

# Lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri

Ajourføring af kravniveauet

Februar 2003

## **Forord**

I forbindelse med frembringelse af næste generation af lydbestemmelser i bygningsreglementerne har Erhvervs- og Boligstyrelsen ønsket at få foretaget en vurdering af konsekvenserne af, at kravniveauet for lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri ajourføres.

Projektet tager udgangspunkt i dels de nugældende lydbestemmelser i Bygningsreglement 1995, dels de af DELTA for By- og Boligministeriet udarbejdede rapporter: ”Lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri”, 1999 og ”Lydforhold i heldagsklasser”, 2000, samt de forslag til fremtidens kravniveau, der her er givet som oplæg til senere kravfastsættelse.

Vurderingen skal for en række udvalgte typeeksempler belyse de teknisk-økonomiske konsekvenser ved nybyggeri af skoler og daginstitutioner i overensstemmelse med forslagene til fremtidens lydbestemmelser.

Diskussion af forslag til fremtidens lydbestemmelser og opstilling af typeeksempler ud fra en gennemgang af konkrete byggerier er sket i samarbejde med Claus Møller Petersen, Acoustica – Carl Bro as, der også har bidraget med teknisk-økonomiske beregninger.

Rapporten er udarbejdet af Dan Hoffmeyer, DELTA.

Erhvervs- og Boligstyrelsen har ikke medvirket ved udformningen af rapporten og deler derfor ikke nødvendigvis forfatterens synspunkter.

## *Indholdsfortegnelse*

<b>1. Baggrund .....</b>	<b>4</b>
<b>2. Formål, fremgangsmåde og afgrænsning .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Lydbestemmelser.....</b>	<b>6</b>
3.1 Dagens kravniveau .....	6
3.2 Forslag til fremtidens kravniveau .....	7
3.2.1 Undervisningsbyggeri.....	8
3.2.2 Daginstitutionsbyggeri.....	11
<b>4. Vurdering af de teknisk-økonomiske konsekvenser.....</b>	<b>14</b>
4.1 Undervisningsbyggeri .....	16
4.1.1 Typeeksempel A - klasselokale .....	16
4.1.2 Typeeksempel B – klasselokale.....	19
4.1.3 Typeeksempel C – åbent undervisningsområde .....	22
4.1.4 Typeeksempel D – fællesrum.....	25
4.2 Daginstitutionsbyggeri .....	28
4.2.1 Typeeksempel E – mindre opholdsrum .....	28
4.2.2 Typeeksempel F – opholdsrum .....	32
4.2.3 Typeeksempel G – fælles opholdsrum.....	344
4.2.4 Typeeksempel H – stort fælles opholdsrum .....	366
<b>5. Konklusion.....</b>	<b>388</b>
<b>6. Referencer.....</b>	<b>400</b>

## 1. *Baggrund*

I forbindelse med den generelle indsats med henblik på frembringelse af næste generation lydbestemmelser i bygningsreglementerne samt ud fra ønsket om en styrkelse af børnenes miljø i skoler og institutioner har DELTA tidligere for By- og Boligministeriet foretaget en analyse af behov og muligheder for forbedringer med hensyn til lydforhold i skoler og institutioner, jf. rapporten: "Lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri", 1999 [1].

Det fremgår heraf, at der i tilknytning til de nye undervisnings- og indretningsformer, der følger af folkeskoleloven fra 1993, er behov for en række ændringer i lydbestemmelserne for undervisningslokaler. Der vil således i højere grad blive tale om gruppe- og projektarbejde samt fleksible indretninger af undervisningsarealerne, hvilket stiller ændrede krav til lydisolation og efterklangstid.

Også for daginstitutioner foreslår rapporten ændring og udbygning af lydbestemmelserne. Her primært for at kunne bidrage til en reduktion af de til tider høje støjniveauer, der forekommer i dagens daginstitutioner.

Yderligere påpeges det, at der for lokaler, der benyttes til både undervisning og fritidsaktiviteter, vil være særlige behov.

I sammenhæng med det børnetalsbetingede fokus på skolebyggeriet har DELTA efterfølgende for By- og Boligministeriet gennemført en vurdering af konsekvenserne af, at lydforholdene tilpasses både undervisnings- og fritidsaktiviteter ved indretning af heldagsklasser, jf. rapporten: "Lydforhold i heldagsklasser", 2000 [2].

I fortsættelse heraf har By- og Boligministeriet, nu Erhvervs- og Boligstyrelsen, ønsket en vurdering af konsekvenserne af, at kravniveauet for lydforhold generelt i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri ajourføres i overensstemmelse med de i ovennævnte rapporter fremsatte forslag til fremtidens kravniveau.

## 2. *Formål, fremgangsmåde og afgrænsning*

Projektets formål er at vurdere konsekvenserne af, at kravniveauet for lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri ajourføres i overensstemmelse med den tidligere gennemførte analyse af behov og muligheder for forbedringer.

Projektet tager således udgangspunkt i de i Afsnit 1 nævnte rapporter, og de forslag vedrørende lydbestemmelser, der her er givet som oplæg til senere kravfastsættelse og som fremtidens kravniveau.

Vurderingen sammenligner indretning efter dagens kravniveau – de nugældende lydbestemmelser i Bygningsreglement 1995 [3] – med indretning efter forslag til fremtidens kravniveau – det ajourførte kravniveau.

De økonomiske, byggetekniske og indretningsmæssige konsekvenser er analyseret for en række typeeksempler med hensyn til lokaleudformning mv. Typeeksemplerne er konstrueret ud fra kendskab til og besigtigelser af et antal konkrete byggeprojekter for skoler og daginstitutioner.

Den gennemførte teknisk-økonomiske konsekvensvurdering er afgrænset til otte udvalgte typeeksempler, der dækker nybyggeri af almindelige klasselokaler, åbne undervisningsområder og fællesrum i skoler samt opholdsrum og fælles opholdsrum i vuggestuer, børnehaver og skolefritidsordninger. Øvrige rum i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri, herunder heldagsklasser, værkstedslokaler, musiklokaler, trapperum, fællesgange, køkkener, gymnastiksale mv. er derimod ikke omfattet af projektets analyse. Dette er dog ikke ensbetydende med, at kravfastsættelsen til disse rumtyper ikke bør revurderes i forbindelse med en ajourføring af lydbestemmelserne i Bygningsreglementet.

Den aktuelle projektrapport kan ses som en parallel til den tidligere rapport om heldagsklasser. Der er således en overlapning med indholdet af denne rapport, herunder med hensyn til valgte forudsætninger mv. Der er vedrørende udgangspunktet for de beregnede økonomiske konsekvenser foretaget en pristalsregulering af byggeomkostningerne i forhold til beregningerne for heldagsklasser.

### 3. *Lydbestemmelser*

Lydbestemmelserne er bygningsreglementernes konkrete minimumskrav til lydforhold ved nybyggeri eller ændret anvendelse af eksisterende byggeri.

Lydbestemmelserne i Bygningsreglement 1995 [3] omfatter for undervisningsbyggeri krav til lydisolation (luftlydisolation og trinlydniveau), lydregulering (efterklangstid og lydabsorptionsareal) og støjniveau fra installationer. For daginstitutioner er der kun krav til efterklangstiden. Hovedkravene fremgår af tabel 1 i afsnit 3.1 om dagens kravniveau.

I det enkelte byggeprojekt kan der herudover være fastlagt udvidede eller skærpede lydkrav som en del af byggeprogrammet eller udbudsmaterialet. Allerede i dag tages der i byggeprojekter udgangspunkt i krav, der svarer til de i rapporterne [1] og [2] fremsatte forslag, ligesom der hentes inspiration i de anbefalede projekteringsværdier for efterklangstid i BYG-ERFA blad 010302: "Lyd- og støjforhold i skolelokaler" [4].

De nedenfor i Afsnit 3.2 under fremtidens kravniveau i tabel 3.2 og tabel 3.3 angivne lydbestemmelser vil kunne tjene som yderligere inspiration for de kommuner, der allerede nu ønsker at bygge skoler og institutioner, der lever op til et ajourført kravniveau for lydforhold.

Disse lydbestemmelser må dog kun ses som et eksempel på, hvordan lydkravene vil kunne udformes. Bestemmelserne gør det altså ikke ud for et endeligt forslag til fremtidige kravværdier i Bygningsreglementet. Der mangler blandt andet krav til en række rumtyper, der ikke behandles i dette projekt, jf. Afsnit 2. Modsat anses de her foreslåede lydbestemmelser som et gennearbejdet og realistisk grundlag for den ønskede konsekvensvurdering af ajourføringen af kravniveauet for lydforhold i undervisnings- og daginstitutioner.

#### 3.1 *Dagens kravniveau*

De lydbestemmelser, der i henhold til Bygningsreglement 1995 [3] gælder for undervisningsbyggeri (skoler mv.) og for daginstitutioner, er opstillet i tabel 3.1.

Tabellen indeholder Bygningsreglementets bestemmelser for almindelige klasserum, åbne undervisningsområder, fællesgange og opholdsrum.

Fællesgange er for daginstitutioner medtaget som opholdsrum, idet dette oftest svarer til den faktiske anvendelse.

**Tabel 3.1 Lydbestemmelser (dagens kravniveau) (uddrag af Bygningsreglement 1995 [3])**

Lydbestemmelser	Skoler mv.	Daginstitutioner
<b>Luftlydisolation, <math>R'_{w}</math></b>		
Mellem undervisningsrum samt mellem undervisningsrum og fællesrum, horisontalt (gælder også folde- og mobilvægge, glaspartier mv.)	$\geq 48$ dB	–
Mellem undervisningsrum samt mellem undervisningsrum og fællesrum, vertikalt	$\geq 51$ dB	–
Dør mellem undervisningsrum	$\geq 37$ dB	–
Dør mellem undervisningsrum og fællesrum	$\geq 27$ dB	–
<b>Trinlydniveau, <math>L'_{n,w}</math></b>		
I undervisningsrum	$\leq 63$ dB	–
<b>Efterklangstid, <math>T</math></b>		
Klasserum/opholdsrum	$\leq 0,9$ s <sup>1)</sup>	$\leq 0,6$ s <sup>2)</sup>
Fællesgang (for daginstitutioner er det forudsat, at fællesgang – som det normalt vil være tilfældet – indgår som opholds- og legeareal)	$\leq 0,9$ s <sup>3)</sup>	$\leq 0,6$ s <sup>2)</sup>
<b>Absorptionsareal, <math>A</math></b>		
Åbne undervisningsområder	$\geq 0,9 \times \text{gulvareal}^4)$	
<b>Støjniveau, <math>L_{Aeq}</math></b>		
I undervisningsrum fra tekniske installationer	$\leq 35$ dB	–

1) Gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125-2000 Hz. Afvigelser fra gennemsnitsværdien må ikke i noget frekvensinterval overstige 0,2 sekund.

2) Gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125-2000 Hz.

3) Gennemsnitsværdi i frekvensområdet 500-3150 Hz.

4) Gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125-2000 Hz. Afvigelser fra gennemsnitsværdien må ikke i noget frekvensinterval overstige  $0,2 \times \text{gulvarealet}$ .

### 3.2 Forslag til fremtidens kravniveau

Forslag til fremtidens kravniveau for lydbestemmelser tager som nævnt i Afsnit 2 udgangspunkt i de tidlige ure udarbejdede rapporter og de forslag vedrørende lydbestemmelser, der her er givet som oplæg til senere kravfastsættelse.

Med hensyn til den foreslåede generelle ændring af kravene til lydregulering, således at efterklangstider og absorptionsarealer skal overholdes ved alle 1/1-oktaver i det aktuelle

frekvensområde, er der nu suppleret med angivelser af tilladelige tolerancer. Anvendelse af 1/1-oktavværdier og brug af grænseværdier/intervaller for enkeltværdierne er blandt andet foreslået i rapporten "Lydforhold i kontor-, daginstitutions- og skolebyggeri – problemstillinger og handlingsmuligheder", 1996 [5], mens den nye fastlæggelse af tilladelige tolerancer må antages at skulle underkastes en yderligere vurdering med hensyn til størrelse og frekvensafhængighed inden endelig formulering i Bygningsreglementet.

Yderligere har bearbejdningen og vurderingerne i det aktuelle projekt betydet, at der – ud over ajourføringen af kravniveauet - for nogle af lydbestemmelserne også er foreslået en tilpasning af kravformuleringen, ligesom der er tilføjet en række helt nye forslag til bestemmelser.

### **3.2.1 Undervisningsbyggeri**

Lydbestemmelser for undervisningsbyggeri efter forslag til fremtidens kravniveau er angivet i tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Lydbestemmelser for undervisningsbyggeri (forslag til fremtidens kravniveau).**

<b>Lydbestemmelser</b>	
<b>Skoler mv.</b>	
<b>Luftlydisolation, <math>R'_w</math></b>	
Mellem undervisningsrum samt mellem undervisningsrum og fællesrum, horisontalt	$\geq 48$ dB
Mellem undervisningsrum samt mellem undervisningsrum og fællesrum, vertikalt	$\geq 51$ dB
Mellem undervisningsrum med dørforbindelse (samlet lydisolationskrav for væg med dør, folde- og mobilvægge, glaspartier mv.)	$\geq 44$ dB
Mellem undervisningsrum og fællesrum med dørforbindelse (samlet lydisolationskrav for væg med dør, folde- og mobilvægge, glaspartier mv.)	$\geq 36$ dB
For fleksible rumadskillelser i åbne undervisningsområder	$\geq 20$ dB
<b>Trinlydniveau, <math>L'_{n,w}</math></b>	
I undervisningsrum	$\leq 58$ dB
<b>Efterklangstid, <math>T'</math></b>	
Klasserum	0,6 s
Fællesrum <sup>2)</sup>	0,4 s
<b>Absorptionsareal, <math>A'</math></b>	
Åbne undervisningsområder <sup>4)</sup>	$1,3 \times$ gulvareal
Fællesrum med loftshøjde større end 4 m og rumvolumen større end 300 m <sup>3</sup>	$1,2 \times$ gulvareal
<b>Støjniveau, <math>L_{Aeq}</math></b>	
I undervisningsrum fra tekniske installationer og trafik	$\leq 30$ dB

1) Efterklangstiderne skal overholdes ved alle 1/1-oktaver i frekvensområdet 125-4000 Hz, med en tolerance på  $\pm 0,2$  s ved 125 Hz og  $\pm 0,1$  s ved alle øvrige frekvenser.

2) I fællesgange, der ikke benyttes til gruppearbejde eller lignende, kan efterklangstiden være op til 1 s.

3) Absorptionsarealet skal overholdes ved alle 1/1-oktaver i frekvensområdet 125-4000 Hz, med en tolerance på  $\pm 0,2 \times$  gulvareal ved 125 Hz og  $\pm 0,1 \times$  gulvareal ved alle øvrige frekvenser.

4) Loftshøjder over 3,5 m bør undgås.

For skoler mv. fremgår det af tabellen, at de konkrete lydisolationskrav til døre i klasserum udgår til fordel for et krav til den samlede adskillende konstruktions lydisolationskrav (væg med dør, folde- og mobilvægge, glaspartier mv.). Dette giver en betydeligt større frihed med hensyn til valg af konstruktioner, uden at den samlede lydisolationskrav forringes væsentligt.

Herudover er der i det foreliggende projekt foretaget en yderligere vurdering af lydforholdene i åbne undervisningsområder, der p.t. synes at være på vej igen i skoleprojekterne. Der er på dette grundlag medtaget et forslag vedrørende lydisolationsforhold for fleksible rumadskillelser (glaspartier og -døre, foldevægge mv.) i åbne undervisningsområder samt et ajourført krav til lydabsorptionsareal, sammen med en anbefaling om at undgå loftshøjder over 3,5 m.

Ved brug af åbenplanløsninger, er det dog i almindelighed ikke muligt at opnå tilfredsstillende undervisningsforhold, og byggerier med denne type undervisningsområder bør altid underkastes en egentlig akustisk projektering. Som redskaber ved en sådan projektering kan f.eks. nævnes beregning, vurdering og opstilling af kriterier for taleforståelighed, afstandsdæmpning og niveaudifferenser mellem forskellige delområder i et undervisningsområde.

Endelig er der som forslag medtaget krav til lydabsorptionsarealet i større, højloftede fællesrum, idet disse i undervisningsbyggeriet ofte ses anvendt til gruppearbejde og/eller som opholds- og legearealer og således skal sikres gode lydforhold, selvom det som følge af rummets størrelse kan synes vanskeligt at opfylde det ajourførte krav på 0,4 sekund til efterklangstid for fællesrum. Med et krav til absorptionsarealet på  $1,2 \times$  gulvarealet bliver efterklangstiden ligefrem proportional med loftshøjden. For fællesrum, der lige netop opfylder minimumstørrelsen i denne bestemmelse, dvs. at den gennemsnitlige loftshøjde er større end 4 m, samtidigt med at rummets volumen overstiger  $300 \text{ m}^3$ , vil efterklangstiden være omkring 0,5 sekund. For rum med loftshøjde op til 5,5 m vil efterklangstiden ligge på 0,6 til 0,7 sekund. For rum med dobbelt etagehøjde eller mere og forholdsmæssigt begrænset gulvareal fører den foreslåede lydbestemmelse dog til for lange efterklangstider. Ved endelig fastlæggelse af næste generation lydbestemmelser skal dette forhold derfor underkastes yderligere behandling.

Alle former for klasserum, grupperum, multimedierum, fremlæggelsesrum mv. bør betragtes som undervisningsrum. Med hensyn til efterklangstid kan forhold omkring størrelse og anvendelse af visse lokaletyper berettige til afvigelser fra de anførte kravværdier. Således bør efterklangstiden for små undervisningsrum som grupperum, multimedierum mv. svare til 0,4 sekund. Da projektet ikke omfatter disse rumtyper, er kravet ikke medtaget i tabel 3.2.

For fællesrum, herunder fællesgange, er der medtaget et krav om en kort efterklangstid, da de naturligt indgår i det areal, hvor børnene ikke blot færdes, men også arbejder eller leger. I fællesgange, der ikke benyttes til gruppearbejde og lignende kan efterklangstiden være længere, jf. noten til tabel 3.2.

Generelt gælder for kravene til lydregulering (efterklangstid og absorptionsareal), at mens der i Bygningsreglementet angives gennemsnitsværdier for et frekvensområde og evt. krav til afvigelser herfra, så skal kravværdierne i fremtidens lydbestemmelser i tabel 3.2 over-

holdes i alle frekvensområdets oktavbånd med de i noterne angivne tolerancer. Det er således ikke muligt som hidtil at kompensere for dårlige værdier i en del af frekvensområdet med ekstra gode værdier i en anden del af frekvensområdet.

Generelt anbefales det af hensyn til lydforholdene i undervisningslokaler mv. at placere en passende mængde lydabsorbenter på vægge eller andre lodrette flader, svarende til mindst 10-15 % af det samlede – for opfyldelse af kravene – nødvendige absorptionsareal. Dette er dog ikke anført som et egentligt krav i forbindelse med lydbestemmelserne i tabel 3.2.

Kravet til støjniveau i undervisningsrum gælder i fremtidens lydbestemmelser ikke kun støj fra tekniske installationer, men også fra trafik.

Tabellen indeholder fremtidens lydbestemmelser for almindelige klasserum, åbne undervisningsområder og fællesrum. Derimod er der ikke medtaget krav til musiklokaler, værksteder, trapperum, meget store fællesrum (aulaer), gymnastiksale mv.

Vedrørende heldagsklasser, lokaler der benyttes til både undervisnings- og fritidsaktiviteter, henvises til [2].

### **3.2.2 *Daginstitutionsbyggeri***

For daginstitutioner indeholder forslaget til fremtidens lydbestemmelser – på baggrund af vurderingerne i [1] – også krav til lydisolation mellem forskellige rumtyper, se tabel 3.3. Der skelnes her mellem opholdsrum for stille og/eller støjende aktiviteter, der kræver en højere lydisolation, f.eks. soverum og rum til fri leg, og almindelige opholdsrum. Kravet til lydisolation for opholdsrum for stille og/eller støjende aktiviteter svarer til kravet til lydisolation mellem undervisningsrum, mens kravet for almindelige opholdsrum er væsentligt lavere og blot skal sikre en rimelig lydmæssig adskillelse mellem aktiviteterne i rummene.

**Tabel 3.3 Lydbestemmelser for daginstitutionsbyggeri (forslag til fremtidens kravniveau).**

<b>Luftlydisolation, <math>R'_w</math></b>	
Mellem opholdsrum for stille og/eller støjende aktiviteter samt mellem disse rum og øvrige rum	$\geq 48$ dB
Mellem opholdsrum for stille og/eller støjende aktiviteter og øvrige rum med dørforbindelse (samlet lydisolation for væg med dør mv.)	$\geq 40$ dB
Mellem opholdsrum samt mellem opholdsrum og øvrige rum	$\geq 40$ dB
Mellem opholdsrum med dørforbindelse samt mellem opholdsrum og øvrige rum med dørforbindelse (samlet lydisolation for væg med dør mv.)	$\geq 30$ dB
<b>Trinlydniveau, <math>L'_{n,w}</math></b>	
I opholdsrum (fra gulve i overliggende rum) og i opholdsrum for stille aktiviteter (fra alle gulve)	$\leq 58$ dB
I opholdsrum (fra gulve i rum på samme etage)	$\leq 63$ dB
<b>Efterklangstid, <math>T^1</math></b>	
Opholdsrum	0,4 s
<b>Absorptionsareal, <math>A^2</math></b>	
Opholdsrum med loftshøjde større end 4 m og rumvolumen større end 300 m <sup>3</sup>	1,2 × gulvareal
<b>Støjniveau, <math>L_{Aeq}</math></b>	
I opholdsrum fra tekniske installationer og trafik	$\leq 30$ dB

1) Efterklangstiderne skal overholdes ved alle 1/1-oktaver i frekvensområdet 125-4000 Hz, med en tolerance på  $\pm 0,2$  s ved 125 Hz og  $\pm 0,1$  s ved alle øvrige frekvenser.

2) Absorptionsarealet skal overholdes ved alle 1/1-oktaver i frekvensområdet 125-4000 Hz, med en tolerance på  $\pm 0,2 \times$  gulvareal ved 125 Hz og  $\pm 0,1 \times$  gulvareal ved alle øvrige frekvenser.

Herudover er der, ud over det skærpede krav til efterklangstid i opholdsrum, også givet et krav til lydabsorptionsareal i større, højloftede opholdsrum. I debatten efter offentliggørelsen af [1] blev det anført, at det i store fælles opholdsrum (som halve gymnastiksale) kan være vanskeligt at opfylde et fremtidigt generelt krav om en efterklangstid på 0,4 sekund. Det nu medtagne krav til lydabsorptionsareal skal sikre, at denne rumtype får gode, men også opnåelige lydforhold. Der henvises herudover til teksten i Afsnit 3.2.1. Dette gælder også vedrørende anvendelse af oktavbåndsværdier i stedet for gennemsnitsværdier for krav til lydregulering.

Som opholdsrum regnes i tabel 3.3 også fællesrum, herunder gangarealer, værksteder, boldrum mv., idet der som udgangspunkt stort set er børn, der leger, alle vegne i en daginstitution.

Som for undervisningslokaler anbefales det også af hensyn til lydforholdene i opholdsrum i daginstitutioner, at placere en passende mængde absorbenter, svarende til mindst 10-15 % af det samlede – for opfyldelse af kravene – nødvendige absorptionsareal, på opholdsrummernes vægge. Dette kan evt. anføres som et egentligt krav i forbindelse med lydbestemmelserne, men er ikke medtaget i tabel 3.3.

Endelig indeholder forslaget som noget nyt også krav til støjniveau fra tekniske installationer og trafik.

#### 4. *Vurdering af de teknisk-økonomiske konsekvenser*

Konsekvenserne af, at kravniveauet for lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri ajourføres i overensstemmelse med de i Afsnit 3.2 angivne lydbestemmelser for fremtidens kravniveau, er vurderet for otte udvalgte typeeksempler med hensyn til lokaleudformning.

De fire af typeeksemplerne (Typeeksempel A, B, C og D) vedrører undervisningsbyggeri og dækker to typer af klasselokaler, et åbent undervisningsområde samt et fællesrum med stor loftshøjde.

De øvrige fire eksempler (Typeeksempel E, F, G og H) omhandler opholdsrum i daginstitutioner omfattende to størrelser af opholdsrum og to størrelser af fælles opholdsrum med stor loftshøjde.

Typeeksemplerne svarer til mulige udformninger af lokaler ved nybyggeri eller nyindretning af undervisnings- og daginstitutionsbyggeri. Typeeksemplerne er udvalgt på baggrund af en gennemgang af en række eksempler på lokaler i nyere skoler og daginstitutioner. Med hensyn til størrelse, udformning og indretning er typeeksemplerne dog konstruerede, forenklede eksempler uden sammenfald med konkrete byggeprojekter.

For hvert af disse typeeksempler er der – efter henholdsvis dagens kravniveau og forslag til fremtidens kravniveau – givet eksempler på de lydteknisk nødvendige konstruktioner og overflader, der skal anvendes for at opfylde de givne lydbestemmelser. På dette grundlag er meromkostningerne ved byggeri efter forslaget til ajourførte lydbestemmelser i forhold til det nuværende kravniveau i Bygningsreglement 1995 beregnet.

For alle typeeksemplerne er der foretaget en analyse med hensyn til lydreguleringen af bokalet. Herudover er der for udvalgte typeeksempler set på konsekvenserne af ændringer med hensyn til lydisolation for vægge eller etageadskillelser. For Typeeksempel A og F er der yderligere foretaget en vurdering af nødvendig supplerende støjdemning af ventilationsanlæg for at opfylde kravet til støjniveau.

Der er ikke foretaget analyse af meromkostninger ved lydisolering af facader mod trafikstøj, idet det som udgangspunkt må antages, at det udendørs støjniveau søges begrænset ved tilbagetrækning eller afskærmning fra vej eller jernbane (også af hensyn til belastningen af de primære opholdsarealer), således at fremtidens eventuelle krav til indendørs støjniveau fra trafik kan overholdes med almindelige facadekonstruktioner.

Det har til brug for beregningerne været nødvendigt at forudsætte og vælge typer af bygningskonstruktioner og materialer samt – for absorbenter – kombinationer med hensyn til type og placering, der kun kan fremstå som eksempler på de utallige løsningsmuligheder, der vil være ved udformning af lokaler i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri.

De fundne nødvendige absorberende arealer, som de er angivet i de følgende afsnit, gælder således absorberende af forskellige udvalgte, men ikke i denne rapport dokumenterede, typer. De angivne absorberende arealer kan derfor ikke benyttes ved projektering.

Valg af absorberende vil ud over en akustisk optimering ofte være bestemt af en række andre faktorer og forudsætninger, f.eks. med hensyn til æstetik, styrke, brand, indeklima-parametre og rengøringsmuligheder. Disse parametre har det dog ikke været muligt at inddrage her.

Det skal også fremhæves, at det generelt, også med dagens kravniveau, må anbefales at placere en passende mængde af absorptionsmaterialerne på væggene for at opnå en bedre fordeling af absorptionen i et lokale. Dette kommer ikke nødvendigvis til udtryk i typeeksemplernes forenklede indretning efter dagens kravniveau.

Som udgangspunkt for de økonomiske konsekvensvurderinger er der regnet med anslåede håndværkerudgifter (arbejds løn plus materialer, excl. moms) for forskellige delarbejder; f.eks. er der for lydabsorberende til vægmontage under ét regnet med en merpris i forhold til en overflade uden absorberende på kr. 524 pr. opsat kvadratmeter absorberende uanset type.

Da der ikke vurderes at være markante forskelle på håndværkerpriser for forskellige typer af akustiklofter, regnes der ikke med meromkostninger som følge af valg af den ene eller anden type nedhængt loft. Dette gælder også for arealer med nedhængte friser af ikke-lydabsorberende plader.

Til beregningerne af den procentmæssige forøgelse af byggeomkostningerne er der forudsat en anslået samlet håndværkerudgift for et færdigt skole- eller daginstitutionsbyggeri på kr. 12.580 excl. moms pr. m<sup>2</sup> etageareal.

## 4.1 Undervisningsbyggeri

### 4.1.1 Typeeksempel A - klasselokale

#### *Beskrivelse af lokale*

En skitse af Typeeksempel A er vist på figur 4.1. Eksemplet repræsenterer en traditionel lokaleudformning med plant loft, som typisk vil kunne forekomme ved nybyggeri af skolebygninger i flere etager.

Klasselokalet har målene 7,5 m × 8,0 m × 3,0 m, svarende til et gulvareal på 60 m<sup>2</sup> og et volumen på 180 m<sup>3</sup>.

Som udgangspunkt er der regnet med, at lokalets facade og gangvæg udføres som lette pladebeklædte konstruktioner, mens der til de to gavlvægge mod tilstødende undervisningsrum benyttes tunge, massive konstruktioner. Som alternativ kan den ene gavlvæg udformes som en folde- eller mobilvæg. Vinduerne udgør 8 m<sup>2</sup>. Loftet forsynes med et nedhængt akustikloft, og etageadskillelsen mod det underliggende undervisningsrum udføres som en tung konstruktion med gulv på strøer.

**Figur 4.1 Typeeksempel A – klasselokale (ikke målfast skitse).**



#### *Lydregulering*

Klasserummet skal efter dagens kravniveau have en efterklangtid på højst 0,9 sekund (gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125-2000 Hz). Dette kan for Typeeksempel A med de ovenfor beskrevne konstruktioner rigeligt opnås med et almindeligt akustikloft med faste friser.

Ved indretning efter forslag til fremtidens kravniveau skal der tilvejebringes en efterklangtid på 0,6 sekund (i alle oktavniveauer i frekvensområdet 125-4000 Hz). Ved udnyttelse af hele loftsarealet til effektive, frekvensmæssigt optimerede typer af akustiklofter vil dette kunne opfyldes ved at supplere med opsætning af ca. 5 m<sup>2</sup> af en effektiv vægabsorbent.

Da der, som nævnt tidligere, ikke regnes med markante forskelle på håndværkerpriser for forskellige typer af akustiklofter, bliver meromkostningerne ved nybyggeri efter forslag til fremtidens kravniveau begrænset til omkostningerne ved opsætning af ca. 5 m<sup>2</sup> absorberende på væggene.

Under de givne forudsætninger vurderes meromkostningen til lydregulering ved nybyggeri af et klasselokale efter forslag til fremtidens kravniveau således at ligge på ca. kr. 2.600 for Typeeksempel A.

Typeeksemplets meromkostninger til lydregulering kan omregnes til en merudgift pr. etagemeter for nybyggeri på ca. kr. 45 pr. m<sup>2</sup> etageareal. Merudgifterne svarer således til ca. 0,3 % af den samlede anslåede håndværkerudgift ved nybyggeri af en skole, jf. figur 4.2.

### *Lydisolation*

Som eksempel på en indretning, der kunne betyde en forskel i omkostningerne ved byggeri af klasselokaler som Typeeksempel A efter forslag til fremtidens krav med hensyn til lydisolation i stedet for efter dagens krav, er det valgt at se på en folde- eller mobilvæg opsat som en fleksibel adskillelse mellem to klasselokaler.

Efter dagens kravniveau vil en folde- eller mobilvæg skulle opfylde et krav til luftlydisolation,  $R'_{w}$ , på 48 dB, mens det foreslåede ajourførte krav mellem undervisningsrum med dørforbindelse er 44 dB. Dette krav gælder den samlede lydisolation for rumadskillelsen og er fremkommet ved for et gennemsnitligt arealforhold at kombinere de nuværende krav til henholdsvis vægge og døre mellem undervisningsrum.

Der kan her opnås en besparelse ved nybyggeri efter forslag til fremtidens kravniveau af klasselokaler adskilt af en folde- eller mobilvæg. Som eksempel på en mulig besparelse er prisforskellen mellem 44 dB- og 48 dB-mobilvægge ca. kr. 500 pr. m<sup>2</sup> vægflade, svarende til en besparelse på ca. 10 % på den fleksible vægs pris.

I denne type klasselokale, der vil forekomme i skolebyggeri i flere etager, er det også af betydning, at kravet til trinlydniveau ændres i forslaget til fremtidens lydbestemmelser. I stedet for dagens krav om trinlydniveau,  $L'_{n,w}$ , på 63 dB skærpes kravet til 58 dB. Med den valgte konstruktion med et gulv på strøer på et tungt dæk kan dette krav dog allerede opfyldes. Alternativet til et gulv på strøer vil i skoler i flere etager ofte være linoleum på korkment. Denne gulvtype kan overholde 63 dB-kravet til trinlydniveau, men ikke altid 58 dB-kravet.

Linoleum på korkment kræver en afretning på det tunge dæk, og den samlede pris for gulvkonstruktionen bliver derfor ikke lavere end for linoleum på et pladegulv på strøer.

Ud over at kunne sikre overholdelsen af det skærpede trinlydkrav medvirker et gulv på strøer positivt til lydreguleringen af lokalerne i den lave del af frekvensområdet, men kan til gengæld medføre problemer omkring trommelyd. Trommelyd er den lyd, der opstår i et rum ved gang på rummets eget gulv. Anvendelsen af gulve på strøer kræver således opmærksomhed omkring denne problematik.

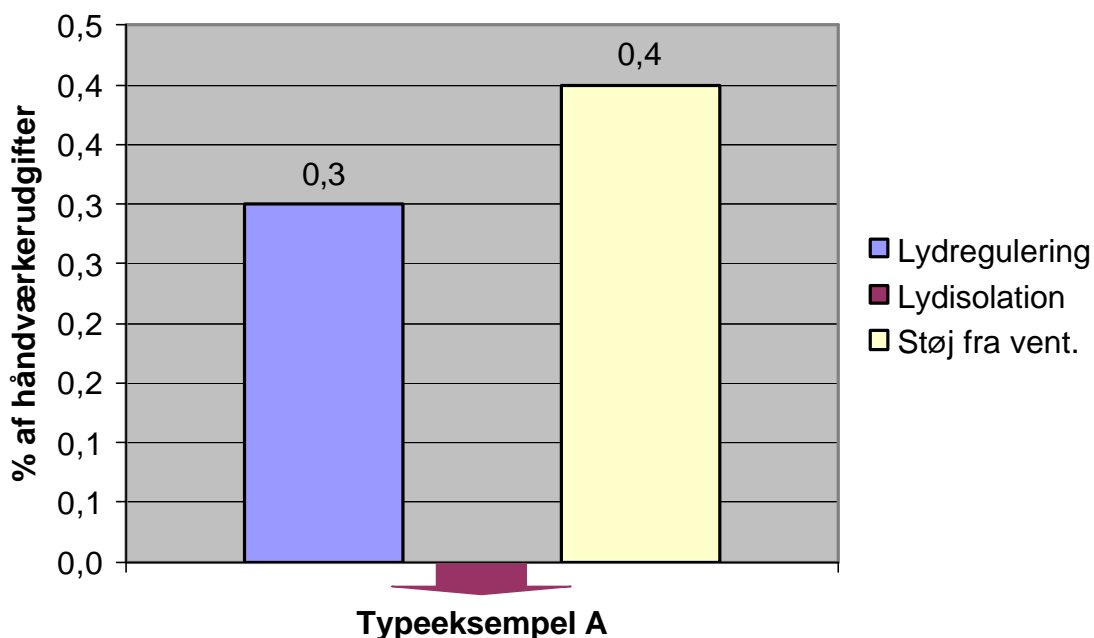
### Støjniveau

Det tilladelige støjniveau,  $L_{Aeq}$ , fra tekniske installationer reduceres i forslaget til fremtidens kravniveau fra 35 dB til 30 dB.


Dette har reel betydning i forbindelse med mekaniske ventilationsanlæg, hvor der kan være behov for ekstra lyddæmpere i kanalerne, når der bygges efter et skærpet krav.

Med udgangspunkt i et ventilationsanlæg til ca. kr. 70.000 for et klasserum som Typeeksempel A vil merprisen for det skærpede krav til støjniveau være kr. 2-3.000, svarende til en meromkostning på ca. 0,4 % af den samlede anslåede håndværkerudgift ved nybyggeri af en skole, jf. figur 4.2.

**Figur 4.2 Typeeksempel A – klasselokale.**



Anslåede meromkostninger i procent af samlede håndværkerudgifter pr. etagemeter ved byggeri efter forslag til ajourførte lydbestemmelser.

 angiver mulighed for besparelse

#### 4.1.2 Typeeksempel B – klasselokale

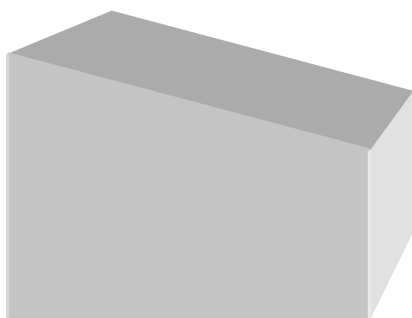
##### Beskrivelse af lokale

Figur 4.3 viser det valgte Typeeksempel B på en lokaleudformning for et klasseværelse, som det – i forskellige varianter – ses ved nybyggeri af skoler.

Klasselokalet er indrettet med et skrånende loft og med en stor loftshøjde, f.eks. af hensyn til dagslysprioritering, luftkvalitet og udnyttelse af naturlig ventilation.

Med et gulvareal på  $7,5 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}$  svarende til  $60 \text{ m}^2$  og en gennemsnitsloftshøjde for det skrå loft på ca.  $4,5 \text{ m}$  har klasselokalet et volumen på  $270 \text{ m}^3$ .

##### Figur 4.3 Typeeksempel B – klasselokale (ikke målfast skitse).



Som udgangspunkt er der regnet med, at lokalets facade og gangvæg udføres som lette pladebeklædte konstruktioner, mens der til de to gavlvægge mod andre klasselokaler benyttes tunge, massive konstruktioner. Vinduerne udgør  $17 \text{ m}^2$ . Det skrå loft forsynes med et nedhængt akustikloft, og gulvet udføres som gulv på strøer.

Ved vurderingen med hensyn til lydisolation ses på konsekvenserne af, at der i gangvæggen indbygges glaspartier mv.

##### Lydregulering

Klasserummet skal efter forslaget til fremtidens kravniveau udføres med en efterklangstid på  $0,6$  sekund (i alle oktavnåb i frekvensområdet  $125\text{-}4000 \text{ Hz}$ ), hvor lokalet indrettet efter dagens kravniveau skal opfylde  $0,9$  sekund (gennemsnitsværdi i frekvensområdet  $125\text{-}2000 \text{ Hz}$ ).

Med de valgte konstruktioner, herunder gulv på strøer, kan Typeeksempel B opfylde dagens krav med et almindeligt akustikloft med en smal fast frise. Ved udnyttelse af hele loftsarealet til effektive, frekvensmæssigt optimerede typer af akustiklofter vil det ajour-

førte krav kunne opfyldes ved at supplere med opsætning af ca. 30 m<sup>2</sup> effektiv vægabsorbent.

Da der, som nævnt tidligere, ikke regnes med markante forskelle på håndværkerpriser for forskellige typer af akustiklofter, bliver meromkostningerne ved nybyggeri efter forslag til fremtidens kravniveau begrænset til omkostningerne ved opsætning af ca. 30 m<sup>2</sup> absorberende på væggene.

Under de givne forudsætninger vurderes den samlede meromkostning til lydregulering ved nybyggeri af et klasselokale efter forslag til fremtidens kravniveau således at ligge på ca. kr. 15.700 for Typeeksempel B.

Typeeksemplets meromkostninger kan omregnes til en merudgift pr. etagemeter for nybyggeri på ca. kr. 260 pr. m<sup>2</sup> etageareal. Merudgifterne til lydregulering svarer således, jf. figur 4.4, til ca. 2,1 % af den samlede anslåede håndværkerudgift ved nybyggeri af en skole.

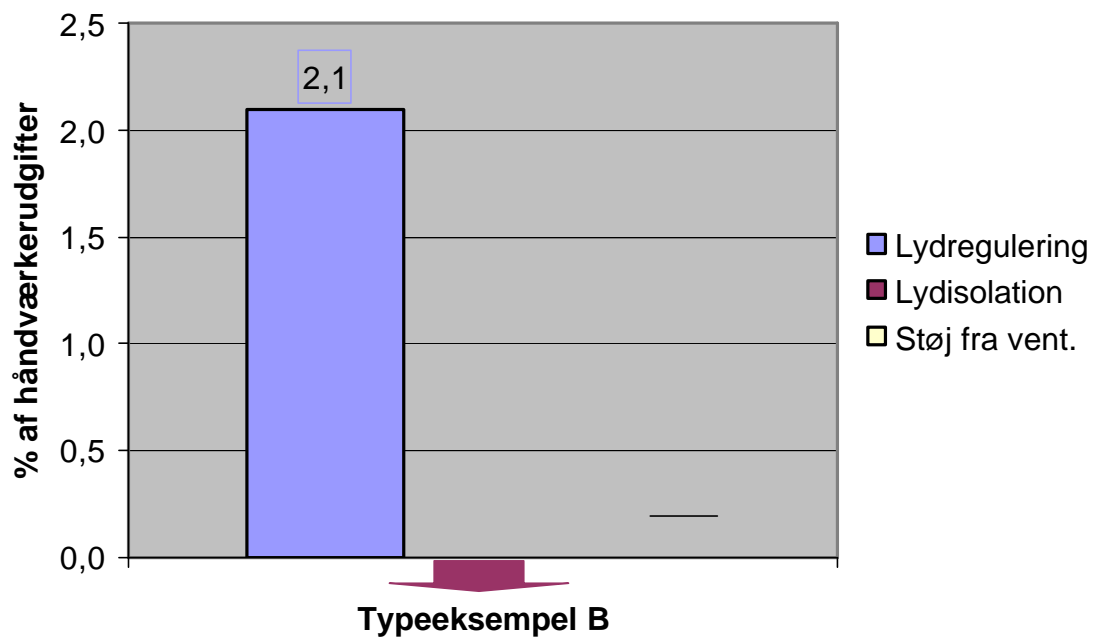
### *Lydisolation*

For denne type klasselokale er det valgt at se på konsekvenserne af de foreslåede ændringer af kravet til lydisolation mellem klasselokale og fællesrum med dørforbindelse.


Ønskes der f.eks. ud over døren en visuel forbindelse til fællesområderne gennem et lukket glasparti, vil kravet til luftlydisolation for væggen med dette glasparti efter de nugældende bestemmelser være 48 dB. Efter forslaget til fremtidens kravniveau medregnes også døren i den samlede luftlydisolation, og kravet er fastsat til 36 dB, svarende til kombinationen af de nuværende krav til vægge og døre for et gennemsnitligt arealforhold. Dette giver større muligheder for gennem valg af de enkelte delkomponenter (dør, glasparti og vægtype) og deres lydisolerende egenskaber at opfylde kravet til lydisolation også for sådanne mere utraditionelle udformninger af adskillelsen mellem klasse og fællesgang.

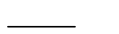
Ændringen af kravet til at gælde den samlede adskillelse vurderes at være omkostningsneutralt til besparende, men giver frem for alt større muligheder for indretninger med glaspartier, fleksible oplukkelige partier mv. mellem undervisningsrum og fællesgange.

Figur 4.4 Typeeksempel B – klasselokale.



Anslåede meromkostninger i procent af samlede håndværkerudgifter pr. etagemeter ved byggeri efter forslag til ajourførte lydbestemmelser.

 angiver mulighed for besparelse

 ikke vurderet

### 4.1.3 Typeeksempel C – åbent undervisningsområde

#### Beskrivelse af lokale

Som anført i Afsnit 3.2 er der eksempler, der peger på, at de åbne undervisningsområder er på vej ind i skolebyggeriet igen med risiko for en gentagelse af de tidligere oplevede støjproblemer med denne indretningsform.

Typeeksempel C repræsenterer således et åbent undervisningsområde med plant loft. En skitse af Typeeksempel C er vist på figur 4.5.

Eksemplet omfatter et deludsnit med et gulvareal på  $100 \text{ m}^2$  med en loftshøjde på 3,2 m, svarende til et volumen på  $320 \text{ m}^3$ .

I dette udsnit er der ud over en facade også regnet med yderligere en væg, begge udført af tunge, massive konstruktioner. Vinduerne udgør  $22 \text{ m}^2$ . Loftet forsynes med et nedhængt akustikloft, og gulvet er opbygget på strøer.

**Figur 4.5 Typeeksempel C – åbent undervisningsområde (ikke målfast skitse).**



#### Lydregulering

For store flade åbne lokaler er det ikke optimalt at fastsætte en absolut efterklangstid som krav, men der anvendes i stedet det ækvivalente absorptionsareal  $A$  i  $\text{m}^2$ -Sabine (summen af overfladernes areal ganget med deres absorptionskoefficient) som funktion af gulvarealet.

Åbne undervisningsområder skal efter dagens kravniveau have et absorptionsareal på mindst  $0,9 \times$  gulvarealet (gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125-2000 Hz). Blandt andet for at kunne overholde kravet til maksimal afvigelse fra gennemsnitsværdien er der for Typeeksempel C regnet med, at der ud over et frekvensmæssigt optimeret akustikloft skal benyttes ca.  $16 \text{ m}^2$  optimeret vægabsorbent på den indregnede vægflade.

Ved indretning efter forslag til fremtidens kravniveau skal der derimod tilvejebringes et absorptionsareal på  $1,3 \times$  gulvarealet (i alle oktavgbånd i frekvensområdet 125-4000 Hz). Dette krav kan næppe realistisk opfyldes uden etablering af et større antal supplerende lod-

rette flader, der herefter kan forsynes med absorbenter. Beregningerne tyder på, at yderligere op mod 85 m<sup>2</sup> lodrette flader skal forsynes med optimerede absorbenter. Dette kan f.eks. opnås med ”kassettelofter”, med et stort antal lodrette flader i loftet, som det er set ved de tidligere åbenplanskoler, samt ved indbygning af forskellige former for rumdelere, rum i rummet, fleksible adskillelser mv. med absorberende overflader.

Groft regnet kommer meromkostningerne ved nybyggeri efter forslag til fremtidens kravniveau til at svare til omkostningerne ved opsætning af ca. 85 m<sup>2</sup> vægabsorbent.

For Typeeksempel C kan meromkostningerne således omregnes til en merudgift pr. etagemeter på ca. kr. 440 pr. m<sup>2</sup> etageareal, svarende til ca. 3,5 % af den samlede anslåede håndværkerudgift ved nybyggeri af en skole, jf. figur 4.6.

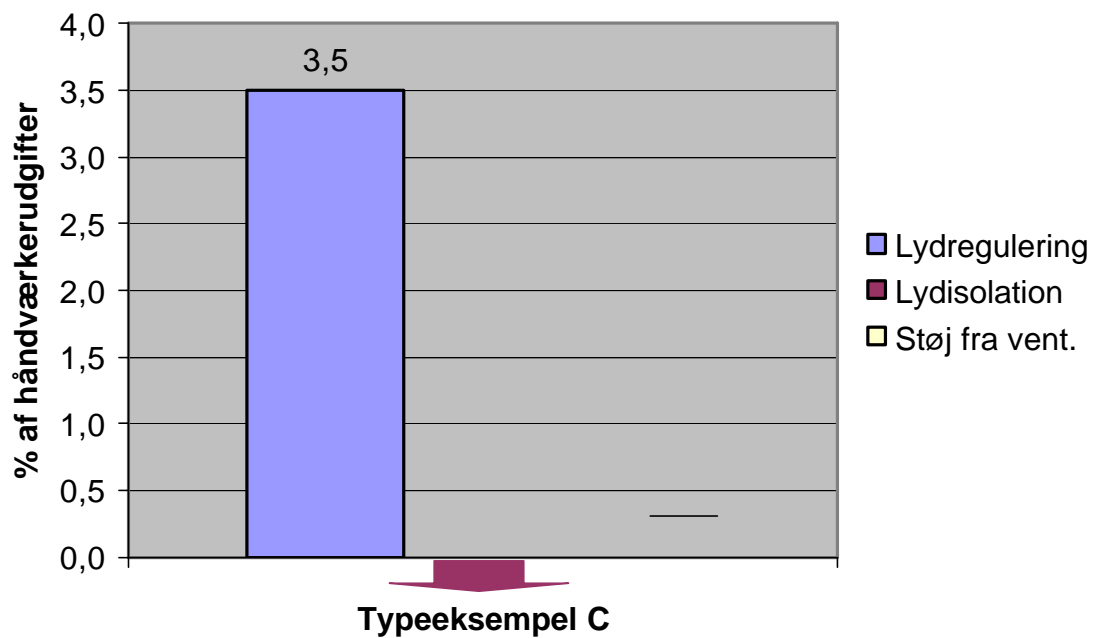
### *Lydisolation*

Etableres der i et åbent undervisningsområde en væg som adskillelse af en del af undervisningsområdet i forhold til en anden del af området, vil der principielt efter de nuværende bestemmelser være krav til luftlydisolationen som mellem undervisningsrum. Kravet på 48 dB vil typisk betyde, at der skal etableres en rigtig væg eller i hvert fald en ikke særlig fleksibel adskillelse.


Hvis det, der ønskes, blot er en let, fleksibel markering af rumgrænser, vil et 48 dB-krav typisk føre til dispensation eller fortolkning, så der slet ikke stilles krav til lydisolationen. Da krav til lydisolation mellem rum i undervisningsbyggeri er velbegrundede, og for at fremme brugen af rumdelere mv. for at bøde på de støjmæssige ulemper ved helt åbne undervisningsområder, er der i forslaget til fremtidens kravniveau indført en bestemmelse om, at fleksible rumadskillelser i åbne undervisningsområder skal have en luftlydisolation,  $R'_{w}$ , på mindst 20 dB.


Set i forhold til en overholdelse af dagens kravniveau på 48 dB, vil der her være tale om en ganske væsentlig besparelse ved at etablere glaspartier, foldevægge mv. med en lydisolation på 20 dB. Samtidigt sikres det, at adskillelsen leverer et minimum af lydisolation, der – selvom aktiviteter på den anden side af adskillelsen sagtens vil kunne høres – dog giver en rimelig dæmpning i relation til den visuelle åbenhed i den lette markering af nogle afgrænsninger.

Figur 4.6 Typeeksempel C – åbent undervisningsområde.



Anslåede meromkostninger i procent af samlede håndværkerudgifter pr. etagemeter ved byggeri efter forslag til ajourførte lydbestemmelser.

 angiver mulighed for besparelse

 ikke vurderet

#### 4.1.4 Typeeksempel D – fællesrum

##### Beskrivelse af lokale

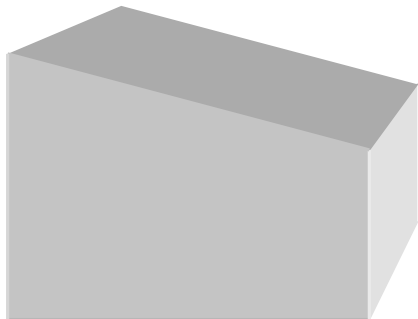
Figur 4.7 viser det valgte Typeeksempel D på en lokaleudformning for et fællesrum, som det kan forekomme som en del af fællesgange og/eller fælles opholdsarealer ved nybyggeri af skoler.

I flere nyere skolebyggerier ses sådanne fællesrum med stor loftshøjde som udvidelser af de mere traditionelle gangarealer. Under hensyn til fællesrummets størrelse og muligheder bliver aktiviteterne i rummet også anderledes og mere omfattende end i almindelige gangarealer.

Fællesrummet er som typeeksempel indrettet med et ensidigt skrånende loft.

Med et gulvareal på  $7,5 \text{ m} \times 9,0 \text{ m}$  svarende til  $68 \text{ m}^2$  og en gennemsnitsloftshøjde for det skrå loft på ca.  $4,5 \text{ m}$  har fællesrummet et volumen på  $304 \text{ m}^3$ .

**Figur 4.7 Typeeksempel D – fællesrum (ikke målfast skitse).**



Som udgangspunkt er der regnet med, at lokalets langvægge udføres som lette pladebeklædte konstruktioner, mens der til de to gavlvægge benyttes tunge, massive konstruktioner. Vinduer til det fri eller glaspartier mod andre lokaler udgør  $17 \text{ m}^2$ . Det skrå loft forsynes med et nedhængt akustikloft, og gulvet udføres som gulv på strøer.

##### Lydregulering

Fællesrummet vurderes efter dagens kravniveau at skulle indrettes, så det opfylder bestemmelsen for efterklangstid i fællesgange, da det ikke kan karakteriseres som et klasserum eller et åbent undervisningsområde. Det betyder, at fællesrummet kan udføres med en efterklangstid, der ikke overstiger 0,9 sekund (gennemsnitsværdi i frekvensområdet 500-3150 Hz).

Efter forslaget til fremtidens kravniveau er kravet til fællesgange skærpet betydeligt under hensyn til, at børnene ikke blot færdes der, men også arbejder og leger på disse arealer. Kravet til efterklangstid er for fællesgange således 0,4 sekund (i alle oktavniveauer i frekvensområdet 125-4000 Hz).

Det aktuelle Typeeksempel D hører dog til de større, højloftede fællesrum, for hvilke der i stedet stilles krav til absorptionsarealet. Ved indretning efter forslag til fremtidens kravniveau skal der således tilvejebringes et absorptionsareal på  $1,2 \times$  gulvarealet (i alle oktavniveauer i frekvensområdet 125-4000 Hz). Dette vil for et lokale med størrelse som Typeeksempel D stort set svare til en efterklangstid på 0,6 sekund.

Med de givne konstruktioner kan Typeeksempel D opfylde dagens krav til efterklangstid i fællesgange med opsætning af et almindeligt akustikloft.

Forslaget til fremtidens kravniveau i form af et absorptionsareal på  $1,2 \times$  gulvarealet kræver ud over en optimering af akustikloftet montering af ca.  $40 \text{ m}^2$  effektiv vægabsorbent.

Meromkostningerne ved nybyggeri efter forslag til fremtidens kravniveau svarer således til omkostningerne ved opsætning af ca.  $40 \text{ m}^2$  absorbent på væggene.

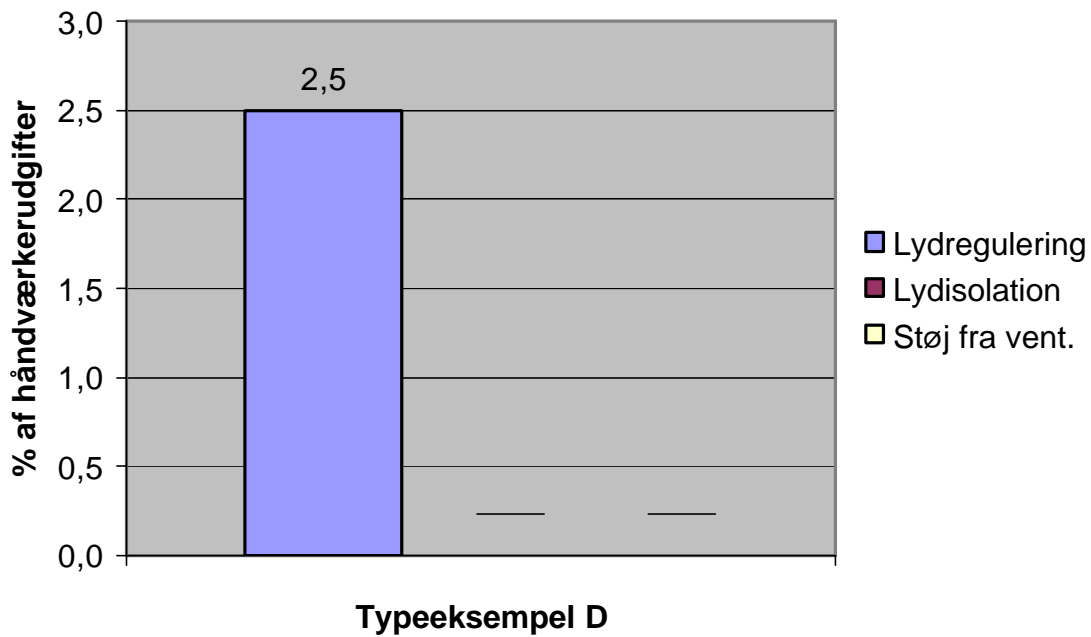
Under de givne forudsætninger vurderes meromkostningen til lydregulering ved nybyggeri af et større, højloftet fællesrum i undervisningsbyggeri efter forslag til fremtidens kravniveau således at ligge på ca. kr. 21.000 for Typeeksempel D.

Typeeksempellets meromkostninger kan omregnes til en merudgift pr. etagemeter for nybyggeri på ca. kr. 310 pr.  $\text{m}^2$  etageareal. Merudgifterne svarer således til ca. 2,5 % af den samlede anslåede håndværkerudgift ved nybyggeri af en skole, jf. figur 4.8.

### ***Lydisolation***

Med hensyn til lydisolation henvises til Typeeksempel B, hvor forholdene omkring de foreslåede ændringer af kravet til lydisolation mellem klasselokale og fællesrum med dørforbindelse er behandlet.

**Figur 4.8 Typeeksempel D – fællesrum**



*Anslåede meromkostninger i procent af samlede håndværkerudgifter pr. etagemeter ved byggeri efter forslag til ajourførte lydbestemmelser*

— ikke vurderet.

## 4.2 *Daginstitutioner*

### 4.2.1 *Typeeksempel E – mindre opholdsrum*

#### *Beskrivelse af lokale*

En skitse af Typeeksempel E er vist på figur 4.9. Eksemplet repræsenterer et opholdsrum til en mindre gruppe i en daginstitution.

Rummet har plant loft og måler 4,6 m × 5,2 m × 2,7 m, svarende til et gulvareal på 24 m<sup>2</sup> og et volumen på 65 m<sup>3</sup>.

Rummets vægge udføres som lette pladebeklædte konstruktioner. Rummet benyttes til stille aktiviteter. Loftet forsynes med et nedhængt akustikloft. Gulvet udføres som gulv på strøer.

**Figur 4.9 Typeeksempel E – mindre opholdsrum (ikke målfast skitse).**



#### *Lydregulering*

Opholdsrum i daginstitutioner skal efter dagens kravniveau have en efterklangstid på højst 0,6 sekund (gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125-2000 Hz). Dette kan for Typeeksempel E med de ovenfor beskrevne konstruktioner opnås med et almindeligt akustikloft, endda med faste friser.

Ved indretning efter forslag til fremtidens kravniveau skal efterklangstiden være 0,4 sekund (i alle oktavbånd i frekvensområdet 125-4000 Hz). Ved udnyttelse af hele loftsarealet til et almindeligt akustikloft og med opsætning af ca. 5 m<sup>2</sup> af en effektiv vægabsorbent kan dette opfyldes.

Idet der ikke regnes med meromkostninger til loftet, bliver forøgelsen ved nybyggeri efter forslag til fremtidens kravniveau begrænset til omkostningerne ved opsætning af ca. 5 m<sup>2</sup> absorbent på væggene.

Den samlede meromkostning til lydregulering ved nybyggeri af et mindre opholdsrum i en daginstitution efter forslag til fremtidens kravniveau vurderes således for Typeeksempel E at ligge på ca. kr. 2.600.

Typeeksempel E's meromkostninger kan omregnes til en merudgift pr. etagemeter for nybyggeri på ca. kr. 105 pr. m<sup>2</sup> etageareal. Merudgifterne til lydregulering svarer således til ca. 0,8 % af den samlede anslåede håndværkerudgift ved nybyggeri af en daginstitution, jf. figur 4.10.

### **Lydisolation**

Som nævnt i Afsnit 3.2 indeholder forslagene til fremtidens kravniveau til forskel fra dagens kravniveau bestemmelser med hensyn til lydisolation i daginstitutioner. Der er to kravniveauer, idet der skelnes mellem almindelige opholdsrum og opholdsrum til stille og/eller støjende aktiviteter.

Kravene til luftlydisolation mellem almindelige opholdsrum ( $R'_w \geq 40$  dB) skal sikre en rimelig lydmæssig adskillelse mellem aktiviteterne i forskellige rum. Kravet kan f.eks. opfyldes af almindelige lette kontorskillevægge med to lag gipsplade på hver side af et enkelt skelet og med mineraluld i hulrummet. Det vurderes, at sådanne konstruktioner svarer til, hvad der hidtil er blevet foreskrevet ved daginstitutioner, selv uden krav i Bygningsreglementet. Der forventes således ikke her at blive tale om nogen merudgift.

For almindelige opholdsrum med dørforbindelse skal luftlydisolationen være mindst 30 dB for den samlede konstruktion (væg med dør mv.). Dette vil i de fleste tilfælde kunne opnås med en ikke-lydklassificeret dør i en væg som beskrevet ovenfor og giver derfor ikke forøgede omkostninger.

Rumadskillelser ved opholdsrum for stille og/eller støjende aktiviteter skal derimod udføres, så der tilvejebringes en luftlydisolation,  $R'_w$ , på mindst 48 dB. Dette svarer til kravet mellem undervisningsrum og vil for lette vægge normalt kræve delvist adskilte stolpeskeletter. Dette vil medføre en meromkostning. Anvendes derimod tunge massive vægge som teglstensvægge eller betonavægge, vil disse som udgangspunkt kunne opfylde et 48 dB-krav.

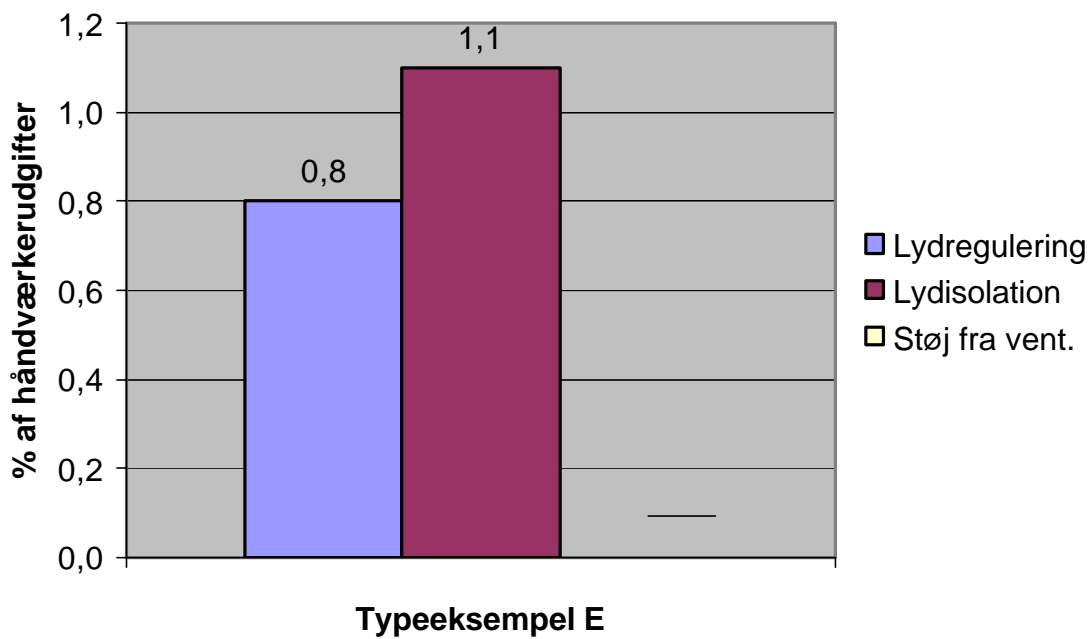
Med dørforbindelse skal den samlede luftlydisolation,  $R'_w$ , for væg og dør mv. være mindst 40 dB. Det vil i de fleste tilfælde kunne opfyldes med en 35 dB-dør i en væg med en lydisolation,  $R'_w$ , på 48 dB. Hvis der ved opholdsrum for stille og/eller støjende aktiviteter med dagens kravniveau foreskrives ikke-lydklassificerede døre, vil der for at kunne opfylde fremtidens kravniveau her – ud over den ovenfor nævnte omkostning til forbedring af væggen – blive tale om en meromkostning svarende til merprisen for en 35 dB-dør i forhold til en ikke-lydklassificeret dør.

Med udgangspunkt i, at det mindre opholdsrum i Typeeksempel E skal anvendes til hvilerum, er der foretaget en vurdering af meromkostningerne til luftlydisolation ved indretning efter forslaget til fremtidens kravniveau. Det forudsættes, at de to gavlvægge skal opfylde  $R'_w \geq 48$  dB, og at den ene langvæg rummer en dør og derfor samlet skal opfylde  $R'_w \geq 40$  dB.

For vægarealerne vil meromkostningerne ved en let skillevæg, der opfylder et 48 dB-krav i forhold til et 40 dB-krav – som forventes at svare til, hvad der foreskrives i dagens byggeri – være af størrelsesordenen kr. 70 pr. m<sup>2</sup> vægflade, svarende til kr. 1.600 for typeeksemplets vægarealer. Hertil kommer merudgiften til en 35 dB-dør på kr. 1.800 i forhold til en ikke-klassificeret dør til ca. kr. 4.700 – som det benyttes i dag, hvor der ikke er krav til lydisolering. Samlet merudgift bliver herved kr. 3.400 eller ca. kr. 135 pr. etagemeter, svarende til meromkostninger på 1,1 % af den samlede anslåede håndværkerudgift ved nybyggeri af en daginstitution, jf. figur 4.10.

Med hensyn til trinlydniveau indeholder forslaget til fremtidens kravniveau lydbestemmelser, der for institutioner i flere etager svarer til de nuværende krav til etageboliger. Med tunge dækkonstruktioner vil dette typisk kræve, at der anvendes gulv på strøer eller andre svømmende gulvkonstruktioner. Det vurderes ikke, at der herved vil være væsentlige meromkostninger. I det valgte Typeeksempel E er der således – også af hensyn til lydreguleringen af rummet – allerede tale om et gulv på strøer, der som omtalt tidligere ikke forventes at være dyrere end en gulvkonstruktion, der kræver afretning på det tunge dæk.

Af hensyn til kravene til trinlydniveau fra gulve på samme etage skal gulvkonstruktionerne normalt afbrydes ved skillevægge og døre.

**Figur 4.10 Typeeksempel E – mindre opholdsrum.**

*Anslåede meromkostninger i procent af samlede håndværkerudgifter pr. etagemeter ved byggeri efter forslag til ajourførte lydbestemmelser.*

— ikke vurderet

#### 4.2.2 Typeeksempel F – opholdsrum

##### *Beskrivelse af lokale*

En skitse af Typeeksempel F er vist på figur 4.11. Eksemplet repræsenterer et opholdsrum beregnet til en gruppe i en daginstitution.

Opholdsrummet har plant loft og måler 6,7 m × 7,5 m × 3,0 m, svarende til et gulvareal på 50 m<sup>2</sup> og et volumen på 150 m<sup>3</sup>.

Rummets vægge udføres som lette pladebeklædte konstruktioner. Rummet er omgivet af opholdsrum og fællesrum. Loftet forsynes med et nedhængt akustikloft, gulvet udføres som gulv på strøer.

**Figur 4.11 Typeeksempel F – opholdsrum (ikke målfast skitse).**



##### *Lydregulering*

Opholdsrum i daginstitutioner skal efter dagens kravniveau have en efterklangstid på højst 0,6 sekund (gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125-2000 Hz). Med de valgte konstruktioner for Typeeksempel F opnås denne efterklangstid f.eks. med et almindeligt akustikloft på hele loftsarealet.

Kravet om en efterklangstid på 0,4 sekund (i alle oktavnåb i frekvensområdet 125-4000 Hz) ved indretning efter forslag til fremtidens kravniveau kan for Typeeksempel F opfyldes ved anvendelse af frekvensmæssigt optimerede typer af akustiklofter kombineret med ca. 13 m<sup>2</sup> af en effektiv vægabsorbent.

Uden meromkostninger til loftet bliver forøgelsen ved nybyggeri efter forslag til fremtidens kravniveau til lydregulering for et opholdsrum som Typeeksempel F begrænset til ca. kr. 6.800, svarende til omkostningerne ved opsætning af ca. 13 m<sup>2</sup> absorbent på væggene.

Typeeksempel F's meromkostninger til lydregulering kan omregnes til en merudgift pr. etagemeter for nybyggeri på ca. kr. 105 pr. m<sup>2</sup> etageareal, eller ca. 1,1 % af den samlede anslåede håndværkerudgift ved nybyggeri af en daginstitution, jf. figur 4.12.

### Lydisolation

Da typeeksemplets opholdsrum forudsættes omgivet af andre almindelige opholdsrum og fællesrum, er der ikke særligt skærpede krav til lydisolation. De foreslåede nye lydbestemmelser med hensyn til lydisolation for almindelige opholdsrum forventes, jf. ovenfor i Afsnit 4.2.1, ikke at medføre meromkostninger til lydisolerende foranstaltninger.

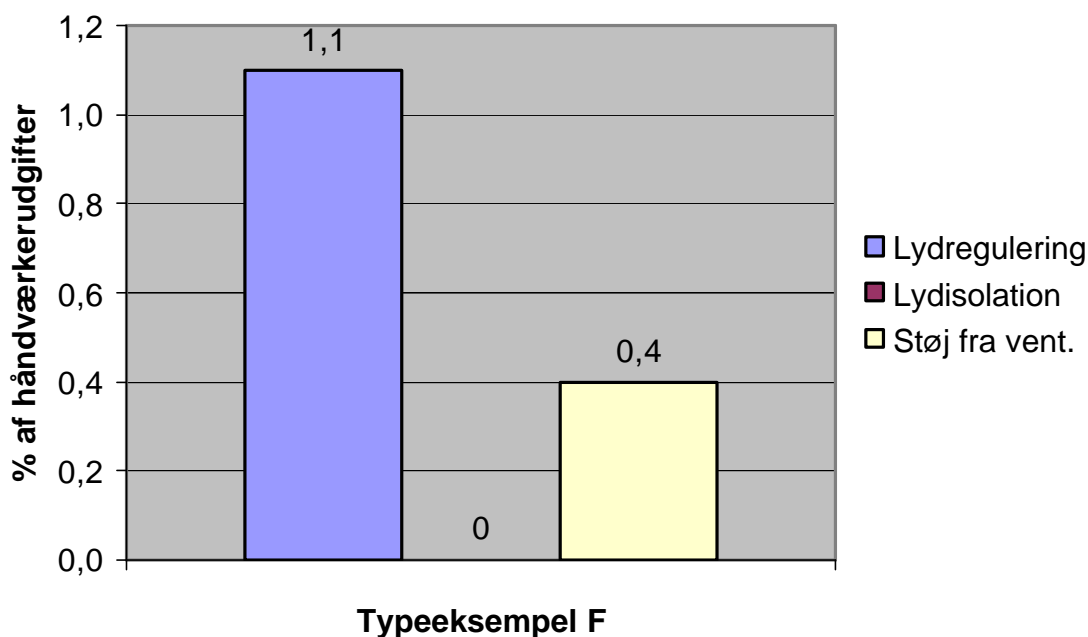
### Støjniveau

I forslaget til fremtidens kravniveau er der til forskel fra det nuværende Bygningsreglement, der ikke indeholder konkrete krav vedrørende støjniveau, en bestemmelse om, at det tilladelige støjniveau,  $L_{Aeq}$ , fra tekniske installationer og trafik ikke må overstige 30 dB.

Dette får specielt betydning for de mekaniske ventilationsanlæg i daginstitutionsbyggeriet. Idet det antages, at anlæg aktuelt udføres med projekteringsværdier på 35 dB, vil der være behov for ekstra lyddæmpere i kanalerne, når der bygges efter fremtidens kravniveau.

Med udgangspunkt i et ventilationsanlæg til ca. kr. 70.000 for et opholdsrum som Typeeksempel F vil merprisen for en reduktion af støjniveauet på 5 dB være kr. 2-3.000, svarende til en meromkostning på ca. 0,4 % af den samlede anslåede håndværkerudgift ved daginstitutionsbyggeri, jf. figur 4.12.

**Figur 4.12 Typeeksempel F – opholdsrum.**



*Anslåede meromkostninger i procent af samlede håndværkerudgifter pr. etagemeter ved byggeri efter forslag til ajourførte lydbestemmelser.*

### 4.2.3 Typeeksempel G – fælles opholdsrum

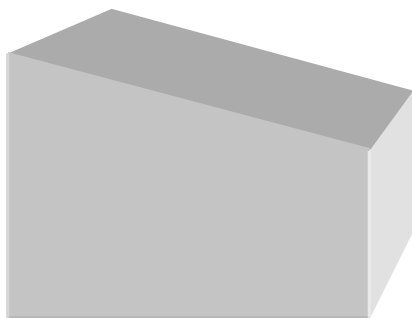
#### Beskrivelse af lokale

Figur 4.13 viser en skitse af Typeeksempel G, et fælles opholdsrum med højt til loftet. Rummet har ensidigt skrånende loft og forekommer – også med andre loftsudformninger – almindeligt som fælles opholdsrum i daginstitutionsbyggeri.

Det fælles opholdsrum har et gulvareal på  $60 \text{ m}^2$  ( $7,5 \text{ m} \times 8,0 \text{ m}$ ) og en gennemsnitlig loftshøjde på  $4,5 \text{ m}$ , svarende til et volumen på  $270 \text{ m}^3$ . Rumform og størrelse af Typeeksempel G svarer i øvrigt til udformningen af klasselokalet i Typeeksempel B.

Der er taget udgangspunkt i, at rummets vægge er udført som lette pladebeklædte konstruktioner. Rummet støder ikke op til rum med stille og/eller støjende aktiviteter. Loftet forsynes med et nedhængt akustikloft, og gulvet udføres som gulv på strøer.

**Figur 4.13 Typeeksempel G – fælles opholdsrum (ikke målfast skitse).**



#### Lydregulering

Opholdsrum, herunder fælles opholdsrum, i daginstitutioner skal efter dagens kravniveau have en efterklangstid på højst  $0,6$  sekund (gennemsnitsværdi i frekvensområdet  $125$ - $2000 \text{ Hz}$ ). For Typeeksempel G med lette vægge, gulv på strøer og akustikloft kan efterklangstiden holdes under  $0,6$  sekund med ca.  $10 \text{ m}^2$  effektiv vægabsorbent som supplement.

Ved indretning efter forslag til fremtidens kravniveau skal efterklangstiden være  $0,4$  sekund (i alle oktavbånd i frekvensområdet  $125$ - $4000 \text{ Hz}$ ). Selv med frekvensmæssigt optimerede typer af akustiklofter kræver dette for Typeeksempel G mindst  $64 \text{ m}^2$  effektive absorberter på væggene.

Meromkostningerne ved nybyggeri af et fælles opholdsrum som Typeeksempel G i en daginstitution efter forslag til fremtidens kravniveau vurderes at bestå i supplerende op-sætning af ca. 54 m<sup>2</sup> absorbent på væggene og ligger således på ca. kr. 28.300.

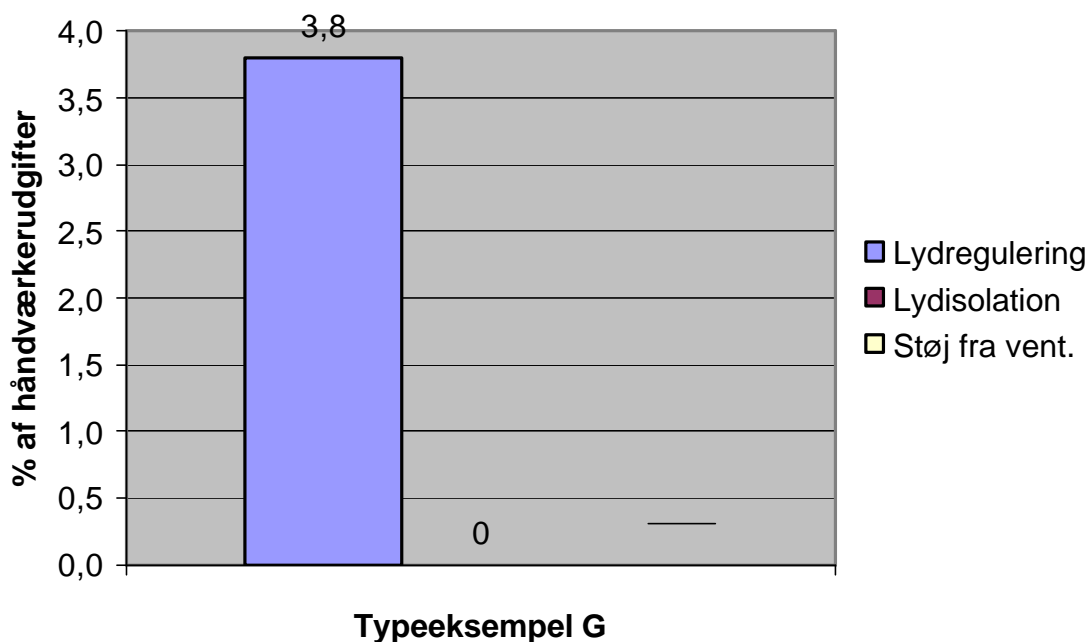
Typeeksempel G's meromkostninger til lydregulering kan omregnes til en merudgift pr. etagemeter for nybyggeri på ca. kr. 472 pr. m<sup>2</sup> etageareal. Merudgifterne svarer således, jf. figur 4.14, til ca. 3,8 % af den samlede anslåede håndværkerudgift ved nybyggeri af en daginstitution.

Havde typeeksemplets volumen været 30 m<sup>3</sup> større, ville lokalet falde ind under de lømpeligere vilkår for større, højloftede opholdsrum, jf. nedenfor vedrørende Typeeksempel H.

### Lydisolation

Med den givne forudsætning om, at typeeksemplets fælles opholdsrum ikke er omgivet af opholdsrum til stille og/eller støjende aktiviteter, vil de foreslåede nye lydbestemmelser med hensyn til lydisolation for almindelige opholdsrum, jf. ovenfor i Afsnit 4.2.1, ikke medføre meromkostninger til lydisolerende foranstaltninger.

**Figur 4.14 Typeeksempel G – fælles opholdsrum.**



Anslåede meromkostninger i procent af samlede håndværkerudgifter pr. etagemeter ved byggeri efter forslag til ajourførte lydbestemmelser.

— ikke vurderet

#### 4.2.4 Typeeksempel H – stort fælles opholdsrum

##### Beskrivelse af lokale

Typeeksempel H – et stort fælles opholdsrum – er vist på figur 4.15. Det store fælles opholdsrum vil kunne forekomme i større daginstitutioner, som et samlingspunkt og med muligheder for en række pladskrævende aktiviteter.

Det store, højloftede rum med skrå loftsflader til kip har en højde midt i rummet på 6,0 m. Ved væggene er loftshøjden 4,0 m. Gulvet har målene 10,0 m × 14,0 m, svarende til et gulvareal på 140 m<sup>2</sup>. Med en gennemsnitlig loftshøjde på 5,0 m får det fælles opholdsrum et volumen på 700 m<sup>3</sup>.

Rummets vægge tænkes udført som lette pladebeklædte konstruktioner. Loftet forsynes med et nedhængt akustikloft, og gulvet udføres som gulv på strøer.

**Figur 4.15 Typeeksempel H – stort fælles opholdsrum (ikke målfast skitse).**



##### Lydregulering

Alle opholdsrum i daginstitutioner skal efter dagens kravniveau i princippet uanset størrelse have en efterklangstid på højst 0,6 sekund (gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125-2000 Hz). Ligesom der for undervisningsbyggeri ikke er formuleret krav til store aulaer mv., er det også for store, højloftede fælles opholdsrum – på størrelse med halve gymnastiksale – i daginstitutioner ikke altid, at de opfattes som omfattet af Bygningsreglementets krav til efterklangstid i opholdsrum i daginstitutioner.

I forslaget til fremtidens kravniveau er der derfor – for at sikre gode lydforhold også i de store rum i daginstitutioner – medtaget et specielt krav til absorptionsareal for større, højloftede opholdsrum. Dette krav tager også højde for, at fremtidens kravniveau for efterklangstiden i opholdsrum i daginstitutioner på 0,4 sekund (i alle oktavnåb i frekvensområdet 125-4000 Hz) vil være krævende at opnå i store, højloftede rum.

Ved indretning efter forslag til fremtidens kravniveau skal der for opholdsrum med loftshøjde større end 4 m og rumvolumen større end 300 m<sup>3</sup> således tilvejebringes et absorptionsareal på  $1,2 \times$  gulvarealet (i alle oktavbånd i frekvensområdet 125-4000 Hz). Dette svarer for Typeeksempel H til en efterklangstid på ca. 0,7 sekund.

I forhold til dagens kravniveau er der således for Typeeksempel H ikke tale om en skærpelse af kravet til lydregulering. Der vurderes derfor ikke for dette typeeksempel at være nogen merudgift, men snarere mulighed for en besparelse, forbundet med overholdelse af forslaget til fremtidens kravniveau til lydregulering ved nybyggeri af en daginstitution.

### *Lydisolation*

Der er ikke foretaget en vurdering med hensyn til lydisolation for dette typeeksempel.

## 5. *Konklusion*

Der er gennemført en vurdering af konsekvenserne af, at kravniveauet for lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri ajourføres.

Vurderingen sammenligner indretning efter dagens kravniveau – de nugældende lydbestemmelser i Bygningsreglement 1995 – med indretning efter forslag til fremtidens kravniveau. Til brug for vurderingen er der i projektet – blandt andet med baggrund i tidligere gennemførte projekter – opstillet specifikke forslag til fremtidige lydbestemmelser for en række rumtyper i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri.

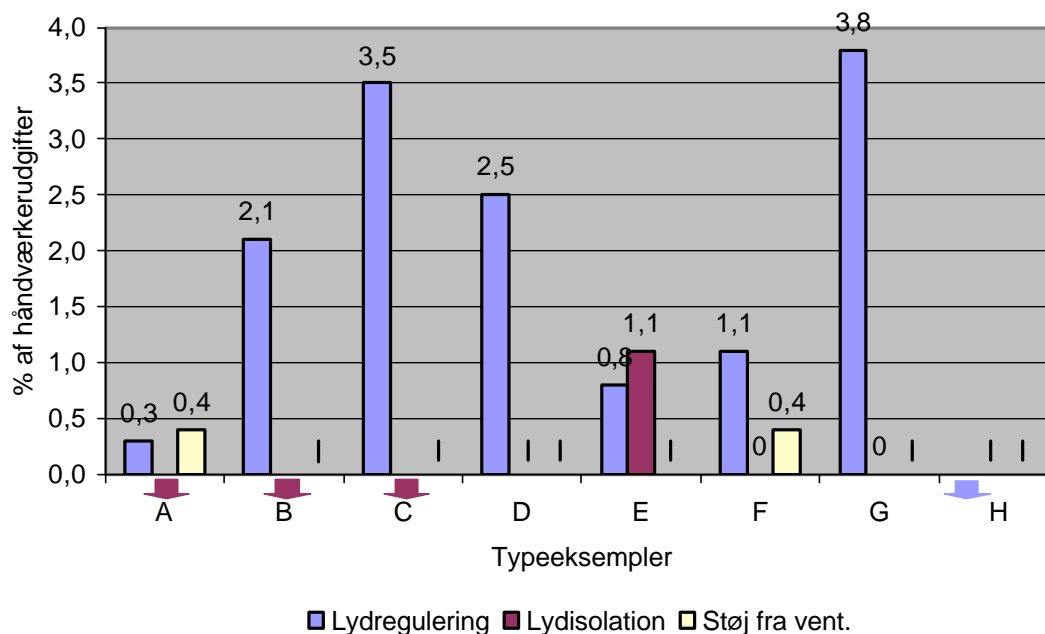
De økonomiske, byggetekniske og indretningsmæssige konsekvenser er analyseret for otte udvalgte typeeksempler med hensyn til lokaleudformning mv. Typeeksemplerne er konstrueret på baggrund af en gennemgang af konkrete lokaler i nyere skoler og daginstitutioner.

For alle typeeksemplerne omfatter analysen lokalernes lydregulering samt for enkelte typeeksempler også lydisolation mod omgivende lokaler og støjniveau fra ventilation. Projektet giver eksempler på de lydteknisk nødvendige konstruktioner og overflader, der skal anvendes for at opfylde de givne lydbestemmelser.

Meromkostningerne ved byggeri efter forslaget til ajourførte lydbestemmelser i forhold til det nuværende kravniveau er i figur 5.1 vist i procent af den anslåede samlede håndværkerudgift pr. m<sup>2</sup> etageareal ved nybyggeri af en skole eller en daginstitution.

De samlede meromkostninger forbundet med den foreslåede ajourføring af kravniveauet for lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri vurderes for alle de valgte typeeksempler at være under ca. 4 % af håndværkerudgiften pr. etagemeter.

Figur 5.1 Typeeksempler



Merudgifter ved byggeri efter forslaget til ajourførte lydbestemmelser i forhold til det nuværende kravniveau – i procent af anslåede samlede håndværkerudgifter pr. etagemeter ved nybyggeri af en skole eller en daginstitution. Beregnet ud fra anslåede meromkostninger for otte typeeksempler:

**Undervisningsbyggeri:**

A – klasselokale

B – klasselokale

C – åbent undervisningsområde

D – fællesrum

**Daginstitutionsbbyggeri:**

E – mindre opholdsrum

F – opholdsrum

G – fælles opholdsrum

H – stort fælles opholdsrum

↘ mulighed for besparelse

| ikke vurderet

## 6. Referencer

- [1] *Lydforhold i undervisnings- og daginstitutionsbyggeri*, By- og Boligministeriet, 1999. Udarbejdet af Dan Hoffmeyer, DELTA Akustik & Vibration.
- [2] *Lydforhold i heldagsklasser*, By- og Boligministeriet, 2000. Udarbejdet af Dan Hoffmeyer, DELTA.
- [3] *Bygningsreglement 1995*, Bygge- og Boligstyrelsen, 1995 (BR-95).
- [4] *Lyd- og støjforhold i skolelokaler – efterklangstid og akustisk regulering*, BYG-ERFA 2001, erfaringsblad 010302 udarbejdet af Claus Møller Petersen og Dan Hoffmeyer.
- [5] *Lydforhold i kontor-, daginstitutions- og skolebyggeri – Problemstillinger og handlingsmuligheder*, Bygge- og Boligstyrelsen, rev. 1996. Udarbejdet af Birgit Rasmussen og Jens Holger Rindel, Laboratoriet for Akustik, Danmarks Tekniske Universitet.