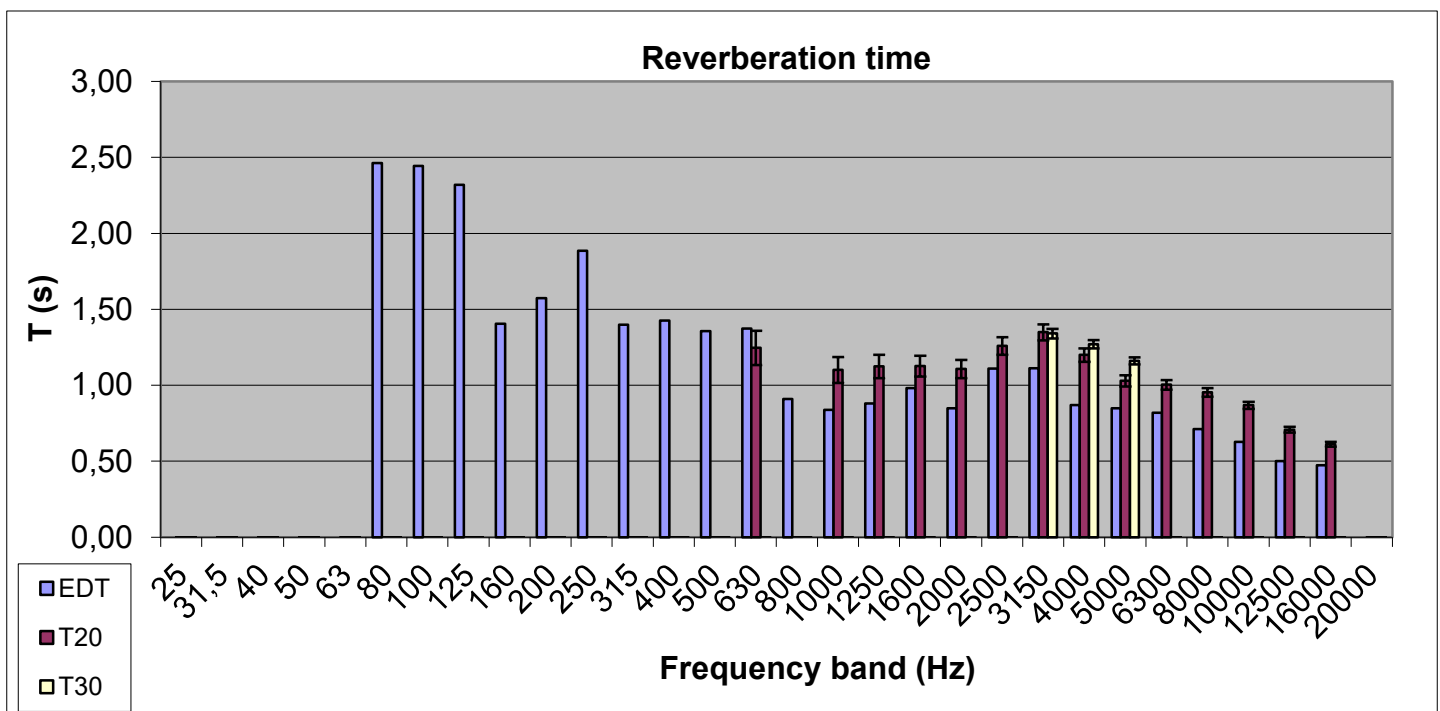
Er ligt linoleum op de vloer en het plafond is een half open metalen plafond. De linkerwand is een raamkant.

De installatie

De ruimte bezit een geluidsinstallatie bestaande uit twee frontluidsprekers voor muziek en vier plafondluidsprekers voor de spraakversterking. Er is een revers microfoon aanwezig voor de spreker.

De galmtijd

Door het lage achtergrondgeluidniveau was het mogelijk om een galmtijdmeting te doen.



De gemiddelde galmtijd in deze ruimte bedraagt 1,15s.

Een optimale galmtijd voor deze ruimte ligt tussen 0,75s en 1,29s. Alhoewel de gemiddelde galmtijd een nette waarde aangeeft is de galmtijd rond 250Hz bijna 1,89s. De ruimte klinkt hierdoor donker.

Het gemeten achtergrondgeluidniveau bedraagt 37dB(A).

STI metingen

De STI meting is uitgevoerd door de STIPA file af te spelen met de talkbox voor de reversmicrofoon.

De resultaten zijn als volgt:

- | | |
|---------|--|
| 1- 0,62 | Recht onder de luidspreker rechtsachter |
| 2- 0,57 | Midden tussen de twee achterste luidsprekers |
| 3- 0,57 | Rechtsachter in de ruimte |
| 4- 0,64 | Exact in het midden van de ruimte |
| 5- 0,56 | Zitplaats rechtsvoor |
| 6- 0,52 | Zitplaats linksvoor aan de raamkant |

De gemiddelde STI waarde in deze ruimte bedraagt 0,58. en is hiermee voldoende te noemen. Echter voldoet deze niet aan het advies om in klaslokalen een STI van minimaal 0,60 aan te houden en voor auditoriums 0,68.

Advies per ruimte

1. CA108

Deze ruimte bezit een galmtijd die, gezien de grootte van de ruimte, zich aan de bovenkant van acceptabel bevindt. De absorberende factoren zijn de stoelen en de personen. Toevoeging van absorberende materialen zoals gordijnen o.i.d. zou deze ruimte nog iets prettiger maken.

De huidige STI waardes en het niveau van het achtergrondgeluid zijn prima. Deze ruimte is een derhalve een goede ruimte om in te vergaderen en zal geen problemen opleveren met de verstaanbaarheid.

2. CA104k

Deze ruimte bezit een galmtijd die wordt verwacht bij een ruimte van deze grootte. De galmtijd is hier kleiner dan bij CA108 doordat de ruimte kleiner is en hetzelfde aantal stoelen bevat.

De huidige STI waardes en het niveau van het achtergrondgeluid zijn prima. Ook hier is de spraakverstaanbaarheid dus goed te noemen en de ruimte is dan ook geschikt om in te vergaderen.

3. Nt546Ka

Door het hoge achtergrondgeluidsniveau kon hier geen galmtijdmeting plaatsvinden. Het gehoor zegt echter dat in deze ruimte de galmtijd prima is voor de grootte van deze ruimte.

Qua achtergrondgeluid blijkt dat het geluidsniveau van de ventilatie veel te hoog is in deze ruimte. Hierdoor zullen zachte sprekers slecht zijn te verstaan en ook zal dit geluid ervoor zorgen dat de luisteraars aan de andere kant van de videoconference lijn last zullen hebben van dit geluid. Een achtergrondgeluidsniveau rond 40dB is aan te raden.

De verstaanbaarheid van het geluidssysteem is voldoende als het achtergrondgeluid niet aanwezig zou zijn. De conclusie is dan ook dat de ruimte prima is als er voor wordt gezorgd dat het geluidsniveau van de ventilatie wordt verminderd.

4. Rg622K

De uitvoering qua vloer, wanden en plafond is in deze ruimte identiek aan Nt546Ka. Hier is echter een normaal niveau van achtergrondgeluid aanwezig waardoor dit geen invloed heeft op de spraakverstaanbaarheid. Ook is hier, gehoormatig, galn niet van invloed op de verstaanbaarheid.

De STI meting is uitgevoerd met de talkbox omdat de luidsprekers geen extern geluid kunnen weergeven. Hiermee werd een prima verstaanbaarheid gemeten. Een correct geplaatst en afgeregeld geluidssysteem zoals aanwezig is in deze ruimte voldoende.

5. Fg315

Deze ruimte bezit een harde vloer en plafond en er is relatief weinig dempend materiaal aanwezig in de ruimte. Dit zorgt voor een relatief, hoorbaar, grote galmtijd.

Het niveau van het achtergrondgeluid is relatief hoog, bij het raam 45dB(A), zeker voor een onderwijsruimte. De geluidsisolatie van de wanden en het glas is te laag voor deze ruimte om onder de 40dB(A) uit te komen.

Het relatief eenvoudige geluidssysteem komt toch nog tot een redelijke gemiddelde STI waarde van 0,56, echter voldoet dit niet aan het advies om in klaslokalen een STI van minimaal 0,60 aan te houden en voor auditoriums 0,68. De slechtst gemeten waarde van 0,46 is veel te laag voor een onderwijsruimte. Het kost te veel moeite om de spreker te kunnen verstaan. Het gebruikte type luidspreker is niet geschikt voor ruimtes van ruim 10m diep en schiet dan ook tekort. In deze ruimte dient gekeken te worden naar een oplossing met array luidsprekers of plafondluidsprekers zoals in ruimte Cf320.

De galmtijd zou door demping toe te voegen, bijvoorbeeld een systeemplafond aanzienlijk kunnen worden verbeterd waardoor een prettigere ruimte ontstaat.

Gezien er echter vaak grotere groepen mensen in de ruimte aanwezig zullen zijn, zal de galmtijd door de demping die zij geven aanzienlijk verbeteren. Het is in dat geval waarschijnlijk voldoende om enkel voor een beter passende geluidsinstallatie te kiezen.

6. Eg370

Deze ruimte heeft een passende galmtijd voor de grootte van de ruimte. De galmtijd in de lage frequenties is aan de lage kant waardoor er weinig 'loudness' of bas aanwezig is in de ruimte. Hij klinkt dus heel helder.

Het niveau van het achtergrondgeluid is laag, er is geen wand die contact heeft met de buitenwereld waardoor de ruimte stil is.

Het geluidssysteem kent een gemiddelde STI waarde van 0,59. Het valt op dat achterin de verstaanbaarheid hoger is dan voorin. Hoogstwaarschijnlijk komt dit door het feit dat de luidsprekers niet naar beneden zijn gericht. De luidsprekers geven, ook met spraak, veel lage tonen weer. Dit zorgt voor relatief veel galm in de ruimte en is niet nodig voor spraakweergave.

De verwachting van de ruimte ligt hoger dan de werkelijke waardes. De aanwezige geluidsinstallatie lijkt te voldoen aan wat de ruimte nodig heeft, echter blijkt dit niet in de metingen. Waarschijnlijk kan, met beter afregelen van het systeem, de verstaanbaarheid hoger worden gemaakt.

Het toevoegen van absorptiemateriaal welke alleen de midden en hoge tonen dempt (bvb. Meer gordijnen) zal ervoor zorgen dat de galmtijd in deze frequenties afneemt waardoor deze warmer gaat klinken. Echter geldt ook hier dat bij een volle zaal, de mensen ook voor de nodige demping zullen zorgen.

7. Eg360

Deze ruimte is iets groter dan Eg370 echter door het stof op de stoelen valt de galmtijd lager uit in deze ruimte. Deze ruimte klinkt ook warmer dan de Queridozaal, er is alleen aanzienlijk meer achtergrondgeluid. Dit geluid wordt veroorzaakt door de projector en is met 44dB in het midden van de zaal te veel.

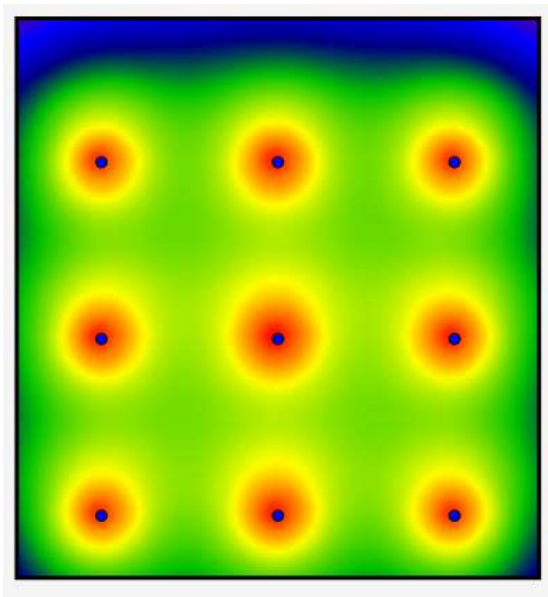
Ook hier valt weer op dat het geluid voorin slechter is dan achter (boven). Behalve dicht bij de spreker waarbij de luisteraar het geluid van de spreker rechtstreeks hoort. De plek onderin waar de spreker niet naar toe spreekt (meetresultaat 1) is het slechtst. Net als in ruimte Eg370 lijkt de geluidinstallatie passend voor wat de ruimte nodig heeft, echter is dit niet volledig terug te zien in de gemeten waardes. Waarschijnlijk kan, met beter afregelen van het systeem, de verstaanbaarheid hoger worden gemaakt.

8. Cf320

Deze ruimte valt, in tegenstelling tot de Queridozaal, op door z'n warme, donkere geluid. De galmtijd bij 250Hz is bijna 2s en onder 150Hz zelfs boven de 2s. De gemiddelde galmtijd ligt ook hier, net zoals in Fg315 aan de hoge kant door het ontbreken van bijvoorbeeld een systeemplafond. Ook hier geldt natuurlijk dat bij aanwezigheid van mensen er meer demping ontstaat.

Door het lage niveau van het achtergrondgeluid is dit een fijne ruimte om in te vertoeven. De verstaanbaarheid van het systeem zou beter kunnen. Omdat de ruimte niet heel hoog is zouden er meer plafondluidsprekers moeten worden geplaatst voor een betere dekking. Ook is de klank van het systeem aan de donkere kant. Dit kan worden opgelost door bijvoorbeeld een equalizer en/of een betere microfoon.

Een simulatie van deze ruimte (12,80 x 13,70 x 2,86, luisterhoogte 1m20) met plafondluidsprekers levert het volgende advies:



Conclusie

Te stellen valt dat de ruimtes geschikt zijn voor de gewenste toepassingen, al dan niet met enkele aanpassingen. Zoals aangegeven is het advies om in klaslokalen een STI van minimaal 0,60 aan te houden en voor auditoriums 0,68.

Een overzicht:

CA108

STI waarde: 0,75

Ruimte is geschikt voor de toepassing.

CA104k

STI waarde: 0,78

Ruimte is geschikt voor de toepassing.

Nt546Ka

STI waarde: 0,7

Door de mate van achtergrondgeluid ontstaan door de ventilatie, zal de verstaanbaarheid van zachte sprekers worden gemaskeerd. De gemeten STI waarde is daardoor theoretisch.

Rg622k

STI waarde: 0,76

Ruimte is geschikt voor de toepassing.

Fg315

STI waarde: 0,56

Geluidsinstallatie dient vervangen te worden door een oplossing met line arrays of plafondluidsprekers.

Eg370

STI waarde: 0,59

Bestaande geluidsinstallatie dient beter afgeregeld te worden.

Eg360

STI waarde: 0,63

Bestaande geluidsinstallatie dient beter afgeregeld te worden.

Cf320

STI waarde: 0,58

Er zijn meer plafondluidsprekers nodig voor een betere spraakverstaanbaarheid. Daarnaast kan een equalizer of andere microfoon een aangenamer geluid verzorgen.

Er kan voor sommige ruimtes ook gekeken worden naar extra absorptie in de ruimte. Echter zal de aanwezigheid van personen in de ruimte de galmtijd verminderen. Door in deze ruimtes aanpassingen te doen aan de geluidsinstallaties zal de spraakverstaanbaarheid verbeterd kunnen worden.