
RAPPORT

Mosby Oppvekstsenter

OPPDRAAGSGIVER

Kristiansand Eiendom

EMNE

Akustikk, interne lydforhold

DATO / REVISJON: 21. januar 2019 / 02

DOKUMENTKODE: 10206344-RIA-RAP-001



Multiconsult

RAPPORT

OPPDRAG	Mosby Oppvekstsenter	DOKUMENTKODE	10206344-RIA-RAP-001
EMNE	Interne lydforhold	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Kristiansand Eiendom	OPPDRAGSLEDER	Morten Abrahamsen
KONTAKTPERSON	Lasse Eikaas	UTARBEIDET AV	Hilde Husby Knustad
		ANSVARLIG ENHET	10232042 Akustikk Sør

SAMMENDRAG

Denne rapporten gir en oppsummering av lydtekniske krav for å oppnå tilfredsstillende lydforhold etter TEK-17, for Mosby Oppvekstsenter i Kristiansand kommune. Der hvor det er behov for å søke dispensasjon fra preaksepterte lydkrav, er det i rapporten gitt en nærmere begrunnelse for dette.

Det presenteres løsninger for å tilfredsstille krav til luftlydisolasjon og trinnlydisolasjon mellom rom, samt romakustiske tiltak for å tilfredsstille krav til etterklangstid i hvert enkelt rom. Konstruksjonsløsninger, beskrivelse av materialvalg og plassering av absorbenter er omtalt.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
02	21.01.2019	Interne lydforhold – endringer mht dørforbindelser	HHK	BML	MA
01	13.11.2018	Interne lydforhold	HHK	BML	MA
00	06.11.2018	Interne lydforhold	HHK	BML	MA

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Generelt	4
2	Krav og retningslinjer	5
2.1	Lydforhold i bygninger - NS 8175	5
2.2	Akustiske kriterier for rom og lokaler til musikkutøvelse – NS 8178	6
3	Oppsummering lydtekniske ytelser og forslag til tekniske løsninger	6
3.1	Lydisolasjon (§ 13-7)	6
3.2	Romakustikk (§ 13-8)	10
3.3	Støy fra bygningstekniske installasjoner og utendørs lydkilder (§ 13-9)	12
3.4	Vibrasjonsforhold (§ 13-11)	13
4	Lydtekniske løsninger	14
4.1	Konstruksjonsprinsipper og materialvalg	14
4.2	Luftlyd (§ 13-7)	14
4.2.1	Generelle krav til platekledde vegger med lydkrav (ARK)	14
4.2.2	Tilslutningsdetaljer (ARK)	14
4.2.3	Skrufast platelag i platekledde vegger og himling (ARK)	14
4.2.4	Lyddører, krav og merking (ARK)	14
4.2.5	Folde-/skyvevegger (ARK)	15
4.2.6	Utførelse av flytende gulv (ARK/RIB)	15
4.3	Trinnlyd (§ 13-7)	16
4.3.1	Trinnlyd-dempende gulvbelegg (ARK)	16
4.3.2	Gymsal (ARK)	16
4.3.3	Trapper og trinnlydnivå (RIB)	16
4.4	Romakustikk (§ 13-8)	16
4.4.1	Musikkrom (ARK)	17
4.4.2	Øvingsrom (ARK)	18
4.4.3	Amfi (ARK)	20
4.4.4	Klasserom (ARK)	22
4.4.5	Oppholdsrom barnehage/SFO (ARK)	23
4.4.6	Gymsal (ARK)	23
4.5	Støy fra bygningstekniske installasjoner og utendørs lydkilder (§ 13-9)	24
4.5.1	Etasjeskiller mot loft	24
4.5.2	Kanaler (RIV)	25
4.5.3	Luftbehandlingsanlegg (RIV)	25
4.5.4	Lydisolering av gjennomføringer (RIV/RIE)	25
4.6	Vibrasjoner (§13-11)	25
4.6.1	Teknisk utstyr (RIV/RØR)	25
4.6.2	Bygge- og anleggsperioden	25
5	Flankeløsninger	25
6	Vedlegg 1 – Akustiske definisjoner	27
7	Vedlegg 2 – Grenseverdier gitt i NS 8175:2012 og NS 8178:2014	28
8	Vedlegg 3 - Oppbygging av lette skillevegger med lydkrav, stålstender	38
9	Vedlegg 4 – Tilslutningsdetaljer (ikke i målestokk)	40
10	Vedlegg 5 – Forslag til diffuserende vegg	42
11	Vedlegg 6 – Lydtegninger	44

1 Generelt

Denne rapporten omhandler funksjonskrav for interne lydforhold for bygging av Mosby oppvekstsenter. Rapporten beskriver generelle løsninger for å innfri kravene til luftlydisolasjon, trinnlydisolasjon, støy fra tekniske installasjoner samt krav til etterklangstid for de romtyper som er planlagt bygget.

Underlag for rapporten er:

- Arkitekttegninger

Det presiseres at noen løsninger vil avvike fra minstekravene til lydforhold (NS 8175, lydklasse C).

Dette gjelder følgende forhold:

1. Formingsrom har vegg med dørforbindelse mot både maskinrom og keramikk. Dersom maskinrom og keramikkrom sees på som egne, uavhengige undervisningsrom, skulle lydisolasjonen mellom disse og formingsrom vært $R'_w \geq 60$ dB. Dette ville krevd dobbel dørforbindelse. Brukerne ved rektor har påpekt at det er ønskelig med enkel dørforbindelse mot keramikk og maskinrom. Både maskinrommet og keramikkrommet sees på som en del av tilliggende større formingsrom og bør ha «enkel tilkomst» fra formingsrommene. I den daglige bruk vil ikke maskinrommet eller keramikkrommet gi uforutsigbar støysjenanse til formingsrom. Det er derfor foreslått løsning med enkel dørforbindelse mellom formingsrom og disse to rommene.
2. Klasserom med tilliggende grupperom.
Lydkravet foreslått mellom klasserom og grupperom er $R'_w \geq 40$ dB (samlet krav for skillekonstruksjonen). Dette er i tråd med målsettingsnivå i andre skoleprosjekter (f. eks. Fevik skole), hvor brukerne har vært godt fornøyde med lydisolasjonen.
3. Mellom formingsrom og korridor.
Byggherre har i møte gitt uttrykk for at det av bruksmessige hensyn på barneskole er ønskelig med enkel dørforbindelse mellom formingsrommene og korridoren. Sambruk av formingsrom eller heimkunnskap med amfi vil heller ikke ifølge byggherre være en aktuell problemstilling i den daglige driften av skolen. Basert på disse to hensyn er det foreslått løsning med enkel dørforbindelse mellom korridor og formingsrom/heimkunnskap, men med noe høyere krav (samlet R'_w på 40 dB) enn det ordinære kravet mellom korridor og klasserom. Løsningen krever dispensasjon fra preakseptert verdi for lydisolasjon mellom korridor og formingsrom.
4. Mellom personalrom og amfi.
Byggherre har skriftlig og i møte gitt uttrykk for at det er akseptabelt med noe lydsmitte mellom amfi og tilliggende personalrom, møterom og rom for bibliotekar. Basert på avklaringer i møte med byggherre om at noe lydsmitte er akseptabelt og at sjenerende sambruk sjeldent er en aktuell problemstilling, er lydisolasjonen mellom amfi og disse rommene satt til R'_w 40 dB.
5. Mellom gymsal og vestibyle/lager.
Lydisolasjon mellom gymsal og vestibyle/lager er satt til R'_w 37 dB, som vurderes å være høyest oppnåelig med enkel, tofløyet dørforbindelse. Dette er akseptabelt mot et lagerrom, og også mot vestibylen utfra brukssituasjonen. Det vises ellers til løsning ved Roligheden Gård, samt at enkel dørforbindelse også er benyttet mellom gymsal og SFO ved Fagerholt skole i Kristiansand.

6. Mellom gymsal og amfi (foldevegg).
Lydkravet foreslått for foldeveggen mellom gymsal og amfi er $R'_w \geq 48$ dB. Dette vurderes som akseptabel lydisolasjon for foldevegg som vil være praktisk i bruk.
7. Musikkrom og amfi – enkle dørforbindelser.
Generelt har både byggherre og arkitekt gitt uttrykk for at det er ønskelig med enkle dørforbindelser på en barneskole. Det er gjort en nærmere vurdering av dette forholdet. Planløsningen for skolen er slik at både amfi og musikkrom er i en «egen sone» av bygget. Det er dører i gangene til andre fløyer med andre undervisningsrom. I 1. etasje vurderes dette som tilstrekkelig for å sikre tilfredsstillende lydisolasjon og gode forhold for sambruk. I 2. etasje er det dør i selve korridoren til den delen av fløyen som har ordinære undervisningsrom, og dette vurderes som tilstrekkelig siden det da vil være 2 dører mellom amfiet og et ordinært klasserom. Byggherre har bekreftet at det ikke vil være sjenerende sambruk mellom forming/heimkunnskap og amfi i det daglige, noe som er lagt til grunn som forutsetning for forslaget til lydkrav. Basert på kommunens informasjonen om sambruk, anses de foreslåtte løsninger som akseptable og bør kunne godkjennes sett i lys av brukssituasjonen på skolen.
8. Mellom musikkrom og øvingsrom.
Lydkravet foreslått mellom musikkrom og øvingsrom er $R'_w \geq 40$ dB. Dette er basert på at både arkitekt og byggherre har uttalt at øvingsrommet primært vil bli benyttet som et lagerrom og at det ikke vil være sjenerende samtidig bruk av de to rommene.

2 Krav og retningslinjer

2.1 Lydforhold i bygninger - NS 8175

Nybygging av Mosby Oppvekstsenter skal reguleres etter Byggteknisk forskrift (TEK 17).

Generelle krav som gjelder lydforhold (beskyttelse mot støy og vibrasjoner) i og utenfor bygningen er gitt i TEK 17, kapittel 13. Her følger det at brukere av bygningen ikke skal utsettes for «vesentlige støyplager» ved normal bruk.

Norsk standard, NS 8175:2012, er utarbeidet for å kunne brukes som referanse til TEK 17, der lydkravene angis som funksjonskrav. Alle bygningstyper som byggeforskriftens krav gjelder for er inkludert i standarden. NS 8175:2012 fastsetter grenseverdier for lydklasser i form av luftlydisolasjon, trinnlydnivå, etterklangstid og lydnivå fra innendørs og utendørs lydilder. Kravene i TEK 17 anses å være oppfylt når grenseverdier etter NS 8175:2012 for klasse C er oppfylt.

Grenseverdiene gitt i NS 8175:2012 er presentert i kapittel 7.

I dagens utgave av NS 8175 er det ikke krav til lydisolasjon mellom avdelinger i barnehager, mens det i høringsforslag til ny standard er foreslått samme lydkrav mellom avdelinger i barnehager som mellom undervisningsrom i skoler. Lydskillet mot avdelinger i barnehagen er derfor foreslått med R'_w 48 dB, mens det mellom avdeling og prosjektrum er foreslått R'_w 40 dB (tilsvarende som mellom klasserom og grupperom i skoler). For vegger med dørforbindelser i barnehagen er det på lydtegninger foreslått samlet krav til skillekonstruksjonen på hhv. R'_w 35 og R'_w 24 dB.

2.2 Akustiske kriterier for rom og lokaler til musikkutøvelse – NS 8178

NS 8178¹ fastsetter kriterier for lydforhold og egenskaper for lokaler som brukes til øving og musikkfremføring, enten dette er lokalets primære anvendelse eller om det er et flerbrukslokale. Kriteriene i standarden er differensiert ut fra tre musikkformer: forsterket musikk, lydsvak musikk og lydsterk musikk. Standarden angir en ideell etterklangstid for de forskjellige bruksområdene relatert til rommets volum. Til akustisk musikk er det også ideelt om etterklangstiden i 125 Hz båndet er 40% høyere enn øvrige bånd. Dette gjelder ikke forsterket musikk. Det anbefales at standarden legges til grunn ved prosjektering av musikkrom.

Grenseverdiene gitt i NS 8178:2014 er presentert i kapittel 7.

3 Oppsummering lydtekniske ytelser og forslag til tekniske løsninger

Dette kapittelet oppsummerer lydtekniske ytelser for nytt Mosby oppvekstsenter, og forslag til tekniske løsninger som grunnlag for ARK og andre RI med prosjekteringsansvar. Det er angitt hvilken fagdisiplin som har ansvar for at løsningene implementeres i deres arbeidsgrunnlag. Kapittel 4 beskriver mer detaljert enkelte forslag til lydtekniske løsninger. Eksempel på oppbygging av lettvegger og tilslutningsdetaljer er vist i kapittel 8.

3.1 Lydisolasjon (§ 13-7)

Gjeldende grenseverdier for luftlydisolasjon, med beskrivelse av tekniske løsninger som vil tilfredsstille gjeldende krav, er gitt i tabell 3-1 og lydkrav er kodet på vedlagte plantegninger.

Tabell 3-1: Grenseverdier for luftlydisolasjon og beskrivelse av tekniske løsninger

LUFTLYDISOLASJON		
Grenseverdi / rom	Teknisk løsning	Disiplin
$R'_w \geq 70$ dB Mellom musikkrom og tilstøtende rom uten dørforbindelse. Mellom amfi og tilstøtende rom uten dørforbindelse. Mellom musikkrom og øvre del av amfi og vrimeareal (etasjeskiller).	<i>Veggoppbygging:</i> 3 + 4 x 13 mm gips, ≥ 300 mm hulrom, min. 2 x 100 mm mineralull, atskilte stendere av tre/stål. Separate topp- og bunnsviller. Tungt flytende golv er nødvendig.	ARK
	<i>Eller</i> 250 mm betongvegg med 20-30 mm luft og 100 mm stenderverk med 100 mm mineralull + 4 x 13 mm gips. Tungt flytende golv og ingen strukturell kontakt mellom trapper og betongdekke er nødvendig.	
	<i>Etasjeskiller:</i> 320 mm hulldekker. Under dekket i musikkrom og øvingsrom må følgende konstruksjon benyttes: <ul style="list-style-type: none"> • Minimum 200 mm mineralull • Sylomerhengere fra Christian Berner • 3 x 13 mm gips Det må være frittstående, lette påforingsvegger rundt betongveggene i disse rommene.	
	Ingen gjennomføringer for ventilasjon.	RIV
	Ingen gjennomføringer for elektro.	RIE

¹ NS 1878 Akustiske kriterier for rom og lokale til musikkutøvelse, 2014

Akustikk, interne lydforhold

<p>$R'_w \geq 60$ dB Mellom formingsrom med støyende aktivitet og naborom uten dørforbindelse.</p> <p>Mellom teknisk rom i 2. etasje og naborom uten dørforbindelse.</p> <p>Mellom musikkøving og naborom i 1. og 2. etasje.</p>	<p><i>Veggoppbygning:</i> Lett platekledd vegg bestående av 2 + 3x13 mm gips, ≥ 200 mm hulrom med ≥ 150 mm mineralull, adskilt stenderverk av stål/tre. Separate topp- og bunnsviller. Splitt i gulvkonstruksjon nødvendig.</p> <p>Alternativt min. 300 mm betong.</p> <p><i>Etasjeskiller:</i> 320 mm hulldekker. Tungt flytende golv i formingsrom, maskinrom, øvingsrom (flankeløsning), keramikk og teknisk rom mv.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 70-100 mm påstøp • 20-50 mm mineralull trinnlydplate <p>Lydisolerende himling i øvingsrom</p> <ul style="list-style-type: none"> • Minimum 100 mm mineralull • Lydbøyer • 2 x 13 mm gips 	ARK
	<p>Ingen gjennomføringer for ventilasjon er å foretrekke. Dersom kanal skal føres gjennom vegg, må kanalen bestå av et elastisk mellomstykke gjennom selve vegg. Kanal må kasses inn med 75-100 mm mineralull og 2 x 13 mm gips.</p>	RIV
	<p>El-gjennomføringer legges med forskyvning i hvert veggskall, forskyvning ≥ 600 mm vertikalt eller horisontalt. Gjennomføring dyttes med isolasjon og fuges lufttett på begge sider med elastisk fugemasse. Trekkerør kan ikke føres gjennom begge veggskall, men må brytes ved ett av veggskallene.</p>	RIE
<p>$R'_w \geq 48$ dB Mellom klasserom (trinn), avdelinger i barnehage, gruppe, rom for konfidensielle samtaler (alle kontorer, inkludert rektor, inspektør, helsesøster), mat-/helse og tilstøtende rom uten dørforbindelse. Mellom gymsal og amfi</p>	<p><i>Veggoppbygning:</i> Lett platekledd vegg bestående av 2 + 2x13 mm gips, ≥ 100 mm isolert lydstender eller forskutte trestendere.</p> <p><i>Foldevegg mellom amfi og gymsal:</i> Må ha dokumentert labmålt lydreduksjon R_w 56-58 dB</p> <p><i>Glassfelt:</i> Laboratoriemålt lydreduksjon: $R_w \geq 50$ dB, forutsatt areal $\leq 1,0$ m².</p>	ARK
	<p>Felles ventilasjonskanal kan føres gjennom vegg med lydfeller i nødvendig antall og dimensjon. Fortrinnsvis 1 lydfelle på hver side av skilleveggen.</p>	RIV
	<p>Gjennomføringer tilsvarende som beskrevet for rom med $R'_w \geq 60$ dB.</p> <p>Rørføringer kan tillates i begrenset antall, det må dyttes med mineralull og fuges med elastisk fugemasse.</p>	RIE
<p>$R'_w \geq 44$ dB Mellom møterom og tilstøtende rom uten dørforbindelse. Anbefales også for garderobe, WC.</p>	<p><i>Fast veggoppbygning:</i> Lett platekledd vegg bestående av 2 + 1x13 mm gips, ≥ 100 mm isolert stålstenderverk.</p> <p><i>Foldevegg:</i> Må ha dokumentert labmålt lydreduksjon $R_w \geq 52$ dB.</p>	ARK
	<p>Ventilasjonskanaler kan føres gjennom vegg med lydfeller i nødvendig antall og dimensjon.</p>	RIV
	<p>Gjennomføringer dyttes med isolasjon og fuges lufttett med elastisk fugemasse.</p>	RIE

<p>$R'_w \geq 40$ dB Mellom klasserom og grupperom med dørforbindelse.</p> <p>Mellom avdelinger i barnehage og prosjektrum.</p> <p>Mellom gruppe, teknisk/energisentral, keramikk, maskinrom og tilstøtende rom med dørforbindelse.</p> <p>Mellom personalrom og møterom mot amfiet.</p> <p>Mellom formingsrom/heimkunnskap og korridor</p> <p>Mellom musikkrom/øvingsrom og gang samt mellom musikkrommene</p>	<p><i>Fast veggoppbygning:</i> Som beskrevet for 48 dB i vegger med dørforbindelse</p> <p><i>Dør:</i> Laboratoriemålt lydreduksjon: $R_w \geq 38$ dB.</p> <p><i>Glassfelt:</i> Laboratoriemålt lydreduksjon: $R_w \geq 43$ dB, forutsatt areal $\leq 1,4$ m².</p> <p><i>Glassvegg mellom personalareal og amfi:</i> Laboratoriemålt lydreduksjon: $R_w \geq 50$ dB.</p> <p><i>Foldevegg:</i> Må ha dokumentert labmålt lydreduksjon $R_w \geq 50-55$ dB.</p>	ARK
<p>$R'_w \geq 40$ dB Mellom rom UTEN dørforbindelse.</p>	<p><i>Lett platekledd vegg bestående av 2 + 1x13 mm gips, > 100 mm isolert stålstenderverk.</i></p> <p><i>Glassfelt:</i> Laboratoriemålt lydreduksjon: $R_w \geq 43$ dB, forutsatt areal $\leq 1,4$ m².</p>	
<p>$R'_w \geq 37$ dB Mellom bibliotekar og gang/trapp.</p>	<p><i>Veggoppbygning:</i> Lett platekledd vegg bestående av 1 + 1x13 mm gips, ≥ 70 mm isolert hulrom, felles stenderverk av stål.</p>	ARK
<p>$R'_w \geq 37$ dB (Vegg med Dør) Mellom gymsal og vestibyle/lager med dørforbindelse.</p>	<p><i>Fast veggoppbygning:</i> Lett platekledd vegg bestående av 2 + 1x13 mm gips, ≥ 100 mm isolert stålstenderverk.</p> <p>Tofløyet dør: R_w 38 dB.</p>	ARK
	<p>Ingen spesielle krav (utover tetting rundt gjennomføringer) ved små kanaltvernsnitt og tilstrekkelig demping i ventiler.</p>	RIV
	<p>Gjennomføringer dyttes med isolasjon og fuges lufttett med elastisk fugemasse.</p>	RIE
<p>$R'_w \geq 35$ dB /</p>	<p><i>Veggoppbygning:</i> 2 + 1x13 mm gips, 100 mm isolert stålstenderverk.</p>	ARK

Mellom klasserom (trinn), rom for konfidensielle samtaler (rektor, inspektør, helsesøster), bibliotek og tilstøtende rom med dørforbindelse. $R'_w \geq 34$ dB Mellom møterom, arbeidspl. ansatte, personalrom og tilstøtende rom med dørforbindelse.	<i>Dør</i> : Laboratoriemålt lydreduksjon: $R_w \geq 33$ dB (enkel dør av normal størrelse).	
	Kanaler og gjennomføringer tilsvarende som beskrevet for rom med $R'_w \geq 37$ dB.	RIV/RIE
Sjaktvegger	<i>Sjaktvegger</i> : 2 x 13 mm gipsplater, 75 mm mineralull og stenderverk av stål. Isolasjon legges mellom stendere, fastholdes eventuelt med ståltråd eller stålnetting.	ARK

Gjeldende grenseverdier for trinnlydisolasjon, med beskrivelse av tekniske løsninger som vil tilfredsstille gjeldende krav, er gitt i tabell 3-2. Trinnlydforbedringstallet $\Delta L_{n,w}$ er definert i NS-EN ISO 717-2².

Tabell 3-2: Grenseverdier for trinnlydnivå og beskrivelse av tekniske løsninger

TRINNLYDISOLASJON		
Grenseverdi / rom	Teknisk løsning	Disiplin
$L'_{n,w} \leq 48$ dB Mellom amfi/musikkrom og tilstøtende rom.	<i>Etasjeskiller</i> :: 320 mm hulldekke, 50 mm mineralull trinnlydplate, 70-100 mm påstøp, valgfritt belegg (nødvendig både i musikkrom, garderobe og amfi mht lydisolasjon).	
$L'_{n,w} \leq 53$ dB Mellom spesialrom som musikkrom, formingsrom, rom for kroppsøving eller annet spesialrom med støyende aktiviteter. I undervisningsrom/ personalrom/fellesareal fra spesialrom. I vestibyle/gangareal utenfor musikkrom og amfi.	<i>Etasjeskiller</i> :: 320 mm hulldekke, 50 mm mineralull trinnlydplate, 70-100 mm påstøp, valgfritt belegg.	RIB/ARK
$L'_{n,w} \leq 58$ dB I personalrom/ undervisningsrom fra kommunikasjonsvei. I spesialrom fra kommunikasjonsvei. I møterom fra kommunikasjonsvei.	Gulv på grunn: 100 mm støpt betong, 2 lag krysslågt plastfolie, isolasjon. Trinnlydforbedring ved å splitte betongen ved/under skillevegger ned til isolasjonssjiktet. Belegg med $\Delta L_w \geq 15$ dB. <i>Dekker</i> : 320 mm hulldekker + belegg med trinnlydforbedring $\Delta L_{n,w} \geq 18$ dB.	RIB/ARK

² NS-EN ISO 717-2 «Akustikk – vurdering av lydisolasjon i bygninger og bygningsdeler – Del 2: Trinnlydisolasjon, 2013

<p>$L'_{n,w} \leq 63$ dB</p> <p>Mellom to undervisningsrom / personalrom.</p> <p>I undervisningsrom/ personalrom fra fellesarealer / felles oppholdsrom.</p> <p>Mellom kontorer. Mellom et kontor og møterom.</p> <p>I kontor fra kommunikasjonsvei.</p>	<p>Dekker: 320 mm hulldekker + belegg med trinnlydforbedring $\Delta L_{n,w} \geq 12-14$ dB.</p>	RIB/ARK
<p>Trapperom, trapper</p>	<p>Elastisk opplagring av trappeløp og repos, både hovedrepos og mellomrepos. Eventuelt eget bæresystem (atskilt fra bygningskroppen) for utvendige trapper.</p>	RIB

3.2 Romakustikk (§ 13-8)

Gjeldende grenseverdier for etterklangstid, med beskrivelse av tekniske løsninger som vil tilfredsstille gjeldende krav, er gitt i tabell 3-3. Lydabsorpsjonsklasser er definert i NS-EN ISO 11654³.

Tabell 3-3: Grenseverdier for etterklangstid og midlere lydabsorpsjonsfaktor og beskrivelse av tekniske løsninger.

ETTERKLANGSTID OG MIDLERE LYDABSORPSJONSFAKTOR		
Grenseverdi / rom	Teknisk løsning	Disiplin
<p>$T \leq 0,4$ sek</p> <p>Oppholdsrom barnehage/SFO.</p>	<p><i>Himling:</i> Maksimal romhøyde: 3 m. Lydabsorpsjonsklasse A – 100 %.</p> <p><i>Vegger:</i> Det anbefales å benytte tykke gardiner på vinduer, og det må også benyttes lydabsorbenter av lydabsorpsjonsklasse A på store deler av vegger. Se kap. 4.4.5 for nærmere beskrivelse.</p>	ARK
<p>$T \leq 0,5$ sek</p> <p>Klasserom, grupperom, formingsrom, mat/helse, produksjonskjøkken barnehage og møterom.</p>	<p><i>Himling:</i> Maksimal romhøyde: 3 m. Lydabsorpsjonsklasse A – 100 %. For produksjonskjøkken barnehage, mat/helse må det benyttes hygienehimling som tåler vask.</p> <p><i>Vegger:</i> For klasserom må det benyttes veggabsorbenter av lydklasse B eller bedre på store deler av tilgjengelig bak- og sidevegg. Se kap. 4.4.4 for nærmere beskrivelse. For gruppe- og møterom anbefales det at 1 av 2 parallelle vegger har lydabsorbenter i ørehøyde.</p>	ARK
<p>$T \leq 0,8$ sek</p> <p>I trapperom</p>	<p><i>Himling:</i> Heldekkende lydabsorberende himling under alle repos og i trapperommets tak, lydabsorpsjonsklasse A. <i>Vegger:</i> Lydabsorbenter delvis under trapp (på høyde hvor lydabsorbentene ikke kan bli utsatt for hærverk), og/eller på veggene i trapperommet.</p>	ARK
<p>$T_h \leq 0,20 \times h$ sek</p> <p>Transportareal/korridor</p>	<p>Ved takhøyde 2,7 m: $T_h \leq 0,5$ sek. <i>Himling:</i> Lydabsorpsjonsklasse A – 100 %.</p>	ARK

³ NS-EN ISO 11654 «Akustikk – Lydabsorbenter til bruk i bygninger – Vurdering av lydabsorpsjon», utgave 1 (1998-02-11)

	Vegger: I lange ganger med parallelle vegger bør det benyttes veggabsorbent på den ene langveggen for å unngå ekko og stående lydbølger.	
$T_h \leq 0,2 \times h$ sek I personalrom, resepsjon, bibliotek og kontor.	Ved takhøyde 2,7 m: $T_h \leq 0,5$ sek. <i>Himling:</i> Lydabsorpsjonsklasse A – 100 %. <i>Vegger:</i> I personalrom og bibliotek vil det ved bruk av åpne bokhyller og polstrede møbler normalt ikke være behov for veggabsorbenter for å innfri krav til maksimal etterklangstid. Store glatte veggflater må imidlertid unngås, og det kan ved behov benyttes veggabsorbenter for å unngå ekko og stående lydbølger. I kontorer og resepsjon vil det ikke være nødvendig med veggabsorbenter dersom det brukes åpne bokhyller på en langvegg.	ARK
$T_h \leq 0,2 \times h$ sek I arbeidspl. ansatte. Dersom det planlegges at rommet skal fungere som åpent kontorlandskap, er krav til etterklangstid: $T_h \leq 0,16 \times h$ sek	Ved takhøyde 2,7 m: $T_h \leq 0,5$ sek. <i>Himling:</i> Lydabsorpsjonsklasse A – 100 %. <i>Vegger:</i> Veggabsorbenter i ørehøyde på en langvegg i lydabsorpsjonsklasse B eller bedre. Dersom det planlegges åpent kontorlandskap, må det i tillegg benyttes lydabsorberende skillevegger mellom arbeidsplasser. Det kan også med fordel benyttes teppe på gulv.	ARK
$T_h \leq 0,2 \times h$ sek I gymsal	Ved takhøyde 8 m: $T_h \leq 1,6$ sek f.o.m. 250 Hz oktavbåndet. <i>Himling:</i> Mineralullhimling. <i>Vegger:</i> Det må påregnes store mengder absorbent på vegg. Se kap. 4.4.6 for nærmere beskrivelse.	ARK
$T_h \leq 0,2 \times h$ sek, $\alpha_{\text{middel}} \geq 0,2$ I amfi	Midlere romhøyde ≈ 5 m, gir $T_h \leq 1$ sek. <i>Himling:</i> Lydabsorpsjonsklasse A med god bassdemping i ca. 80% av himling. Se kap. 4.4.3 for nærmere beskrivelse. <i>Vegger:</i> Det er behov for lydabsorberende/diffuserende materialer på deler av vegg. Se kap. 4.4.3 for nærmere beskrivelse.	ARK
$T = 0,6-0,8$ sek Musikk, anbefalt etterklangstid iht. NS 8178 for akustisk lydsterk musikk	<i>Himling:</i> Lydabsorpsjonsklasse A – 100 %. <i>Vegger:</i> Skråstill én av to parallelle vegger med min. 7 grader. Veggabsorbenter. Se kap.4.4.1.	ARK
$T = 0,3-0,5$ sek Musikk øving, anbefalt etterklangstid iht. NS 8178 for akustisk lydsterk musikk	<i>Himling:</i> Lydabsorpsjonsklasse A – 100 %. <i>Vegger:</i> Skråstill én av to parallelle vegger med min. 7 grader. Veggabsorbenter. Bassabsorbent i ett hjørne. Se kap.4.4.2.	
Garderobes Anbefaling, ikke krav.	<i>Himling:</i> Min. lydabsorpsjonsklasse C – 100 %. Hulrom over himling må være luftet, alternativt kan det benyttes hygieneabsorbenter direkte mot tak.	ARK
Tekniske rom Anbefaling, ikke krav.	<i>Himling:</i> Lydabsorpsjonsklasse A – 100 %.	ARK

3.3 Støy fra bygningstekniske installasjoner og utendørs lydtkilder (§ 13-9)

Gjeldende grenseverdier for støy fra tekniske installasjoner, med beskrivelse av tekniske løsninger som vil tilfredsstillende gjeldende krav, er gitt i tabell 3-4.

Tabell 3-4: Grenseverdi for støy fra tekniske installasjoner og beskrivelse av tekniske løsninger.

STØY FRA TEKNISKE INSTALLASJONER		
Grenseverdi / rom	Teknisk løsning	Disiplin
Fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i annen bygning: I musikk og øvingsrom: $L_{p,A,T} \leq 23 \text{ dB}$ $L_{p,AF,max} \leq 25 \text{ dB}$	Sanitæranlegg: Dimensjonering av sanitæranlegget må følge retningslinjer gitt i byggdetaljblad 553.182 ⁴ . Type, størrelse og plassering av rør må utføres på en slik måte at aktuelle lydtkrav tilfredsstilles. Der det skal monteres vegghengte toaletter på skillevegger med lydtkrav anbefales det at det benyttes eget stenderverk for toalett.	RIV/RIE
I undervisningsrom, møterom, resepsjon og kommunikasjonsvei: $L_{p,A,T} \leq 28 \text{ dB}$ $L_{p,AF,max} \leq 30 \text{ dB}$	Ventilasjon: Kanalanlegget må dimensjoneres på en slik måte at krav til støy fra tekniske installasjoner kan tilfredsstilles. Dette påvirker valg av kanaler, lydfeller, kanalstørrelser etc.	RIV/RIE
Amfi: $L_{p,A,T} \leq 30 \text{ dB}$ $L_{p,AF,max} \leq 32 \text{ dB}$ I kontor, fellesareal: $L_{p,A,T} \leq 33 \text{ dB}$ $L_{p,AF,max} \leq 35 \text{ dB}$ I kroppsøvingssal: $L_{p,A,T} \leq 35 \text{ dB}$ $L_{p,AF,max} \leq 37 \text{ dB}$	Heis: Støy fra heis må tilfredsstillende angitte lydtkrav. Dette påvirker valg av heistype, plassering av heismaskin etc. Heisleverandør må sørge for at heis leveres med tilfredsstillende vibrasjonsisolering. Det anbefales minimum 95 % isoleringsgrad ved dominerende frekvenser.	RIV/RIE

Gjeldende grenseverdi for innendørs lydnivå fra utendørs lydtkilder er angitt i tabell 3-5.

Tabell 3-5: Grenseverdi for støy fra utendørs lydtkilder

INNENDØRS LYDNIVÅ FRA UTENDØRS LYDKILDER		
Grenseverdi / rom	Teknisk løsning	Disiplin
$L_{p,A,T} \leq 30 \text{ dB}$ I undervisningsrom fra utendørs lydtkilder.	Fasader: Det er ikke foretatt noen beregning av støy fra utendørs lydtkilder.	ARK
$L_{p,A,T} \leq 35 \text{ dB}$ I kontor og møterom fra utendørs lydtkilder.		

Gjeldende grenseverdi for lydnivå på uteoppholdsareal, med beskrivelse av tekniske løsninger som vil tilfredsstillende gjeldende krav, er gitt i tabell 3-6.

Tabell 3-6: Grenseverdi for lydnivå på uteoppholdsareal og beskrivelse av tekniske løsninger

⁴ Byggforsk byggdetaljblad 553.182, «Støy fra avløpsinstallasjoner», 2010

LYDNIVÅ PÅ UTEOPPHOLDSAREAL		
Grenseverdi / rom	Teknisk løsning	Disiplin
$L_{p,AF,max} \leq 40$ dB Lydnivå på uteoppholdsareal og utenfor vindu fra tekniske installasjoner i samme bygning og i annen bygning.	<p>Tørrkjølere Evt. tørrkjølere må plasseres på en slik måte at støy fra utstyret ikke overskrider oppgitt grenseverdi for lydnivå utenfor nærmeste vindu.</p> <p>Luftbehandling: Kanaler og rør må dimensjoneres på en slik måte at støy fra tilluft / avtrekk oppfyller krav til lydnivå på uteareal eller utenfor nærmeste vinduer.</p>	RIV
Nedre grenseverdi for gul sone iht. T-1442. Lydnivå på uteoppholdsareal fra utendørs lydkilder.	Det er ikke foretatt noen beregning av støy fra utendørs lydkilder.	LARK

3.4 Vibrasjonsforhold (§ 13-11)

Generelle føringer som gjelder beskyttelse mot vibrasjoner er gitt i tabell 3-7.

Tabell 3-7: Beskyttelse mot vibrasjoner (strukturlyd), forslag til tekniske løsninger.

VIBRASJONER (STRUKTURLYD)		
Grenseverdi / rom	Teknisk løsning	Disiplin
Fra tekniske installasjoner	<p>Teknisk utstyr: Teknisk utstyr må plasseres med minste avstand 0,1 meter fra tunge vegger og med minste avstand 0,5 meter fra lette vegger.</p>	RIV/RIE
	<p>Vibrasjonsisolering av teknisk utstyr mot gulv/tak: Alt teknisk utstyr med vibrerende/roterende deler, inkludert innfesting av kanaler og rør, vibrasjonsisoleres med min. 95 % isoleringsgrad ved aktuelle problemfrekvenser. Utstyret settes med elastisk mellomlegg (rillegummi) mot gulv, alternativt på stålfjærer på lastfordelende ramme.</p>	
	<p>Rør og kanaler: Rør og kanaler til og fra teknisk utstyr må ha elastisk oppheng/fleksibel innfesting av dekker/vegger. Rør og kanaler festes vibrasjonsisolert til bygningen i vugger eller rørklammer med elastiske innlegg. Alle gjennomføringer må være skikkelig tett med elastisk fugemasse.</p>	
	<p>Sanitæranlegg: Rørføringer i sjakter festes ved etasjeskille med vibrasjonsdempende klamringer. Ingen innfesting eller kontakt mot skillevegger. Dersom det er nødvendig med klamring av rør mellom etasjeskille må det og settes opp separat stender inne i vegg som kan brukes til slik innfesting.</p>	
	<p>Heis: Releer må vibrasjonsisoleres fra bygningskonstruksjonen. Dersom heismaskineriet er plassert på bygningskonstruksjonen må dette også vibrasjonsisoleres.</p>	

4 Lydtekniske løsninger

4.1 Konstruksjonsprinsipper og materialvalg

Det er oppgitt følgende hovedkonstruksjoner for bygningen:

- Gulv på grunn: 100 mm betong
- Etasjeskiller: 320 mm HD

4.2 Luftlyd (§ 13-7)

4.2.1 Generelle krav til platekleddede vegger med lydkrav (ARK)

Generelt for skillevegger med lydkrav:

- Vegger med lydkrav føres fra dekke til dekke, eller fra dekke til tak.
- Gipsplatekledning i flankerende konstruksjoner splittes mot skilleveggen.
- Vegger utføres med tett tilslutning mot vegger og dekker og alle tilslutninger fuges/tettes med elastisk fugemasse. Plateskjøter sparkles på minst ett platelag.
- Stenderverk i skillevegger med lydklassifisert dør(er) må være stivt nok til at veggen ikke får deformasjoner som følge av dørens tyngde.
- Alle stendere/sviller fylles med mineralull.
- Utsparinger og gjennomføringer må tettes slik at det ikke etterlates åpninger. Alle gjennomføringer må tettes på begge sider av en skillevegg og fuges med elastisk fugemasse.

4.2.2 Tilslutningsdetaljer (ARK)

Lydisolasjonen er ikke bare avhengig av lydreduksjonstallet for skilleveggen, men også av flankerende konstruksjoner og tilslutningen til disse (tak, gulv, yttervegg og andre skillevegger). For vegger med krav til feltmålt lydreduksjonstall $R'_w \geq 40$ dB må flankerende konstruksjoner og tilslutningsdetaljer til disse løses spesielt i det enkelte tilfelle. Det forutsettes generelt tilslutninger med høy knutepunktsdemping. Dette innebærer typisk at gipsplatekledning i flankerende konstruksjoner splittes der lydisolerende skillevegg møter flankerende konstruksjon. Avhengig av grunnkonstruksjon må det også påregnes splitt av overgulv.

Alle tilslutningsdetaljer må kontrolleres av RIA når disse foreligger fra ARK.

4.2.3 Skrufast platelag i platekleddede vegger og himling (ARK)

I platekleddede vegger (og himlinger) av gips kan i mange tilfeller ett platelag erstattes med et skrufast platelag, se kulepunkter nedenfor. Skrufast platelag kan være 18 mm OSB eller 16 mm sponplate. Skruer i boks-i-boks konstruksjoner må IKKE skrues tvers igjennom alle platelag, men stoppe i skrufast platelag.

- For vegger med ett platelag kan gips ikke erstattes med skrufast plate.
- For vegger/himling med to platelag kan indre gipsplatelag erstattes med skrufast plate.
- For vegger/himling med tre platelag kan midterste platelag erstattes med skrufast plate.

4.2.4 Lyddører, krav og merking (ARK)

En dør med lydkrav skal være klassifisert og merket med veid, laboratoriemålt lydreduksjonstall, R_w , i dB. Sertifiserte lyddører skal merkes både på dørblad og på karm og skal ha en produksjonskode som gir sporbarhet.

Bruk av lydklassifiserte dører forutsetter god tetting mellom dørblad og karm/terskel. Det er viktig at dørene har gode tettelister og at fuging mellom karm og vegg/gulv utføres i henhold til relevante Byggdetaljer som for eksempel 524.721⁵.

4.2.5 Folde-/skyvevegger (ARK)

Dersom det skal brukes folde-/skyvevegg i mellom klasserom, eller folde-/skyvevegger mellom møterom kan lydisolasjon $R'_w = 40-44$ dB oppnås med foldevegger ved nøyaktig utførelse. Erfaringer med foldevegger viser at lydisolasjonen over tid vil reduseres grunnet utettheter mellom tettelister og tilstøtende element, dersom det ikke utføres jevnlig vedlikehold. Foldevegger med de beste lydisolasjonsegenskapene kan være tunge å håndtere i daglig bruk og det er viktig med god opplæring av personell som til daglig skal håndtere og montere veggene.

Valgt leverandør må kunne dokumentere at foldevegger har feltmålt lydisolasjon $R'_w > 44$ dB for møterom og $R'_w > 40$ dB mellom klasserom. For å oppnå $R'_w > 44$ dB i felt stilles det krav til tilslutninger av tilstøtende konstruksjoner. I tillegg er det ofte behov for lokale forsterkninger av tilstøtende konstruksjoner slik at tilstrekkelig mothold oppnås. Dersom flankerende vegg ikke er stiv nok lokalt, vil dette kunne medføre utbuling og dermed svekkelse av skilleflatens lydreduksjon. Endelige tilslutningsdetaljer må tilpasses det enkelte veggssystem, og må spesifiseres av leverandør. Prinsippene for utførelse av gode tilslutningsdetaljer kan uansett settes opp slik:

- Platekledningen i flankerende konstruksjoner må være brutt ved skillevegg (overgulv, himling, innvendig kledning etc.).
- Det må bygges skjørt over foldevegg dersom veggen ikke går opp til dekke. Skjørtet må holde et høyre lydreduksjonstall enn foldeveggen ($R'_w > 48$ dB).
- God og varig tetting i alle overganger.
- Kontrollerte avslutninger mot flankevegger.

For å oppnå god tetting mellom foldeveggene og dekket under er det viktig at gulvet er plant. Før veggene monteres, må derfor gulvets planhet kontrolleres. Det er spesielt ujevnheter i gulvet innenfor lengden av ett veggelement som kan skape lydlekkasjer. Jevn helning kompenseres av fjærpress mot gulv og tak. Krav til planhet må beskrives av leverandøren av foldeveggene. Utdrag fra NBI-blad 524.331⁶: «Lydisolasjonsegenskapene varierer mye med konstruksjonstype / overflate og ikke minst med tettesystem. Hvert enkelt element er gjerne en dobbeltkonstruksjon med lydabsorbent i hulrommet. Foldevegger krever oppheng i takskinne. Det er viktig at festet for takskinne er stivt og stabilt. For å sikre bedre styring og tetting er det vanlig også med gulvskinne. Veggene avsluttes mot veggskinner med låsesystem for fastsetting og tetting. Det er typisk for foldevegger at dersom tettefunksjonen svikter, er det vanskelig å oppnå høyere lydisolasjonsverdier enn ca. 30 dB».

Det bør kreves at leverandøren av foldeveggene tar ansvar for å spesifisere tilslutningsdetaljer som medfører at foldeveggen holder det som loves i felt. Dersom leverandøren ikke påtar seg dette ansvaret, må tilslutningsdetaljene behandles spesielt.

4.2.6 Utførelse av flytende gulv (ARK/RIB)

Flytende gulv må legges uten fysiske kontaktpunkter mot andre konstruksjoner, det vil si at det må legges en myk kantlist (f.eks. mineralullremse) mot alle tilstøtende konstruksjoner, minimumsklaring ≥ 5 mm. Kantlisten beholdes etter legging av gulv og det legges en myk fuge mellom belegget og tilstøtende konstruksjoner.

Trinnlydplatene må legges nøyaktig kant i kant og i tillegg beskyttes med to lag 0,2 mm PE-folie eller lignende. Omleggsskjøtene må teipes. I tillegg kan det vurderes å legge en fuktbestandig plate

⁵ Byggforsk byggedetaljblad 524.721, «Innsetting av innerdører», 2008

⁶ Byggforsk byggedetaljblad 524.331, «Lydisolering i kontorlokaler», 2013

over folien for ekstra beskyttelse. Folie trekkes godt opp over støpenivå for å unngå at sparkelstøp siver inn gjennom sprekker og lignende og danner strukturell forbindelse mot etasjeskille.

For gulv på grunn må betongen splittes helt ned til isolasjonssjiktet ved eller under skillevegger (se lydskilletegning, kapittel 6). Krav til trinnlyddempende belegg er da angitt i tabell 3-2. Det må legges en plastfolie, grunnmurspapp eller tilsvarende før utstøping for å hindre heft mellom betongpåstøp og underliggende isolasjon. Det må sikres at splitt er helt ren og ikke fylles med stein eller andre gjenstander. Splitten må tettes med mineralull, elastisk fugemasse eller tilsvarende. Det gjøres oppmerksom på at splitt ikke kan tettes med ekspandert polystyren da denne type isolasjon i samvirke med betong vil kunne gi svekkelse av lydisolasjonen.

4.3 Trinnlyd (§ 13-7)

4.3.1 Trinnlyd-dempende gulvbelegg (ARK)

Trinnlydforbedringstallet ΔL_w for valgte løsninger må dokumenteres i henhold til NS-EN ISO 717-2. Krav til trinnlydforbedringstallet ΔL_w er gitt i tabell 3-2.

4.3.2 Gymsal (ARK)

Gulv i idrettshall må tilpasses bruken. I skoler brukes vanligvis et sportsgulv med punkt- eller kombielastiske egenskaper (ballspill på treningsnivå foretrekker vanligvis flateelastiske gulv). Gulvet må ikke komme i kontakt med tilstøtende vegger eller bærende konstruksjoner.

4.3.3 Trapper og trinnlydnivå (RIB)

Trapper må enten ha eget bæresystem eller opplagres på spesialgummi/sylomer som sikrer elastisk opplagring mot bygget for øvrig: Se byggdetaljblad 532.241⁷ for nærmere beskrivelse av ulike løsninger for elastisk opplagring av trappeløp/repos.

4.4 Romakustikk (§ 13-8)

Romakustiske tiltak har det primære mål å skape så gode lydmessige forhold som mulig i ulike bruksrom. Plassering og fordeling av lydabsorberende og reflekterende flater kan gi viktige bidrag til god romakustikk.

Lydabsorpsjonsklasser for lydabsorbenter må dokumenteres i henhold til Norsk Standard NS-EN ISO 11654.

Generelt må det påregnes heldekkende lydabsorberende himling i undervisningsrom, grupperom, formingsrom, maskinrom, keramikk, sløyd, musikkrom heimkunnskap, amfi, sosiale rom, oppholdsrom barnehage, SFO, kontor, møterom, teknisk rom, entré, korridor, undervisningslokaler samt i felles gang for å tilfredsstillere kravene til etterklangstid og akustisk absorpsjon. Som lydabsorberende himling må det benyttes mineralullplater som tilfredsstillere absorpsjonsklasse A i henhold til NS-EN ISO 11654. Eksempler på produkter er Ecophon Master Alpha, Ecophon Super G A, Rockwool Rockfon Polar eller tilsvarende.

Dersom mineralullplatene monteres direkte mot dekke/gipshimling eller med lav nedforingshøyde (hulrom mot dekket/gipshimling mindre enn 150 mm), må disse ha tykkelse på 40 mm. Dersom himlingen fores ned 150-200 mm fra bakenforliggende dekke/gipshimling, er det tilstrekkelig med 20 mm tykke mineralullplater.

⁷ Byggforsk byggdetaljblad 532.241, "Trinnlyd fra innvendige betongtrapper"

Alternativt kan plater av treullsement benyttes, så lenge de fores tilstrekkelig ned og har bakenforliggende mineralull så lydabsorpsjonsklasse A innfris (f. eks. akustikkhimling fra Troldekt).

Det må i tillegg påregnes bruk av veggabsorbenter på en eller flere vegger i alle oppholdsrom som brukes til undervisning. I møterom, personalrom og lange korridorer må det påregnes bruk av veggabsorbenter på minst én vegg.

Kravet til høyeste grenseverdi for etterklangstid gjelder i hvert enkelt av oktavbåndene 125 Hz-4kHz. For 1/1-oktavbåndet 125 Hz kan etterklangstiden overstige grenseverdiene i tabellen med inntil 40 %. For trapperom gjelder grenseverdien til etterklangstid fra 500 Hz.

4.4.1 Musikkrom (ARK)

Musikkrom prosjekteres i henhold til NS 8178 for akustisk lydsterk musikk.

Dette innebærer følgende krav:

- Netto midlere romhøyde $\geq 3,5$ meter dersom rommet skal benyttes av 3-12 utøvere (romhøyde $\geq 4,5$ m for 12-24 utøvere).
- Nettovolum 60-360 m³ (avhengig antall utøvere).
- Skråstilt vegg: 7 grader eller mer.
- Mineralullhimling av lydabsorpsjonsklasse A i himling (f.eks. Ecophon Master Alpha eller tilsvarende).
- Vegger av kryssfiner eller lignende, med veggabsorbent på deler av én eller flere vegger.

Det er anbefalt i NS 8178 at musikkrommet har en etterklangstid på ca. 0,6-0,8 sekunder basert på rommets volum. Etterklangstiden som funksjon av frekvens skal være jevn.

Det er foretatt en beregning av musikkrom med mineralullhimling av lydklasse A samt spilepanel på én langvegg. 70 mm utlekting/ 70 mm min.ull. 15 x 95 mm sp.panel i 2 høyder. 8-10 mm spalte h=2,1m. 50% spalte fra 2,1 - 2,7 m.

Resultat av beregningen vises i Figur 2. Ved mellomfrekvensene vil etterklangstiden bli noe lav.

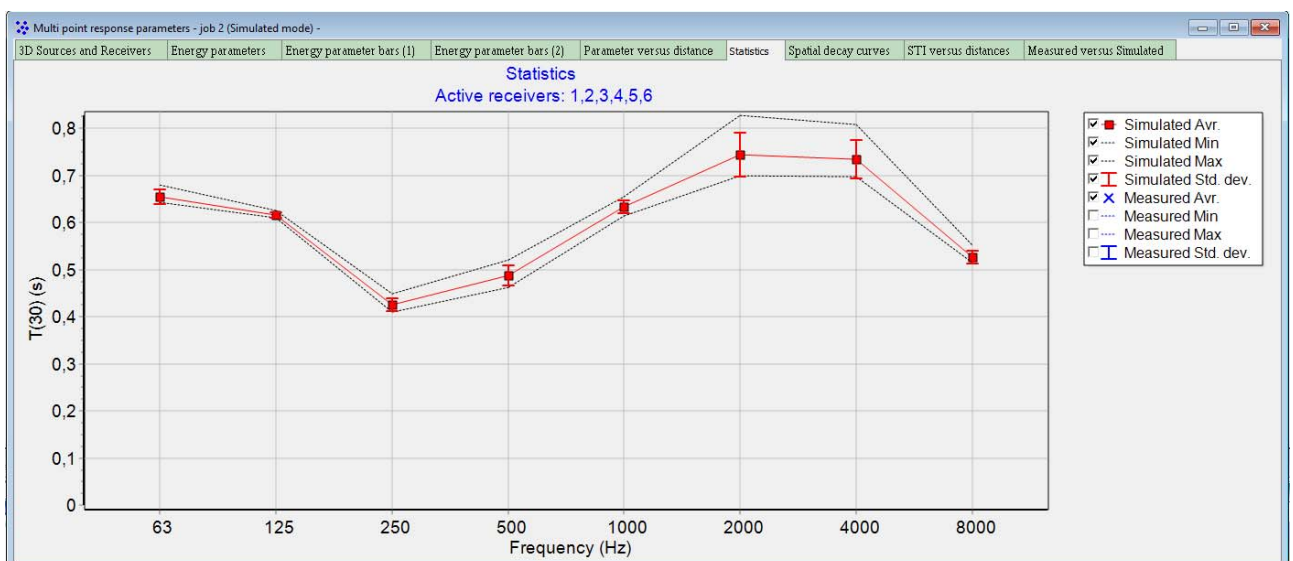
Det vil være vanskelig å oppnå jevn etterklangstid som funksjon av frekvens ved å bruke spaltepanel som absorbent i musikkrom, ettersom denne typen absorbent er meget god i mellomfrekvensene, men relativt dårlig i de høyere frekvensene.

Romhøyden er også noe lav for å tilfredsstille krav som stilles rom for akustisk lydsterk musikk og én vegg burde skråstilles.

Et alternativ kan være å bare benytte spaltepanel som beskrevet over på ca. halvparten av én langvegg. Dette vil øke etterklangstiden i mellomfrekvensene noe. Det anbefales ikke å fjerne veggabsorbenten helt, da dette vil gi høy sannsynlighet for flutterekko i rommet.



Figur 1 Bilde hentet fra beregning av musikkrom i Odeon. Mørke farger representerer absorberende materialer, mens lyse farger representerer reflekterende materialer. Lilla farge viser spaltepanel med 10 mm spalte, mens rosa farge viser spaltepanel med 50% åpningsgrad.



Figur 2 Beregnet etterklangtid for musikkrom i Odeon med spaltepanel på én langvegg.

4.4.2 Øvingsrom (ARK)

Øvingsrom prosjekteres i henhold til NS 8178 som romtype øvecelle for akustisk, lydsterk musikk for 1-2 utøvere.

Dette innebærer følgende krav:

- Netto midlere romhøyde $\geq 2,7$ meter
- Skråstilt vegg: 7 grader eller mer.
- Nettovolum $> 40 \text{ m}^3$.
- Nettoareal $> 15 \text{ m}^2$.
- Mineralullhimling av lydabsorpsjonsklasse A i himling (f.eks. Ecophon Master Alpha eller tilsvarende).

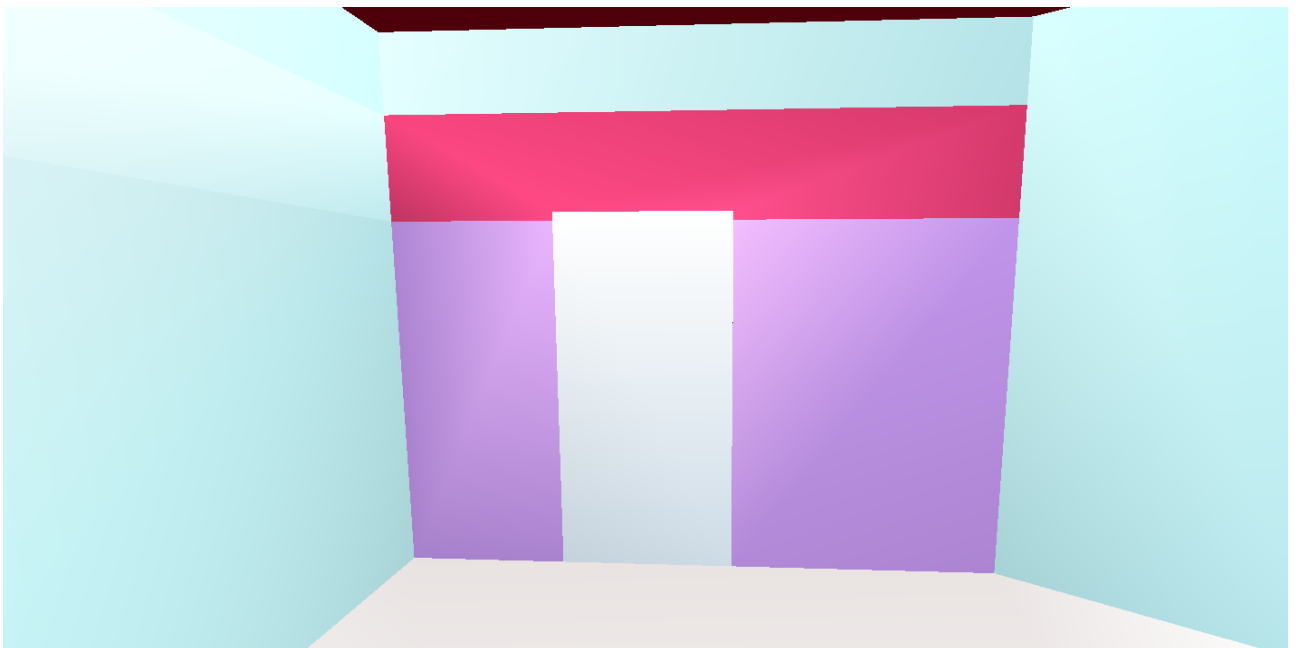
Akustikk, interne lydforhold

- Hjørneabsorbent i et hjørne av rommet (jf, Figur 5).
- Vegger av kryssfiner, gips eller lignende, med noe veggabsorbent.
- Teppe på gulv.

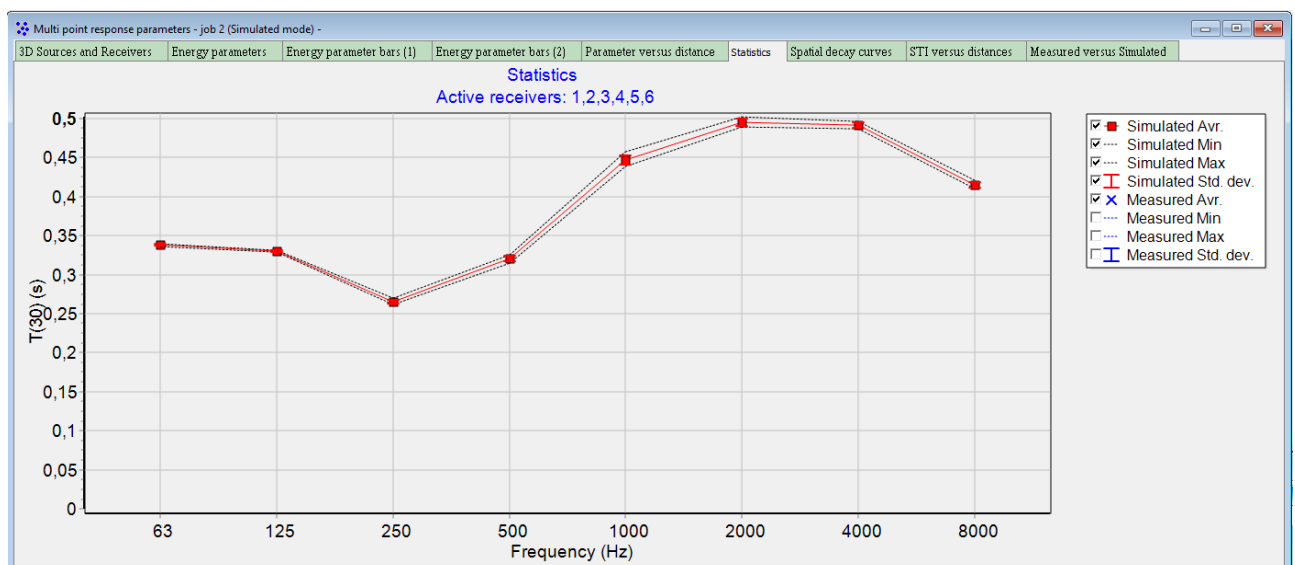
Det er anbefalt i NS 8178 at øvingsrommet har en etterklangstid på ca. 0,3-0,5 sekunder basert på rommets volum.

Det er foretatt en beregning med mineralullhimling av lydklasse A i himling, samt spilepanel på én vegg (vegg med dør mot korridor). 70 mm utlekting/ 70 mm min.ull. 15 x 95 mm sp.panel i 2 høyder. 8-10 mm spalte h=2,1m. 50% spalte fra 2,1 - 2,7 m.

Ifølge beregningen tilfredsstilles krav til etterklangstid i alle frekvensbånd (Figur 4).



Figur 3 Bilde hentet fra beregning av øvingsrom i Odeon. Mørke farger representerer absorberende materialer, mens lyse farger representerer reflekterende materialer. Lilla farge viser spaltepanel med 10 mm spalte, mens rosa farge viser spaltepanel med 50% åpningsgrad.



Figur 4 Beregnet etterklangstid for øvingsrom i Odeon.



Figur 5. Innholdet i en basshjørneabsorbent. Dekkes med spilepanel og akustikkduk. Spilene bør være såpass dype/tette at det er vanskelig å pirke i duken.

Hjørneabsorbentene kan alternativt bygges som en firkant i et hjørne, i stedet for en trekant, dersom dette vil gjøre det lettere å innrede rommet. Dersom den bygges som en firkant er det viktig at skap eller lignende ikke plasseres foran absorbenten. Det er også viktig at absorbenten plasseres i hjørnet av rommene, og ikke på midten av en vegg, da dette vil gi vesentlig lavere effekt. Det gjøres oppmerksom på at rommet ikke vil være akustisk dimensjonert for å brukes til annen type musikk. Hvis musikkrommet skal kunne anvendes for både lydsterke og lydsvake instrumenter må det legges inn løsninger for variabel akustikk for å gjøre rommet egnet for flere musikkformer.

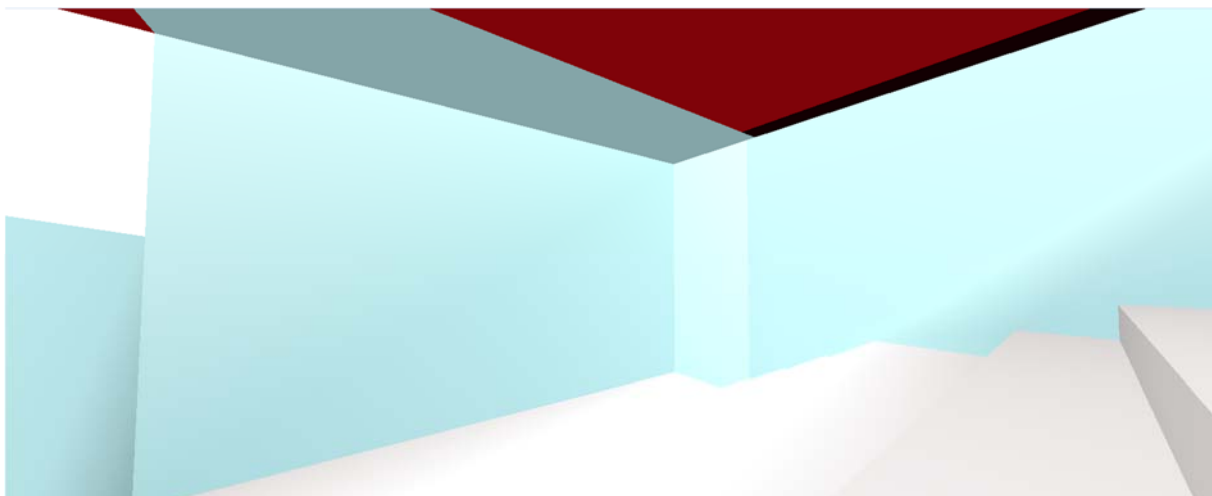
4.4.3 Amfi (ARK)

Ønskelig etterklangstid i rommet er ca. 1 s for å fungere tilfredsstillende ved flere forskjellige typer av aktiviteter som revyteater, teater, foredrag, janitsjarorkester, popkonsert, kammermusikk (orkesterkonsert og korkonsert trenger lenger etterklangstid). Det må påregnes å bruke mikrofonforsterking ved fremføringer og ved tale.

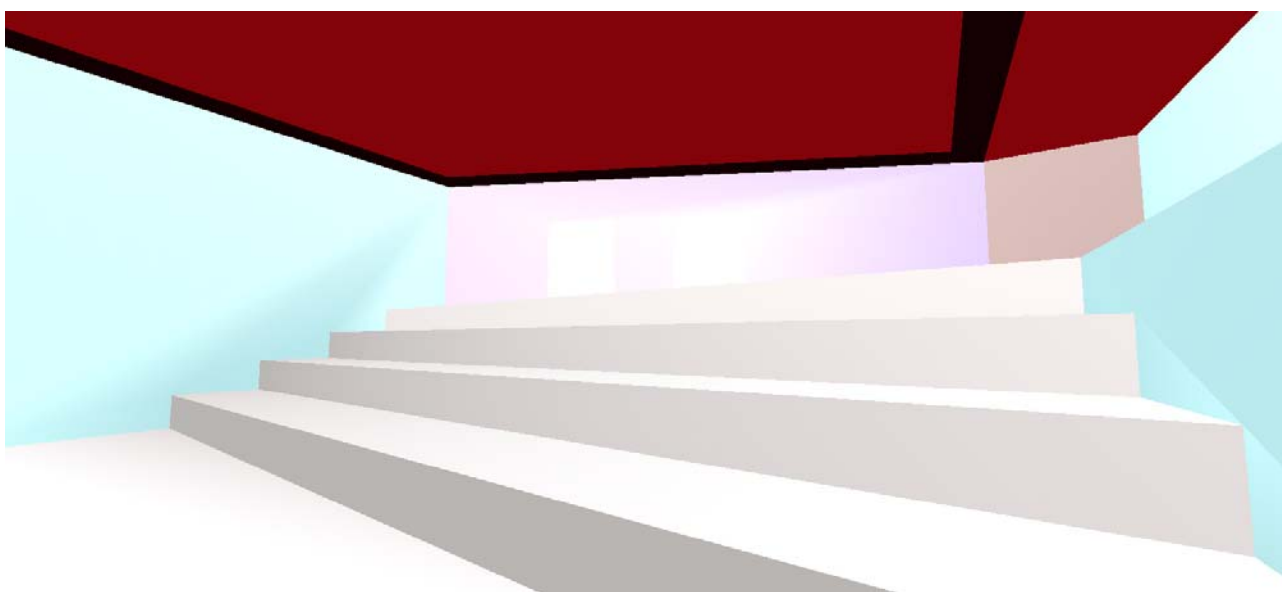
For å oppnå dette bør følgende materialer benyttes:

- Parkett på gulv og hele amfi.
- Sidevegger av glatte plater, med grov geometri/struktur for å få diffusjon av lyden. Forslag til oppbygging av diffuserende vegg kan ses i vedlegg 5.
- Tunge scenetepper på sidevegger eller tilsvarende for å muliggjøre demping ved behov (f.eks. ved korpsøving).
- Mineralullhimling av lydabsorpsjonsklasse A i ca. 80% av himling, som for eksempel Ecophon Master A 40, med bassabsorberende himling i randsone 0,6 m bredde mot samtlige skillevegger (men ikke over sceneområdet), som for eksempel Ecophon Master Extra Bass 40 eller tilsvarende.

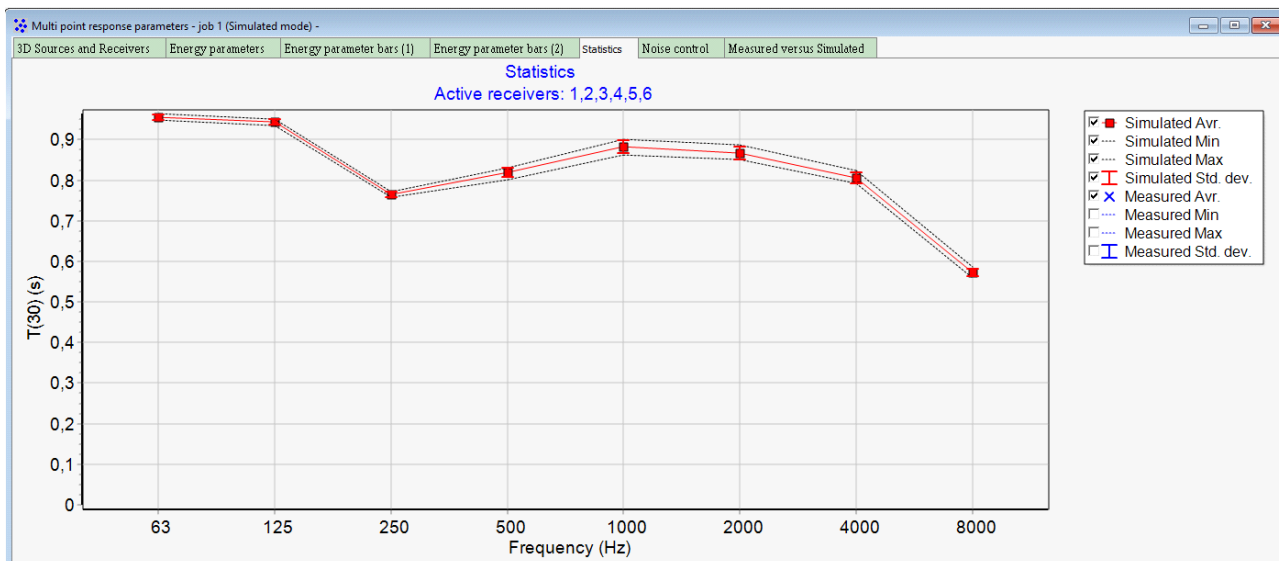
- Spaltepanel på hele bakvegg bestående av 70 mm utlekting/ 70 mm min.ull. 28 x 45 mm vertikale lekter. 10 mm spalte.



Figur 6 Bilde hentet fra beregning av amfi i Odeon. Lyseblå farge viser reflekterende materiale rundt sceneområdet.



Figur 7 Bilde hentet fra beregning av amfi i Odeon. Mørke farger representerer absorberende materialer, mens lyse farger representerer reflekterende materialer. Den lilla fargen representerer spaltepanel på bakvegg.

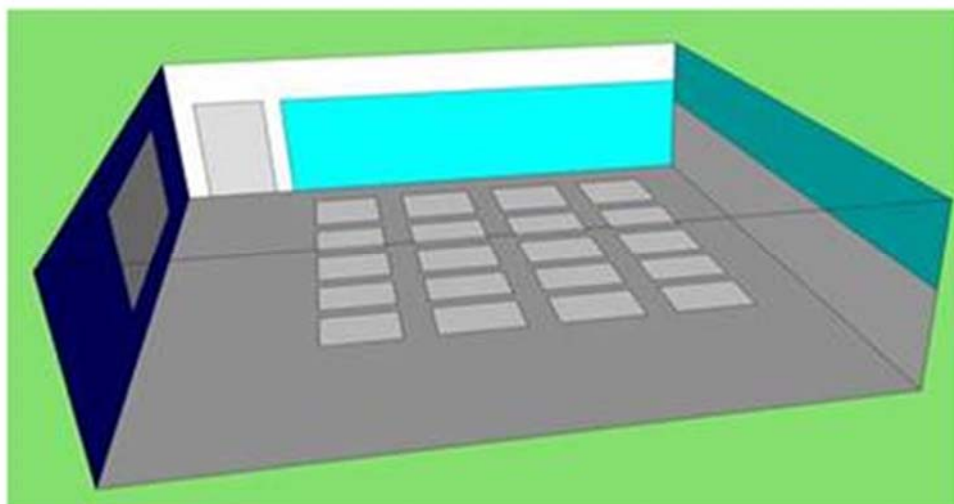


Figur 8 Beregnet etterklangtid for aula i Odeon.

4.4.4 Klasserom (ARK)

Følgende løsning vil oppfylle krav til etterklangtid:

- Det kan benyttes et reflekterende felt over tavleområde på opptil 10 m². Ellers må det benyttes mineralullhimling av lydabsorpsjonsklasse A i resten av himlingsarealet.
- På vegger må det plasseres veggabsorbent på bak- og sidevegg i lydabsorpsjonsklasse B eller bedre i ørehøyde.



Figur 9 Anbefalt plassering av absorberende og reflekterende veggflater i store klasserom. Absorberende materiale er markert med lyseblå farge (bakvegg og sidevegg), reflekterende flate bak tavle er vist med mørkeblå farge.

Figur 9 viser anbefalt plassering av absorberende og reflekterende materialer på vegg i klasserom.A

Det anbefales at høyttalere i klasserommene festes i himlingen/dekket med elastisk oppheng.

4.4.5 Oppholdsrom barnehage/SFO (ARK)

Følgende løsning vil ifølge oppfylle krav til etterklangtid i oppholdsrom barnehage/SFO:

- Det må benyttes heldekkende mineralullhimling av lydabsorpsjonsklasse A.
- Det må benyttes veggabsorbent på store deler av vegg i lydabsorpsjonsklasse A. Absorbenten må gjerne være av robust, holdbar type. Absorbenter kan dekkes til av spaltepanel med 30-50% åpningsgrad.
- Det kan med fordel benyttes polstrede møbler i rommet.
- Det anbefales i tillegg å bruke tunge gardiner ved vinduer og teppe på gulv.

4.4.6 Gymsal (ARK)

Gymsalen har romhøyde på ca. 8 m som gir krav til maksimal etterklangtid på $0,2 \times \text{romhøyden} \approx 1,6$ sekunder fra og med 250 Hz oktavbåndet.

For å tilfredsstillere dette kravet må det benyttes store mengder absorbent på vegg. Følgende materialer kan ifølge beregning benyttes for å oppnå tilfredsstillende etterklangtid i idrettshall:

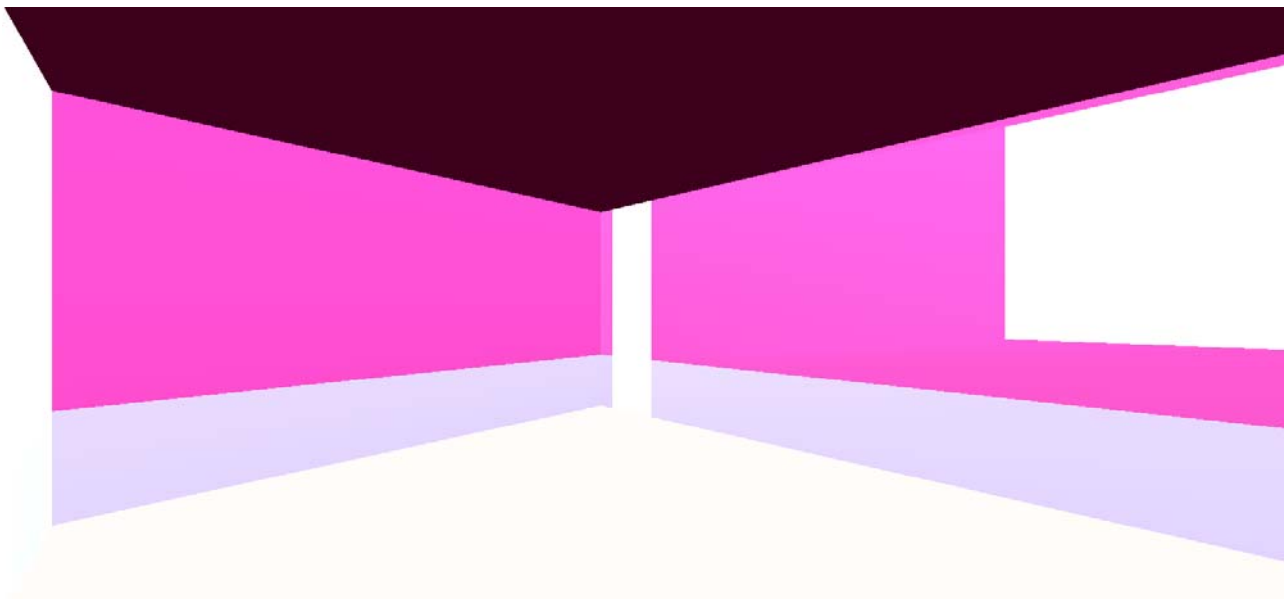
- Mineralullhimling av lydklasse A, for eksempel Ecophon Super G.
- Kombielastisk sportsgulv.

På en langvegg (ikke vegg mot amfi hvor stor del av veggen består av foldevegg) og en kortvegg (den av kortveggene med mist vindusareal) skal følgende løsning benyttes:

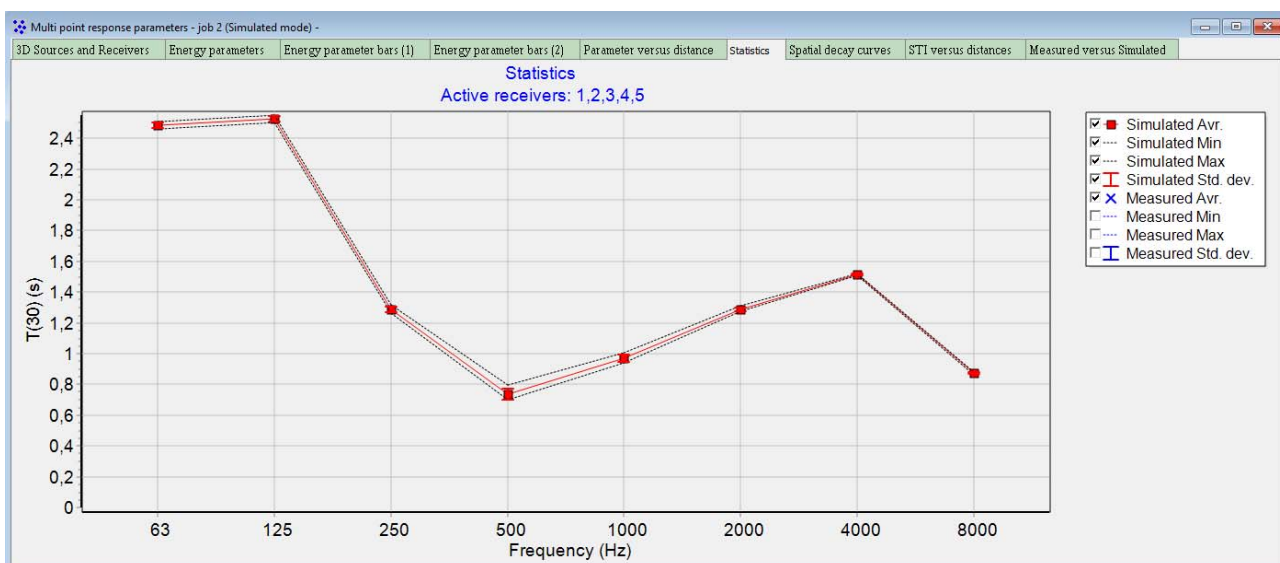
- På nederste del av vegg fra gulv og 2,1 m opp skal det benyttes 48 mm utlekting/ 50 mm min.ull. 21 x 120 mm sp.panel med 10 mm spalte.
- På øvre del av veggen skal det benyttes 48 mm utlekting/ 50 mm min.ull. 21 x 120 mm sp.panel med 30% åpningsgrad.

I tillegg kan tjukkaser og lignende utstyr med fordel oppbevares synlig i hallen plassert mot vegg, når disse ikke er i bruk, da de vil fungere som en lydabsorbent.

Dersom gymsalen skal kunne deles i mindre seksjoner, anbefales det å bruke Saxi Teanik 500 Acoustic (med absorbent) eller tilsvarende mellom seksjonene.



Figur 10 Bilde hentet fra beregning av gymsal i Odeon. Mørke farger representerer absorberende materialer, mens lyse farger representerer reflekterende materialer. Den rosa og lilla fargen viser plassering av de to typene spilepanel beskrevet i avsnitt 4.4.6.



Figur 11 Beregnet etterklangstid for gymsal i Odeon.

4.5 Støy fra bygningstekniske installasjoner og utendørs lydkilder (§ 13-9)

Med tekniske installasjoner menes bl.a. heiser, ventilasjonsanlegg, sanitæranlegg og installasjoner for service- og eller ervervsmessig virksomhet. Krav til støy fra tekniske installasjoner gjelder summen av luftlyd og strukturlyd.

4.5.1 Etasjeskiller mot loft

Det er oppgitt at tekniske installasjoner vil plasseres på loftet. Det må benyttes tung etasjeskiller mellom loft og 2. etasje med eksempelvis følgende oppbygging:

- 250 mm massivt betongdekke eller
- 320 mm hulldekke

Det anbefales at teknisk utstyr plasseres på vibrasjonsdempere (gummiklosser eller stålfjærer)

4.5.2 Kanaler (RIV)

Kanaler som må føres gjennom skilleflater med lydkrav må utføres med lydfeller i nødvendig antall slik at skilleflatens lydkrav opprettholdes. RIV (ev. i samarbeid med leverandør) har ansvar for å dimensjonere kanalanlegget slik at lydkravene oppfylles.

4.5.3 Luftbehandlingsanlegg (RIV)

RIV (ev. i samarbeid med leverandør) har ansvar for å dimensjonere og velge et luftbehandlingsanlegg (tilluft, avkast, kanaler, lydfeller) som tilfredsstiller lydkrav til tekniske installasjoner inne og ute.

Beregninger av lydnivå fra teknisk rom kan utføres når lydnivå for teknisk utstyr foreligger. Beregninger vil vise om det er nødvendig med lydtekniske tiltak på etasjeskille for tilliggende rom. Lydnivå i sjakter må ikke være høyere enn at krav til støy fra tekniske installasjoner er oppfylt med standard sjaktvegger.

4.5.4 Lydisolering av gjennomføringer (RIV/RIE)

Tetting rundt gjennomføringer må følge retningslinjer gitt i NBI 421.431⁸. Dette gjelder gjennomføringer for installasjoner og føringer for el, tele og radio/tv, koblingsbokser i vegger og dekker, vann- og avløpsinstallasjoner etc.

4.6 Vibrasjoner (§13-11)

4.6.1 Teknisk utstyr (RIV/RØR)

Det forutsettes tilstrekkelig vibrasjonsisolering av teknisk utstyr, se tabell 3-7.

Når grenseverdi for vibrasjoner er tilfredsstilt vil også grenseverdi for lydnivå fra strukturlyd å være tilfredsstilt.

4.6.2 Bygge- og anleggsperioden

Støy og vibrasjoner som oppstår i bygge- og anleggsperiode forutsettes tilfredsstillende ivaretatt av entreprenør.

5 Flankeløsninger

Lydskillevegger føres fra dekke til dekke. For å oppnå den tilsiktede lydisolasjon, må det imidlertid også være gode nok overganger/detaljer mot yttervegg og trapperom. Detaljer for overganger kan utføres som i Gyproc Håndbok, og evt. kvalitetssikres av akustiker i en senere fase.

Generelt må det passes på følgende:

- For vegger med krav til feltmålt lydreduksjonstall $R'_w \geq 40$ dB må flankerende konstruksjoner og tilslutninger til disse løses spesielt i de enkelte tilfellene. Dersom tykkelse på betongsåle ≤ 200 mm kan det bli nødvendig med splitt av gulv på grunn, avhengig av lydkrav.
- Tilslutninger må utformes på en slik måte at lydoverføring via flankerende konstruksjoner blir minst mulig. Gipsplatekledning i flankerende konstruksjoner må splittes mot skilleveggen.
- Alle tilslutninger må være tette og fuges om nødvendig.
- Skillevegger med krav til feltmålt lydreduksjonstall $R'_w \geq 44$ dB bør bygges som plassbygde vegger og ikke som elementvegger.
- Alle typer gjennomføringer i skillevegger med lydkrav må behandles spesielt. Dette gjelder både byggetekniske, ventilasjonstekniske og elektrotekniske gjennomføringer.

⁸ Byggforsk byggedetaljblad 421.431, «Lydisolering av gjennomføringer», 2002

- Utsparinger i eventuelle betongvegger må tettes fullstendig (begge sider) med elastisk fugemasse (type silikon, akryl el.) slik at utsparingen blir fullstendig lufttett.
- Vegger med krav til feltmålt lydreduksjonstall $R'_w \geq 48$ dB bør ikke inneholde gjennomføringer.

6 Vedlegg 1 – Akustiske definisjoner

A-veid lydnivå, L_A

Lydnivå fremkommet ved å veie hvert frekvensbånd etter en kurve som er tilpasset menneskeørets. Menneskeøret er mest følsomt i området rundt 1000 Hz, og minst følsomt ved lave frekvenser. Måles med lydnivåmåler med frekvensveiekurve A, som spesifisert i IEC publikasjon 651. Angis i desibel (dBA).

A-veid gjennomsnittlig lydnivå, $L_{p,A,T}$

Konstant A-veiet lydnivå som i et tidsrom T gir samme A-veide lydenergi som den aktuelle lyden som varierer med tiden. Angis i desibel (dBA).

Maksimumsnivå, $L_{p,AF,max}$

Høyeste observerte A-veide lydnivå i tidsrom T. Måles med nivåmåler med tidskonstant F (fast). Angis i desibel (dBA).

Feltmålt veiet lydreduksjonstall, R'_w

Beskriver en konstruksjons evne til å isolere mot luftlydoverføring i bygninger. Jo høyere verdi av lydreduksjonstallet, R'_w , jo bedre er konstruksjonens evne til å isolere mot luftlyd. Angis i desibel (dB). Måles etter Norsk Standard 8171.

Feltmålt veiet normalisert trinnlydnivå, $L'_{n,w}$

Beskriver en konstruksjons evne til å overføre lyd fra fottrinn, dunking o.l. i bygninger. Jo lavere verdi av veiet normalisert trinnlydnivå, $L'_{n,w}$, jo bedre er konstruksjonens evne til å isolere mot trinnlyd. Angis i desibel (dB). Måles etter Norsk Standard 8171.

Etterklangstid, T, T_h

Den tid det tar for lydtrykket å avta 60 dB etter at lydkilden er stoppet. Angis i sekunder (sek). T_h er etterklangstid relatert til rommets høyde. Måles etter Norsk Standard 8173.

Midlere absorpsjonsfaktor, $\bar{\alpha}$

Absorpsjonsfaktor α er en materialfaktor, angitt for ulike frekvenser. Dersom en lydbølge treffer en vegg med absorpsjonsfaktor α , vil bare andelen $1-\alpha$ av utstrålt lyd reflekteres fra vegg. Midlere lydabsorpsjonsfaktor bestemmes ut fra data for rommets enkeltflater i umøblerte rom.. Absorpsjonsklassene betegnes med bokstavene A-E, der absorpsjonsklasse A innebærer den høyeste lydabsorpsjonen. Lydabsorpsjonen for en gitt absorbent avhenger av total konstruksjonshøyde/dybde.

7 Vedlegg 2 – Grenseverdier gitt i NS 8175:2012 og NS 8178:2014

Rom for undervisning

Luftlydisolasjon

Grenseverdier for luftlydisolasjon i bygninger til undervisningsformål, i de ulike lydklassene er angitt i tabell 6 og 7.

Tabell 6

Lydklasser for bygninger til undervisningsformål. Laveste grenseverdier for veid feltmålt lydreduksjonstall, R'_w

Type brukerområde	Klasse A R'_w dB	Klasse B R'_w dB	Klasse C R'_w dB	Klasse D R'_w dB
Mellom undervisningsrom Mellom undervisningsrom og personalrom / fellesarealer / felles oppholdsrom, samt mellom personalrom og kommunikasjonsvei, som fellesgang/korridor uten dørforbindelse	56	52	48	44
Mellom undervisningsrom og kommunikasjonsvei, som fellesgang / korridor med dørforbindelse (se merknad 1)	45	40	35	30

MERKNAD 1 For å oppnå samlet lydisolasjon for vegg med dørforbindelse mellom undervisningsrom og korridor i klasse A til D, bør det brukes dør med, henholdsvis $R_w \geq 43, 38, 33$ og 28 dB. For å oppnå lydisolasjon i skillevegg med dør som gitt for grenseverdier i klasse A og B, bør det brukes forbindelse med to dørbblad.

Tabell 7

Lydklasser for spesialrom i skoler og i bygninger til undervisningsformål. Laveste grenseverdier for veid feltmålt lydreduksjonstall, R'_w eller summen av lydreduksjonstallet og omgjøringsstallet for spektrum

$R'_w + C_{50-5000}$

Type brukerområde	Klasse A $R'_w + C_{50-5000}$ dB	Klasse B $R'_w + C_{50-5000}$ dB	Klasse C R'_w dB	Klasse D R'_w dB
Mellom spesialrom som musikkrom, formingsrom, rom for kroppsøving, enkle lydstudioer eller andre spesialrom med støyende aktiviteter og andre undervisningsrom / personalrom / fellesarealer	70	65	60	52
Mellom spesialrom som nevnt ovenfor, og kommunikasjonsvei, som fellesgang/korridor med dørforbindelse (se merknad 2)	60	55	50	38
Mellom musikkrom for elektrisk forsterket musikk, slagverksrom osv., og andre undervisningsrom o.l.	75	75	70	65

Tabell 7

Lydklasser for spesialrom i skoler og i bygninger til undervisningsformål. Laveste grenseverdier for veid feltmålt lydreduksjonstall, R'_w eller summen av lydreduksjonstallet og omgjøringsstallet for spektrum

$R'_w + C_{50-5000}$

Type brukerområde	Klasse A $R'_w + C_{50-5000}$ dB	Klasse B $R'_w + C_{50-5000}$ dB	Klasse C R'_w dB	Klasse D R'_w dB
Mellom spesialrom som nevnt ovenfor, og kommunikasjonsvei, som fellesgang / korridor med dørforbindelse (se merknad 3)	65	60	55	50
Mellom større undervisningsrom / auditorier og andre undervisnings- og personalrom	65	60	55	50
Mellom større undervisningsrom / auditorier som foran, og kommunikasjonsvei, som fellesgang / korridor med dørforbindelse (se merknad 4)	60	55	50	45

- MERKNAD 2** For å oppnå samlet lydisolasjon for vegg med dørforbindelse mellom spesialrom og korridor i klasse A, bør det brukes dempet sluseforbindelse med to dører med $R_w \geq 33$ dB henholdsvis 38 dB. For å oppnå lydisolasjon i skillevegg med dør etter grenseverdi i klasse B, bør det brukes to dørblad med $R_w \geq 33$ dB for begge dørene, og i klasse C dører med $R_w \geq 28$ dB henholdsvis 33 dB.
- MERKNAD 3** For å oppnå samlet lydisolasjon for vegg med dørforbindelse mellom musikkrom for elektrisk forsterket musikk o.l. og korridor i klasse A, bør det brukes dempet sluseforbindelse med to dører med $R_w \geq 33$ dB henholdsvis 38 dB, og i klasse B $R_w \geq 33$ dB for begge dørene. For å oppnå lydisolasjon i skillevegg med dør etter grenseverdi i klasse C, bør det brukes to dørblad med $R_w \geq 33$ dB for begge, og i klasse D to dørblad med $R_w \geq 28$ dB henholdsvis 33 dB.
- MERKNAD 4** For å oppnå samlet lydisolasjon for vegg med dørforbindelse mellom undervisningsrom, auditorier o.l. og korridor i klasse A, bør det brukes dempet sluseforbindelse med to dører med $R_w \geq 33$ dB, og i klasse B to dørblad med $R_w \geq 33$ dB for begge. For å oppnå lydisolasjon i skillevegg med dør etter grenseverdi i klasse C, bør det brukes to dørblad med $R_w \geq 28$ dB henholdsvis 33 dB, og i klasse D en enkel dør med $R_w \geq 38$ dB.

Grenseverdier for luftlydisolasjon i kontorer i de ulike lydklassene er angitt i tabell 34.

Trinnlydisolasjon

Grenseverdier for trinnlydisolasjon i bygninger til undervisningsformål, i de ulike lydklassene er angitt i tabell 8 og 9.

Tabell 8

Lydklasser for bygninger til undervisningsformål. Høyeste grenseverdier for feltmålt veid normalisert trinnlydnivå, $L'_{n,w}$

Type brukerområde	Klasse A $L'_{n,w}$ dB	Klasse B $L'_{n,w}$ dB	Klasse C $L'_{n,w}$ dB	Klasse D $L'_{n,w}$ dB
Mellom to undervisningsrom / personalrom I undervisningsrom/ personalrom fra fellesarealer / felles oppholdsrom	53	58	63	68
I undervisningsrom / personalrom fra kommunikasjonsvei, som fellesgang / korridor / trapperom	48	53	58	63

Tabell 9

Lydklasser for spesialrom i skoler og bygninger til undervisningsformål. Høyeste grenseverdier for feltmålt veid normalisert trinnlydnivå, $L'_{n,w}$

Type brukerområde	Klasse A $L'_{n,w}$ dB	Klasse B $L'_{n,w}$ dB	Klasse C $L'_{n,w}$ dB	Klasse D $L'_{n,w}$ dB
Mellom spesialrom som musikkrom, formingsrom, rom for kroppsøving, enkle lydstudioer eller andre spesialrom med støyende aktiviteter I undervisningsrom / personalrom / fellesarealer fra spesialrom (som over)	43	48	53	58
I spesialrom som foran fra kommunikasjonsvei, som fellesgang / korridor med dørforbindelse	50	53	58	63
Mellom større undervisningsrom / auditorier og andre undervisnings- og personalrom	40	43	48	53
I spesialrom som foran fra kommunikasjonsvei, som fellesgang / korridor med dørforbindelse	43	48	53	58

MERKNAD Trinnlydisolasjon blir som regel ivaretatt i forbindelse med de strenge grenseverdiene for luftlydisolasjon.

Etterklangstid

Grenseverdier for etterklangstid i bygninger til undervisningsformål, i de ulike lydklassene er angitt i tabell 10.

Tabell 10

Lydklasser for bygninger til undervisningsformål. Høyeste grenseverdier for etterklangstid, T

Type brukerområde	Klasse A T s	Klasse B T s	Klasse C T s	Klasse D T s
I undervisningsrom ^{b)} , sløydyd, møterom (se merknad 1) ^f	0,4	0,4	0,5	0,6
I trapperom	0,6	0,7	0,8	1,0
I større undervisningsrom/auditorium ^d og undervisnings- og personalrom ^e (se merknad 3)	0,16 x h	0,16 x h	0,20 x h	0,27 x h
I undervisningslandskap ^{b,e}	0,3	0,3	0,4	0,5
I gymnastikksal, svømmehall ^c , rom med støyende aktiviteter, fellesareal og korridor	0,16 x h	0,16 x h	0,20 x h	0,27 x h

- a) I undervisningsrom for sang og musikk kan noe lenger etterklangstider være riktig. I undervisningsrom for musikk er det nødvendig å differensiere disse verdiene avhengig av musikkformen som rommet brukes til.
- b) Bruk av STI er en opsjon der tilfredsstillende taleforhold ikke kan dokumenteres ved bruk av etterklangstid T alene. Da skal andre relevante parametre (eks. STI, se også 3.1.2, 3.1.3, 3.1.6 og 3.1.14) brukes i evaluering av taleforståelighet og for å unngå overhøring mellom undervisningsgrupper over en avstand. Undervisningslandskap er i utgangspunktet lite egnet for syns- og hørselshemmede og for andre med spesielle behov for gode lydforhold. Se også merknad 3.
- c) I større gymnastikksaler og svømmehaller er våre grense for etterklangstiden $T = 3,0$ s. Se også tabell 44.
- d) For å sikre god taleoppfattelse og kunnskapsformidling i hele tilhørersarealet skal det installeres lydutfjenningsanlegg (fordelte høyttalere) eller sentrale høyttalere med retningsegenskaper tilpasset dekningsområdet. Dette er spesielt aktuelt ved lavt talenivå, forstyrrende støy og lange etterklangstider. Slike anlegg skal kompletteres med teleslynge eller tilsvarende annet trådløst lydoverføringsutstyr.

Akustikk, interne lydforhold

Tabell 10

Lydklasser for bygninger til undervisningsformål. Høyeste grenseverdier for etterklangstid, T

Type brukerområde	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
	T	T	T	T
	s	s	s	s
e) Som ^d , men det er valgfritt om anlegget kompletteres med teleslynge eller tilsvarende annet trådløst lyoverføringsutstyr.				
f) 10% av undervisningsrom, personalrom, møterom o.l. skal ha lydoverføringsanlegg og/eller teleslynge eller tilsvarende, se TEK 10 [18].				

- MERKNAD 1 Grenseverdiene for etterklang gjelder for vanlige middels store rom. Etterklangstidene bør ikke være vesentlig lavere enn angitte verdier i klasse A og B.
- MERKNAD 2 Det er primært behov for å støydempe korridorer ved skoler, tilsvarende som for arbeidslokaler. Etterklangstid er derfor ikke alene en tilstrekkelig beskrivende egenskap. Akustisk regulering av korridorer ved bruk av absorberer i himling og andre tiltak bør derfor vurderes for å oppnå tilfredsstillende lydforhold.
- MERKNAD 3 Større undervisningsrom / auditorier / undervisningslandskap krever spesiell akustisk regulering for å oppnå tilfredsstillende taleforståelighet eller andre ønskede egenskaper. Grenseverdier for etterklangstid vil derfor avhenge av bruksformålet og etterklangstiden vil ikke alene være en tilstrekkelig beskrivende egenskap. For musikkaler bør etterklangstiden øke mot lavere frekvenser slik at verdien av $T_{125\text{ Hz}}$ er ca. $1,4 \times T_{1000\text{ Hz}}$. I auditorier / store undervisningsrom bør det være skrå eller tilpasset reflekterende flate i himling over/foran talerplassen, samt eventuelt absorberer i bakveggen.

Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Grenseverdier for innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner i bygninger til undervisningsformål, i de ulike lydklassene er angitt i tabell 11.

Tabell 11

Lydklasser for bygninger til undervisningsformål. Høyeste grenseverdier for innendørs A-veid maksimalt lydtryknivå, $L_{p,AFmax}$ i brukstid

Type brukerområde	Målestørrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
I undervisningsrom ^b / møterom fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i annen bygning	$L_{p,A,T}$	22 ^a	25 ^a	28 ^a	32
	$L_{p,AFmax}$	24	27	30	34
I musikkrom/sal/lydstudio o.l. fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i annen bygning	$L_{p,A,T}$	18 ^a	20 ^a	23 ^a	23
	$L_{p,AFmax}$	20	22	25	25
^a I klasse A til C måles 1/1-oktavbåndnivåer og det skal påvises at det ikke er spesielt forstyrrende komponenter i støyen. ^b Dette gjelder alle typer rom for undervisning, også svømme- og gymnastikksaler der det drives undervisning.					

Barnehager og skolefritidsordninger

Luftlydisolasjon

Grenseverdier for luftlydisolasjon i barnehager og skolefritidsordninger i de ulike lydklassene er angitt i tabell 14.

Tabell 14

Lydklasser for barnehager og skolefritidsordninger. Laveste grenseverdier for veid feltmålt lydreduksjonstall, R'_w

Type brukerområde	Klasse A R'_w dB	Klasse B R'_w dB	Klasse C R'_w dB	Klasse D R'_w dB
Mellom rom for søvn og hvile Mellom rom for søvn og hvile og samtalerom/personalrom og et annet felles oppholdsrom/areal uten dørforbindelse	56	52	48	44
Mellom rom som foran og et annet felles oppholdsrom/fellesareale med dørforbindelse (se merknad)	45	40	35	30

MERKNAD For å oppnå samlet lydisolasjon for en vegg med dørforbindelse mellom rom og korridor i klasse A til D bør det brukes dør med, henholdsvis $R_w \geq 43$ dB, 38 dB, 33 dB og 28 dB. Se også tillegg C for beregning av det samlede lydreduksjonstallet for konstruksjonen.

Trinnlydisolasjon

Grenseverdier for trinnlydisolasjon i barnehager og skolefritidsordninger i de ulike lydklassene er angitt i tabell 15.

Tabell 15

Lydklasser for barnehager og skolefritidsordninger. Høyeste grenseverdier for feltmålt veid normalisert trinnlydnivå $L'_{n,w}$

Type brukerområde	Klasse A $L'_{n,w}$ dB	Klasse B $L'_{n,w}$ dB	Klasse C $L'_{n,w}$ dB	Klasse D $L'_{n,w}$ dB
Mellom rom for søvn og hvile Mellom rom for søvn og hvile og samtalerom/personalrom og et annet felles oppholdsrom/fellesareal uten dørforbindelse	48	53	58	63
Mellom rom som foran og et annet felles oppholdsrom/fellesareale med dørforbindelse	53	58	63	68

Etterklangstid

Grenseverdier for etterklangstid i barnehager og skolefritidsordninger i de ulike lydklassene er angitt i tabell 16.

Tabell 16

Lydklasser for barnehager og skolefritidsordninger. Romakustikk

Type brukerområde	Målestørrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
I oppholdsrom og fellesgang/arealer i barnehage og skolefritidsordning (AKS, SFO)	$T_{(s)}$	0,3	0,3	0,4	0,6

Tabell 16

Lydklasser for barnehager og skolefritidsordninger. Romakustikk

I trapperom	$T_{(s)}$	0,6	0,7	0,8	1,0
I oppholdsrom og fellesgang/arealer i barnehage og skolefritidsordning (AKS, SFO) med rom høyere enn 1 etasje	$T_h (s)$	0,13 x h	0,13 x h	0,16 x h	0,20 x h

Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Grenseverdier for innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner i kontorbygninger i de ulike lydklassene er angitt i tabell 34.

Tabell 17

Lydklasser for barnehager og skolefritidsordninger i brukstid. Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Type brukerområde	Målestørrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
I oppholdsrom fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i annen bygning	$L_{p,AT}$	22	25	30	32
	$L_{p,AFmax}$	24	27	32	34

Kontorer

Lydklasser for kontorer er angitt i tabell 31 til 34. Spesiell akustisk regulering er nødvendig for å oppnå tilfredsstillende lydforhold i henhold til teknisk forskrift § 8-4.

Luftlydisolasjon

Grenseverdier for luftlydisolasjon i kontorer i de ulike lydklassene er angitt i tabell 31.

Tabell 31

Lydklasser for kontorer. Laveste grenseverdier for veid feltmålt lydreduksjonstall, R'_w

Type brukerområde	Klasse A R'_w dB	Klasse B R'_w dB	Klasse C R'_w dB	Klasse D R'_w dB
Mellom kontorer Mellom kontorer og fellesarealer / kommunikasjonsvei, som fellesgang, korridor uten dørforbindelse	44	40	37	34
Mellom vanlige kontorer som foran, og kommunikasjonsvei som fellesgang / korridor med dørforbindelse (se merknad 1)	34	28	24	24
Mellom møterom og et annet rom / korridor uten dørforbindelse	48	48	44	40
Mellom møterom og kommunikasjonsvei som fellesgang / korridor med dørforbindelse (se merknad 2)	38	38	34	28
Mellom samtalerom, legekontorer, kontorer med behov for konfidensielle samtaler og et annet rom, samt møterom med videokonferanse uten dørforbindelse	52	52	48	44
Mellom rom som foran, med behov for konfidensielle samtaler og korridor med dørforbindelse (se merknad 3)	42	38	34	30

Akustikk, interne lydforhold

- MERKNAD 1 For vanlige kontorer i klasse A til C, bør det brukes en dør med henholdsvis $R_w \geq 35$ dB, 30 dB og 25 dB.
- MERKNAD 2 Mellom møterom og korridor i klasse A og B bør det brukes dør med $R_w \geq 38$ dB og i klasse C $R_w \geq 33$ dB.
- MERKNAD 3 Mellom rom for konfidensielle samtaler, legekontorer, o.l. og korridor i klasse A og B, bør det brukes to dørblad med $R_w \geq 33$ dB for begge dørene (A og B). For kontorer i klasse C bør det eventuelt brukes to dørblad med $R_w \geq 28$ dB for begge, eventuelt en enkelt dør med $R_w \geq 33$ dB

Trinnlydisolasjon

Grenseverdier for trinnlydisolasjon i kontorer i de ulike lydklassene er angitt i tabell 32.

Tabell 32

Lydklasser for kontorer. Høyeste grenseverdier for feltmålt veid normalisert trinnlydnivå $L'_{n,w}$

Type brukerområde	Klasse A $L'_{n,w}$ dB	Klasse B $L'_{n,w}$ dB	Klasse C $L'_{n,w}$ dB	Klasse D $L'_{n,w}$ dB
Mellom kontorer Mellom kontorer og møterom I kontorer fra kommunikasjonsvei som fellesarealer / fellesgang / korridor	53	58	63	68
I møterom fra kommunikasjonsvei som fellesgang / korridor	48	53	58	63

Etterklangstid

Grenseverdier for etterklangstid i kontorbygninger i de ulike lydklassene er angitt i tabell 33.

Tabell 33

Lydklasser for kontorer. Høyeste grenseverdier for etterklangstid, T_h

Type brukerområde	Klasse A $T_{h(s)}$	Klasse B $T_{h(s)}$	Klasse C $T_{h(s)}$	Klasse D $T_{h(s)}$
Kontorer, møtelokaler	$0,13 \times h$	$0,16 \times h$	$0,20 \times h$	$0,27 \times h$
I kontorlandskap og videokonferanserom	$0,11 \times h$	$0,13 \times h$	$0,16 \times h$	$0,20 \times h$

Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Grenseverdier for innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner i kontorbygninger i de ulike lydklassene er angitt i tabell 34.

Tabell 34

Lydklasser for kontorer i brukstid. Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Type brukerområde	Målestørrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
I kontorer, fellesarealer og møterom fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i annen bygning	$L_{p,AT}$	28	28	33	38
	$L_{p,AFmax}$	30	30	35	40
I videokonferanserom	$L_{p,AT}$	22	25	28	32
	$L_{p,AFmax}$	24	27	30	34

Romakustikk i musikkrom

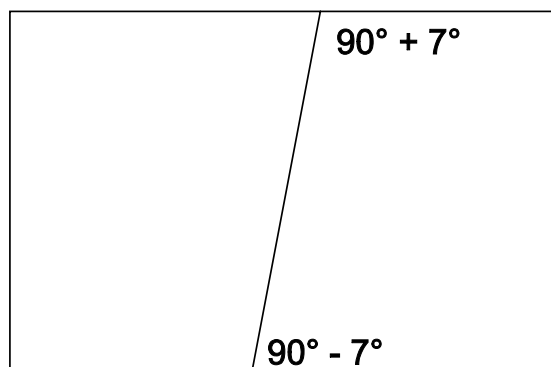
NS 8178 gir anbefalte rommål avhengig av type musikk og antall musikkutøvere. Hovedpunktene er gjengitt i tabell og figurer under.

Tabell 7-1. Anbefalt rommål og -geometri utfra tiltenkt type musikk og antall musikkutøvere.

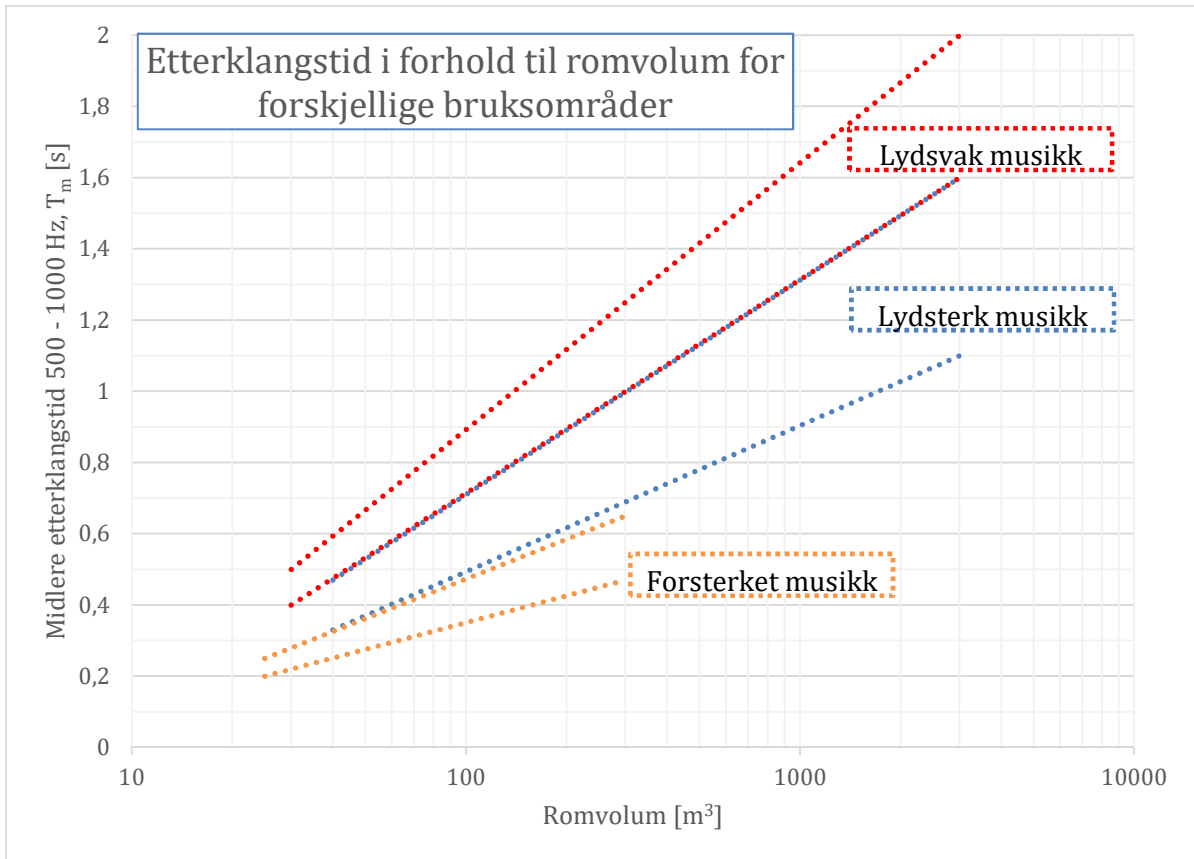
Type musikk-instrumenter	Antall utøvere	Takhøyde	Volum	Gulvareal	Geometri
Forsterket	1 – 2	≥ 2,4 m	≥ 25 m ³		Skrå vegg
	3 – 6	≥ 2,4 m	≥ 60 m ³	≥ 20 m ²	Skrå vegg
	6 – 12	≥ 3,0 m	≥ 180 m ³	≥ 60 m ²	
Lydsterke	1 – 2	≥ 2,7 m	≥ 40 m ³	≥ 15 m ²	Skrå vegg
	3 – 12	≥ 3,5 m	≥ 60 – 360 m ³	-	Skrå flater
	12 – 24	≥ 4,5 m	≥ 360 m ³ ≥ 500 m ³ (storband)	-	Ikke fokus/ekko
Lydsvake	1 – 2	≥ 2,7 m	≥ 30 m ³	≥ 15 m ²	Skrå vegg
	3 – 12	3,5 – 4 m	45 – 200 m ³	20 – 40 m ²	Skrå flater
	12 – 20	≥ 4,5 m	≥ 200 m ³	40 – 70 m ²	Ikke fokus/ekko

MERKNAD

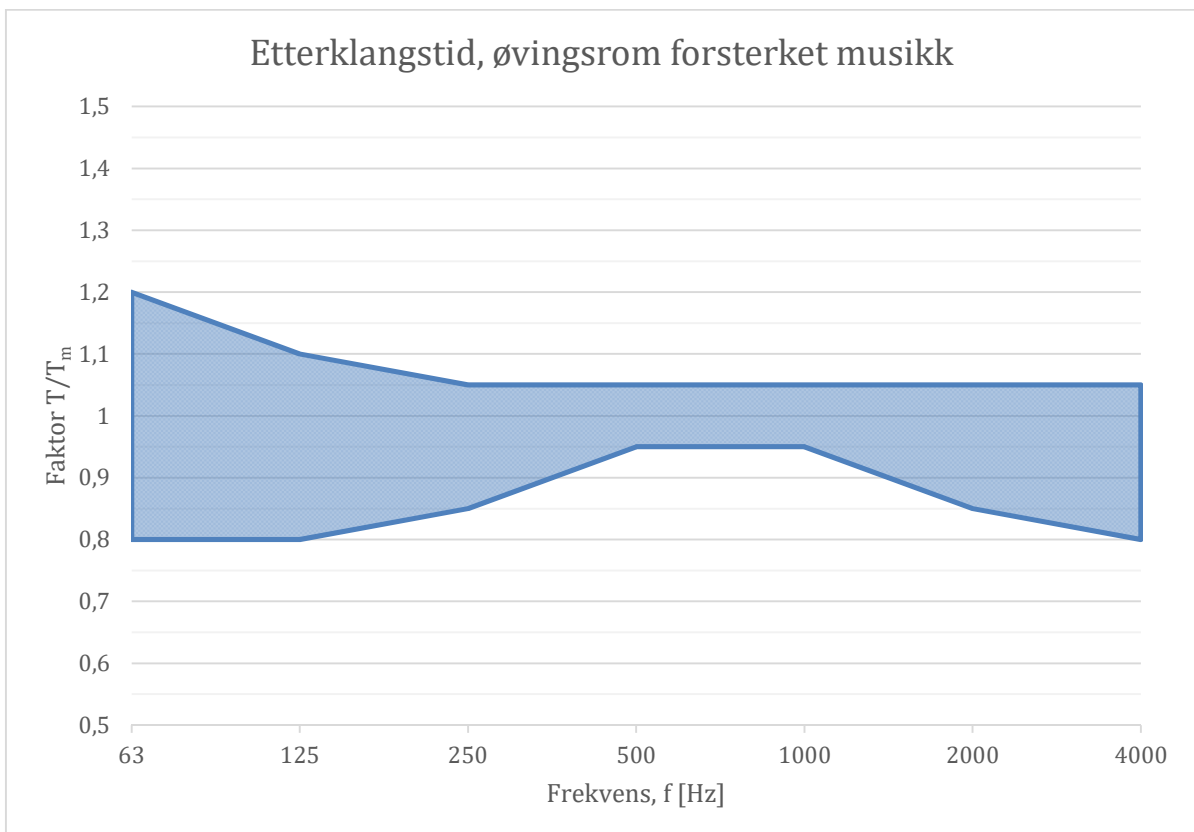
Skråstilte vegger bør være skråstilt 7° eller mer for å oppnå ønsket effekt.



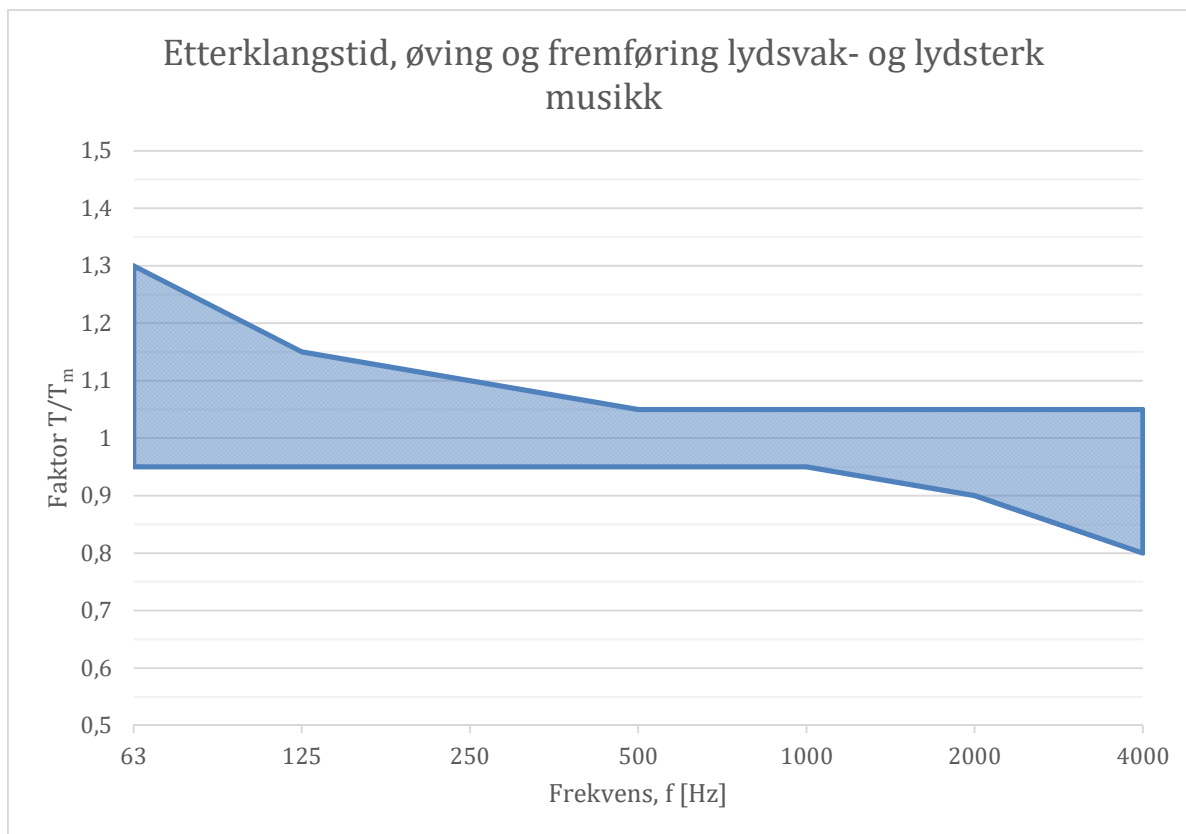
Figur 12. Mulig praktisk løsning for å oppnå skråstilte vegger der to naborom skal ha skråstilte vegger.



Figur 13. Anbefalt etterklangstid (NS 8178) i forhold til romvolum, til utøvelse av forskjellige typer musikk. Etterklangstiden bør ligge mellom de to stiplede linjene for den aktuelle musikktypen.



Figur 14. Frekvensavhengige toleransegrenser for faktor T/T_m i oktavnådd 63 Hz til 4 kHz, relativt til midlere etterklangstid for øvingsrom til forsterket musikk.



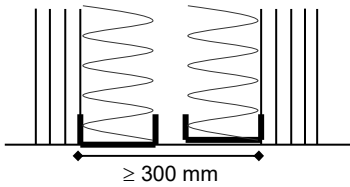
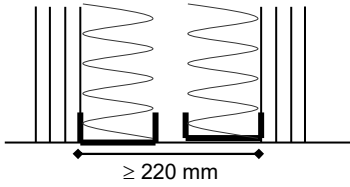
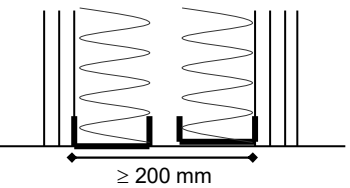
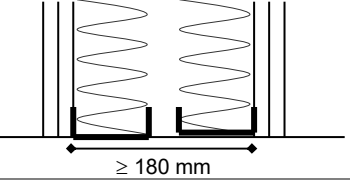
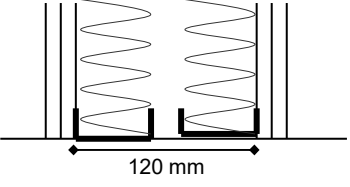
Figur 15. Frekvensavhengige toleransegrenser for faktor T/T_m i oktavnband 63 Hz til 4 kHz, relativt til midlere etterklangstid for fremførings- og øvingsrom til lydsterk- og lydsvak musikk.

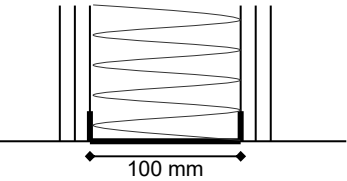
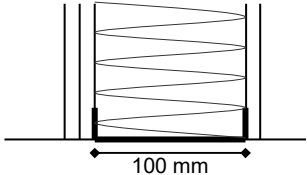
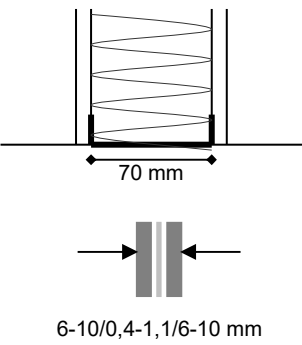
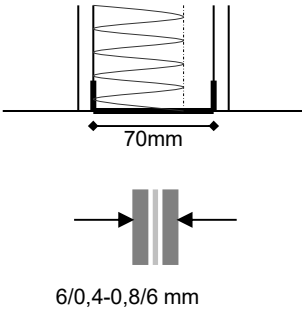
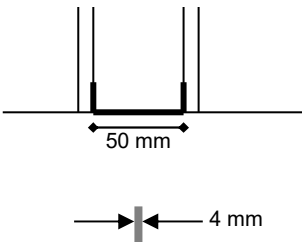
Det er ikke mulig å konstruere såkalte «multifunksjonsrom» som fungerer bra for alle musikktyper, uten å benytte variabel akustikk (ulik mengde og plassering av lydabsorbenter). Variabel akustikk kan være svært prisdrivende og krever forholdsvis mye kunnskap av brukerne. Rommene må derfor prosjekteres utfra den bruken som inntreffer oftest.

8 Vedlegg 3 - Oppbygging av lette skillevegger med lydkrav, stålstender

For vegger med krav til feltmålt lydreduksjonstall $R'_w \geq 40\text{dB}$ må flankerende konstruksjoner og tilslutninger til disse løses spesielt i det enkelte tilfelle. Eventuelle gjennomføringer i vegger med lydkrav må behandles spesielt. Det forutsettes generelt tilslutninger med høy knutepunktsdemping. Dette innebærer typisk at gipsplatekledning i flankerende konstruksjoner splittes der lydisolerende skillevegg møter flankerende konstruksjon. Avhengig av grunnkonstruksjon må det også påregnes splitt av overgulv.

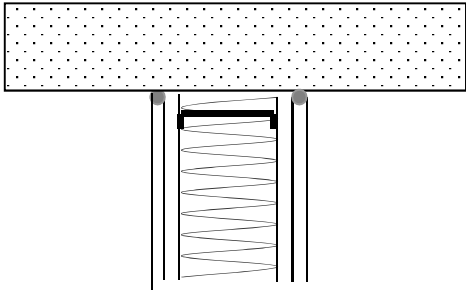
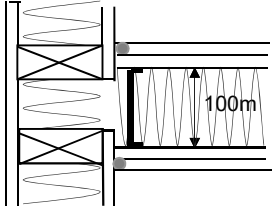
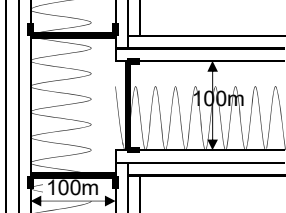
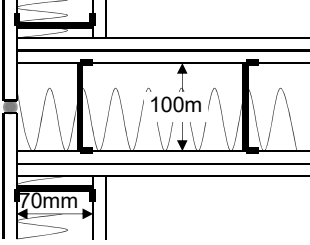
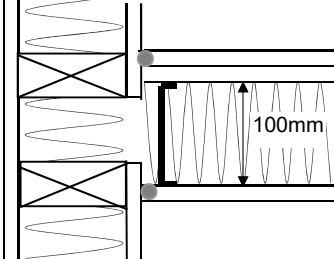
Ut fra disse forutsetningene er det i tabellen under gitt anbefalt oppbygging av lettvegger med tilhørende forventet lydreduksjonstall i felt.

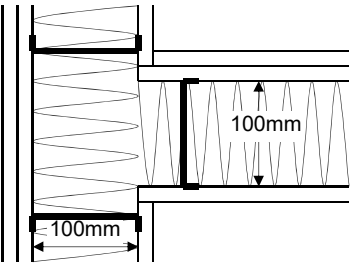
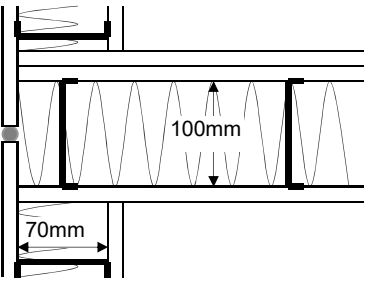
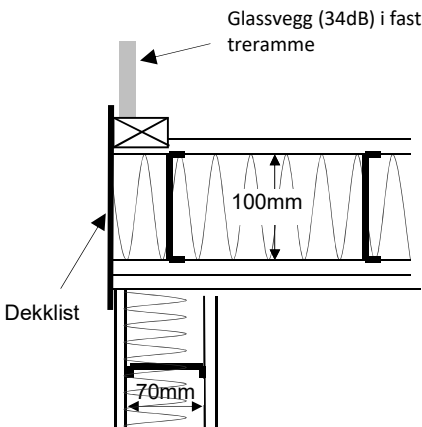
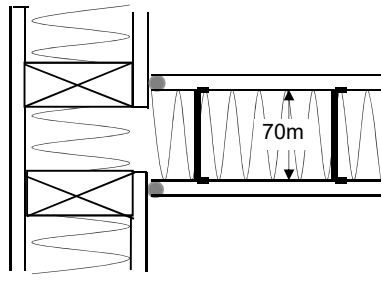
Prinsippskisse	8.1.1.1.1 Oppbygging	Forventet lydreduksjonstall i felt
	<ul style="list-style-type: none"> • 3 + 4 x 13 mm gips • ≥ 300 mm hulrom • Min. 2 x 100 mm mineralull • Atskilte stendere • Separate topp- og bunnsviller. • Splitt i gulvkonstruksjon nødvendig 	$R'_w \geq 70$ dB
	<ul style="list-style-type: none"> • 3 + 3 x 13 mm gips • ≥ 220 mm hulrom • Min. 2 x 100 mm mineralull • Atskilte stendere • Separate topp- og bunnsviller. • Splitt i gulvkonstruksjon nødvendig 	$R'_w \geq 65$ dB
	<ul style="list-style-type: none"> • 2 + 3 x 13 mm gips • ≥ 200 mm hulrom • Min. 150 mm mineralull • Atskilte stendere • Separate topp- og bunnsviller. • Splitt i gulvkonstruksjon nødvendig 	$R'_w \geq 60$ dB
	<ul style="list-style-type: none"> • 2 + 2 x 13 mm gips • ≥ 180 mm hulrom • Min. 140 mm mineralull • Atskilte stendere 	$R'_w \geq 55$ dB
	<ul style="list-style-type: none"> • 2 + 2 x 13 mm gips • 120 mm hulrom • Min. 100 mm mineralull • Separate, forskutte stålstendere. • Alternativt 120 mm lydstender. 	$R'_w \geq 52$ dB

 <p style="text-align: center;">100 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 + 2 x 13 mm gips • 100 mm hulrom • 100 mm mineralull • Felles stålstendere 	<p>$R'_w \geq 48$ dB</p>
 <p style="text-align: center;">100 mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 + 1 x 13 mm gips • 100 mm hulrom • 100 mm mineralull • Felles stålstendere 	<p>$R'_w \geq 44$ dB (beregnet til $R_w = 51$ dB)</p>
 <p style="text-align: center;">70 mm</p> <p style="text-align: center;">6-10/0,4-1,1/6-10 mm</p>	<p>ALT 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 + 1 x 13 mm gips • 70 mm hulrom • 70 mm mineralull • Felles stålstender <p>ALT 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • 6/1,1/6 (mm) laminert glass for små glassflater, opp til 10/0,4/10 for store flater (merk at oppbygging er merkespesifikk). • Montert i fast tremamme 	<p>$R'_w \geq 37$ dB (beregnet til $R_w = 44$ dB)</p> <p>(Ref. Pilkington (6/1,1/6) og SGG (10/0,4/10))</p>
 <p style="text-align: center;">70mm</p> <p style="text-align: center;">6/0,4-0,8/6 mm</p>	<p>ALT 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 + 1 x 13 mm gips • 70 mm hulrom • 50 mm mineralull • Felles stålstender <p>ALT 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • 12,4-12,8 mm laminert glass for store sammenhengende glassflater (merk at oppbygging er merkespesifikk) • Montert i fast tremamme 	<p>$R'_w \geq 34$ dB (beregnet til $R_w = 44$ dB)</p> <p>(beregnet til $R_w = 38$ dB)</p>
 <p style="text-align: center;">50 mm</p> <p style="text-align: center;">4 mm</p>	<p>ALT 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 + 1 x 13 mm gips • 50 mm hulrom • Trestender <p>ALT 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4 mm glass • Montert i fast tremamme 	<p>$R'_w \geq 25$ dB (beregnet til $R_w = 35$ dB)</p> <p>(beregnet til $R_w = 29$ dB)</p>

9 Vedlegg 4 – Tilslutningsdetaljer (ikke i målestokk)

Tilslutninger med høy knutepunktsdemping

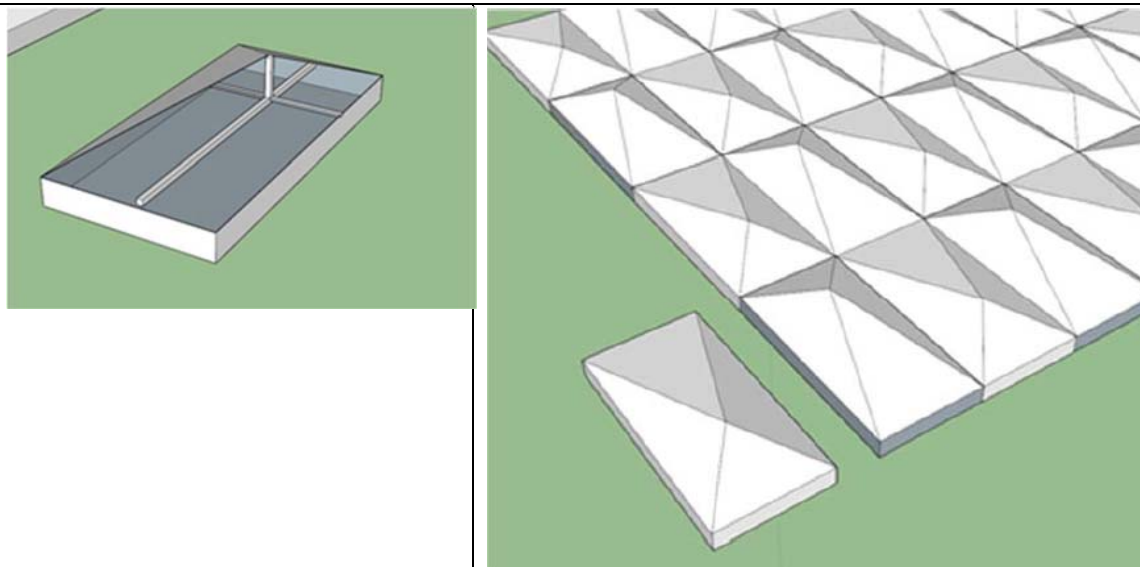
Skisse		Merknader
		<p>Vegg mot etasjeskiller Betongdekke</p>
<p>.1.1.1</p>	<p>Ytterveggisolasjon og GU-gips</p> 	<p>Vegg med $R'_w \geq 48$ dB mot yttervegg</p>
<p>.1.1.1</p>		<p>Vegg med $R'_w \geq 48$ dB mot vegg med $R'_w \geq 48$ dB</p>
		<p>Vegg med $R'_w \geq 48$ dB mot vegg med $R'_w \geq 34$ dB - Splittet gipsplate i flankerende vegg</p>
	<p>Ytterveggisolasjon og GU-gips</p> 	<p>Vegg med $R'_w \geq 44$ dB mot yttervegg - Fuging på hver side mot yttervegg</p>

	 <p>100mm</p> <p>100mm</p>	<p>Vegg med $R'_w \geq 44$ dB mot vegg med $R'_w \geq 44$ dB</p>
	 <p>100mm</p> <p>70mm</p>	<p>Vegg med $R'_w \geq 44$ dB mot vegg med $R'_w \geq 34$ dB (gipsvegg) - Splittet gipsplate i flankerende vegg</p>
	 <p>Glassvegg (34dB) i fast treramme</p> <p>Dekklister</p> <p>100mm</p> <p>70mm</p>	<p>Vegg med $R'_w \geq 44$ dB mot vegg med $R'_w \geq 34$ dB og glass som holder $R'_w \geq 34$ dB</p>
	 <p>Ytterveggisolasjon og GU-gips</p> <p>70mm</p>	<p>Vegg med $R'_w \geq 34/37$ dB mot yttervegg - Fuging på hver side mot yttervegg</p>

10 Vedlegg 5 – Forslag til diffuserende vegg

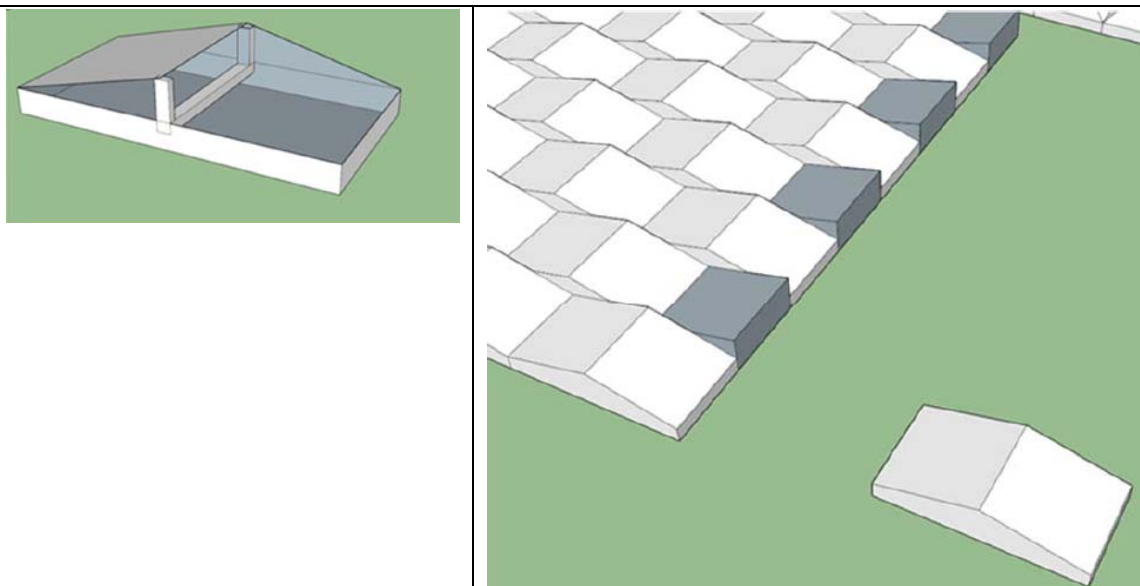
Forslag til diffusorløsninger som kan bygges på vegg for å unngå flutterekko mellom parallelle vegger. Løsningene er modulbasert og kan bygges i 1,2 x 0,6 m størrelse, eller 2,4 x 1,2 m størrelse.

Diamantmodul

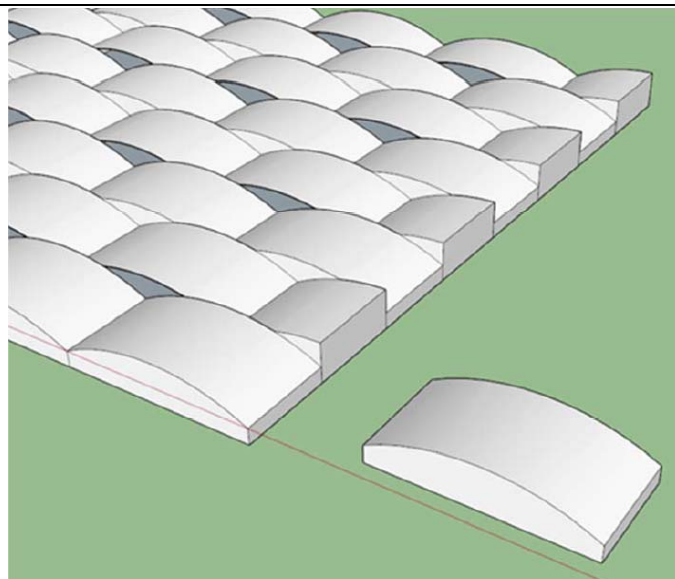
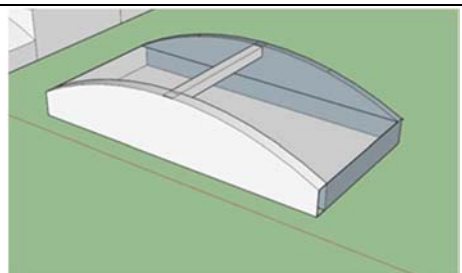


Det bygges en ramme av treverk med et kors i midt. I midten av korset monteres en stående lekt som kan bære lekter som går fra toppen av stående lekt ned til hjørner av rammen. Det monteres gipsplater utvendig som fuges og males. Senter av diamanten må gjerne være ikke-symmetrisk. Disse kan da serieproduseres og monteres ved siden av hverandre med forskjellig orientering.

Møneformet diffusor



Det bygges en ramme av treverk. Det monteres en stående lekt parallelt i midt på to av sidene. Det monteres lekter fra topp av stående lekt til hjørnene av rammen parallelt med rammen. Lektene klees med gips. Modulene kan monteres parallellforsjøvet i forhold til hverandre.

Halvsirkelformet diffusor

Det bygges en ramme av treverk hvor det benyttes en tykkere lekt på langsiden av rammen. De tykke lektene kappes i en halvsirkelform. Det spennes en elastisk plate (mdf, huntonitt etc) over formen slik at den får en halvsirkelform som vist under. Det må her tenkes på overflatebehandling slik at det blir en estetisk pen overflate. Modulene kan monteres parallellforsjøvet i forhold til hverandre.

11 Vedlegg 6 – Lydtegninger

- Lydtegning Plan 01 (R'_w)
- Lydtegning Plan 02 (R'_w)
- Splitt-tegning Plan 01 (betongsåle på grunn)



MERKNADER:
 Lydtegningen er ikke en arbeidstegning, og må således sammenholdes med lydkrav angitt i rapport 10206344-RIA-RAP-001 som har forrang.
 R'_w (dB): Feltmålt luftlydisolasjon
 R_w (dB): Laboratoriemålt luftlydisolasjon

- Tegnforklaring:**
- +++++ · R'_w ≥ 70 dB
 - ++++ · R'_w ≥ 60 dB
 - ++++ · R'_w ≥ 55 dB
 - · R'_w ≥ 50 dB
 - · R'_w ≥ 48 dB
 - · R'_w ≥ 44 dB
 - - - - - · R'_w ≥ 40 dB
 - - - - - · R'_w ≥ 37 dB
 - - - - - · R'_w ≥ 35/34 dB
 - - - - - · R'_w ≥ 24 dB
- Dør R_w ≥ 38 dB
 - Dør R_w ≥ 33 dB
 - Dør R_w ≥ 28 dB

04	Luftlydisolasjon	18.01.2019	HIHK
03	Luftlydisolasjon	08.01.2019	HIHK
02	Luftlydisolasjon	18.12.2018	HIHK
01	Luftlydisolasjon	14.11.2018	HIHK
00	Luftlydisolasjon	05.11.2018	HIHK
Rev.	Beskrivelse	Dato	Utført

Mosby Oppvekstsenter

Krav luftlydisolasjon
 Plan 01

Multiconsult www.multiconsult.no

Oppdragsnr. 10206344

Vedlegg.nr. Rw-P01

