

**Kompendie om**

**LYD**

# Dampa akustik

**Dampas produkter giver stor mulighed for planlægning af det akustiske miljø i hvert enkelt rum.**

Alle Dampas akustiske loftstyper er gennemtestet m.h.t. indeklima og vil derfor ikke påvirke miljøet i de enkelte rum.

Dampas produkters lydmæssige egenskaber kan formes, så de passer til de stillede krav. Der kan ændres i perforeringsarealet og i perforeringsprocenten, der kan sammensættes perforerede og uperforerede elementer, der kan ekstra ilægges plastindpakket mineraluld og der kan ændres i nedhængningshøjden. Endvidere kan anvendelsen af andre loftsfaconer som f.eks. buer give ændrede akustiske egenskaber.

Ved planlægning af bygninger er det derfor vigtigt at der tænkes over de akustiske forhold allerede tidligt i byggefasen, hvor valget af byggematerialer sammen med rumform giver de grundlæggende akustiske forhold.

Forskellige rumformer og rumfunktioner kræver forskellige akustiske forhold.

Dette kompendie er et forsøg på af vise de forskellige krav samt Dampas muligheder for at påvirke de akustiske forhold.

Kopiering tilladt med kildeangivelse.

Dampa august 2002  
CSS

## Indholdsfortegnelse

<b>Grundlæggende begreber</b> .....	3
<b>Krav og anbefalinger til efterklangstider</b> .....	5
Bygningsreglementet BR 95 kapitel 9.....	6
Akustik i arbejdsrum.....	7
Anbefalede efterklangstider .....	8
<b>Planlæg med akustik</b> .....	9
Planlægning af akustiske forhold i projekteringsfasen .....	10
Materialer og akustik .....	10
Placering af lydabsorbenter .....	10
Rustikke flader .....	11
Reflekerende flader .....	11
LydbARRIERER .....	12
Krumme overflader .....	12
Sammenhæng mellem flere rum .....	12
Konkave og konvekse flader .....	12
<b>Efterklangstid og beregning af efterklangstid</b> .....	13
Manuel beregning af efterklangstid .....	14
EDB beregning af efterklangstid .....	15
EDB beregning af ækvivalent værdi .....	16
Beregning efterklangstider kontra måling i lokaler under 300 m <sup>2</sup> .....	17
Rumstørrelser over 300 m <sup>2</sup> – ækvivalent beregning .....	17
<b>Bygningsstøj</b> .....	18
Støj og støjkluder i bygninger .....	19
Høj frekvens, støj/lyd .....	19
Lav frekvens, støj/lyd .....	19
Dæmpning af støj ved at regulere efterklangstiden .....	20
Planlægning med støj .....	21
Omlyd – lydreduktion fra rum til rum .....	22
<b>Bilag</b>	
Database over absorptionskoefficienter.....	23

# Grundlæggende begreber

**Herunder gennemgås de oftest anvendte fagudtryk når der tales akustik.**

Absorption	At optage, opsuge. Lydabsorberende materialer kan opdeles i 3 hovedgrupper: 1. Porøse absorbenter (f.eks. mineraluld) 2. Membranabsorbenter (nedh. uperf. Dampa) 3. Resonansabsorbenter (nedh. perf. Dampa)
Absorptionskoefficient	En værdi for et produkts evne til at absorbere lyden i en given situation. Benævnes $\alpha$ = alfa. 0,0 er ingen absorption og 1,0 er total absorption.
Bygningsreglement	Dansk Bygningsreglement BR 95 angiver i kapitel 9 de efterklangstider der skal overholdes for forskellige rumtyper.
dB	Lydtrykkniveau udtrykt i dB (decibel). Eksempler: Taleniveau: 30-40 dB Motorvejsstøj: 70-80 dB Jetfly starter: 90-110 dB Smertegrænse: 120 dB Start af NASAs rumfærge 170-190 dB
Efterklangstid	Tiden i sekunder det tager lyden at forsvinde i et rum efter afbrydelse af lydkilden. "At falde 60 dB under begyndelsesværdien". Eksempel: Et alm. kontor har en efterklangstid på ca 0,6 sekund og en kirke uden mennesker ca 3,0 sekund – afhængig af rumvolumen.
Frekvens	Frekvens udtrykkes i Hz. Hz = svingninger pr. sekund Frekvenser anvendes i hele oktaver og 1/3.dels oktaver. Følgende er de internationalt anvendte frekvenser for hele oktaver: 125, 250, 500, 1.000, 2.000 og 4.000 Hz og for 1/3.dels oktaver: 100, 160, 200, 315, 400, 630, 800, 1.250, 1.600, 2.500 og 3.150 Hz.

Hz	<p>Svingning pr. sekund (Hertz).</p> <p>Hørbart område er 16-20.000 Hz. Eksempler:</p> <p>Rumlen v. vulkanudbrud: 0,005- 0,01 Hz</p> <p>Hjertelyd: 1-2 Hz</p> <p>Humblebi: 100-200 Hz</p> <p>Tale: 300-600 Hz</p> <p>Myg: 500-1000 Hz</p> <p>Græshoppe: 10.000-20.000 Hz</p> <p>Flagermus: 100.000 – 200.000 Hz</p>
Lydisolering	<p>Sikring af, at lyden "ikke slipper ud af rummet".</p> <p>Her gælder det om at have en tung konstruktion – jo tungere jo bedre. Støjdæmpning er ikke Dampas normale forretningsområde.</p>
NRC	<p>Noise Reduction Coefficient.</p> <p>Der er et gennemsnitstal for udvalgte frekvenser der er udarbejdet for at give en hurtig sammenlignelig <math>\alpha</math>-værdi.</p> <p>Den er mere upræcis end de enkelte værdier.</p> <p>NRC er ifølge ASTM (American Standard Testing Method) C 423.</p>
Ækvivalent værdi	<p>Det ækvivalente absorptionsareal er et udtryk for rummets samlede lydabsorptionsmængde. Det findes ved at gange de lydabsorberende fladers areal med deres absorptionskoefficient og derefter addere resultaterne for samtlige flader.</p> <p>Denne værdi bruges i.h.t. Arbejdstilsynets anvisning Nr 1.1.0.1. nov. 1995.</p>

# Krav og anbefalinger til efterklangstider.

I afsnittet gennemgås de krav der stilles til efterklangstider i BR 95.

Derudover gives anbefalinger til efterklangstider, hvor der ikke angives krav.

## 9.2 Beboelsesbygninger, hoteller, plejehjem, plejehjem m.v.

### 9.2.3 Efterklangstid.

*Stk 1. I trapperum med adgang til mere end 4 boligenheder skal der være en efterklangstid, hvis gennemsnitsværdi i frekvensområdet 500 - 3.150 Hz ikke overstiger 1,3 sekund.*

*Stk 2. I gange med adgang til mere end 2 boligenheder skal der være en efterklangstid, hvis gennemsnitsværdi i frekvensområdet 500 - 3.150 Hz ikke overstiger 0,9 sekund.*

## 9.3 Bygninger til undervisningsformål.

### 9.3.3. Efterklangstid.

*Stk 1. I trapperum og fællesgange skal der være en efterklangstid, hvis gennemsnitsværdi i frekvensområdet 500 - 3.150 Hz ikke overstiger henholdsvis 1,3 sekund og 0,9 sekund.*

*Stk 2. I klasserum bortset fra rum til sang og musik skal der være en efterklangstid, hvis gennemsnitsværdi i frekvensområdet 500 - 2000 Hz ikke overstiger 0,9 sekund .*

*Afvielser fra gennemsnitsværdien må ikke i noget frekvensinterval overstige 0,2 sekund.*

*Stk. 3. I klasserum for særundervisning skal der være en efterklangstid, hvis gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125 - 2000 Hz ikke overstiger 0,6 sekund, Afvielser fra gennemsnitsværdien må ikke i noget frekvensinterval overstige 0,2 sekund.*

*Stk. 4. I gymnastiksale med rumfang indtil 3.500 m<sup>3</sup> og i svømmehaller med et rumfang indtil 1.500 m<sup>3</sup> til undervisningsbrug skal der være en efterklangstid , hvis gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125 - 2000 Hz ikke overstiger henholdsvis 1,6 sekund og 2,0 sekund, Afvielser fra gennemsnitsværdien må ikke i noget frekvensinterval overstige 0,3 sekund.*

*Stk 5. I undervisningsområder beregnet til undervisning af flere klasser/grupper skal de rumbegrænsende loft-, gulv- og vægflader udføres af materialer med et lydabsorptionsareal, hvis gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125 - 2000 Hz er mindst 0,9 x gulvarealet. Afvielser fra gennemsnitsværdien må ikke i noget frekvensinterval overstige 0,2 x gulvarealet.*

## 9.4 Daginstitutioner.

*Stk. 1. I opholdsrum i daginstitutioner skal der være en efterklangstid, hvis gennemsnitsværdi i frekvensområdet 125- 2.000 Hz ikke overstiger 0,6 sekund.*

*(bestemmelsen omfatter børnehaver, vuggestuer, fritidshjem, skolefritidsordninger, daghjem fra ældre og lignende.)*

Ligesom beregning af efterklangstid, har vi et beregningsprogram der beregner efterklangstid samt afvigelser.

Måling af efterklangstid er beskrevet i Bygningsregulativets Bilag 4 side 174 "Efterklangstid".

**Akustik i arbejdsrum**  
AT anvisning nr. 1.1.0.1.

Vedr. lydforhold i arbejdsrum henvises til Arbejdstilsynets anvisning om Akustik i arbejdsrum Nr. 1.1.0.1 November 1995.

Specielt skal henledes opmærksomhed på at storrums kontorer med en volume på over 300 m<sup>3</sup> beregnes ud fra det ækvivalente areal der er til rådighed for lydabsorption set i forhold til gulvarealet. Denne regel medfører at der oftest er problemer med at opnå en tilfredsstillende lydabsorption, hvilket gælder for alle lydabsorberende produkter, uanset valg af materiale, idet der er et relativt lille areal til rådighed til at placere lydabsorbenter på i forhold til rummets volume.

Det skal således tilrådes at hele loftet dækkes med absorberende materiale, ligesom vægabsorbenter, absorbenter på søjler- bjælker samt evt. absorberende materiale på inventar eller i form af inventar anvendes som absorbent.

I denne beregning skal alle kendte materialer, møbler o.l. indgå, ligesom der skal tages konstruktive hensyn f.eks. indføjelse af bjælker som lydspærre o.l.



## Anbefalede efterklangstider.

Hvor der ikke er angivet krav, kan følgende anbefalinger anvendes.

De anbefalede efterklangstider er sammenskrevet dels fra SBI anvisning 137. samt anvisning G 421.429 fra Norges Byggeforskningsinstitutt.

Kontorer mindre end 75 m<sup>3</sup>.

Efterklangstid 0,5 - 0,8 sek.

Kan opnås med en middelabsorptionsfaktor på 0,5.

Konferencerum.

Efterklangstid 0,5 - 0,8 sek.

Loftflader over borde bør være lydreflekterende.

Korridorer.

Efterklangstid 1,0 sek.

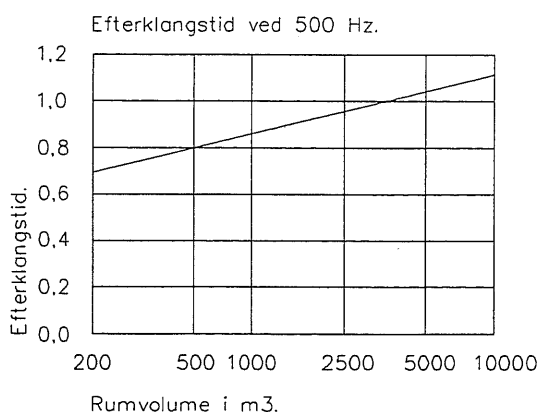
Auditorier, Teatre.

Ved middelfrekvens 500 Hz.

Rum volume 200 m<sup>3</sup> - 0,7 sek.

Derefter stigende med rummets størrelse ved eks.

10.000 m<sup>3</sup> - 1,1 sek.



Koncertsale.

Ved middelfrekvens 500 Hz.

Rum volume 10.000 m<sup>3</sup> - 1,5 sek.

Derefter stigende med rummets størrelse ved eks.

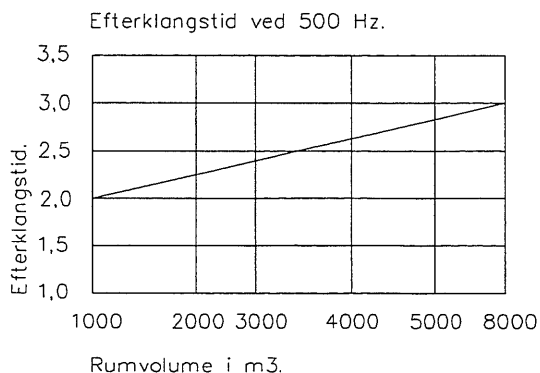
25.000 m<sup>3</sup> - 2,2 sek.

Kirker.

Ved middelfrekvens 500 Hz.

Rum volume 1.000 m<sup>3</sup> - 2,0 sek.

Derefter stigende med rummets størrelse ved eks. 8.000 m<sup>3</sup> - 3,0 sek.



# Planlægning med akustik.

Der bliver altid fokuseret på de akustiske forhold når et byggeri står færdigt, og de akustiske forhold viser sig at være for dårlige.

For at foregribe nogle af de projekterings fejl der kan opstå, gives der her nogle anvisninger på hvad der kan gøres.

Det skal her tænkes på at akustik er dels at fremhæve ønsket lyd og dæmpe uønsket lyd.

**Planlægning af akustiske forhold tidligt i projekteringsfasen.**

**Gode akustiske forhold** er hvor der er sammenhænge mellem brugssituationen for rummet og de akustiske forhold - hvor uønsket lyd er dæmpet og ønsket lyd er fremhævet.

**Lange efterklangstider** kan anvendes som informationsbærer f.eks. i receptioner, konferencesale, koncertsale o.l.

Lange efterklangstider kan ved forkert brug forårsage rum der virker meget støjende.

**Korte efterklangstider** anvendes hvor der er der er meget støj, og hvor tale information er uden betydning. Korte efterklangstider kan give unuancerede og "tørre" rum, og give fokus på interne generende lyde, idet udefrakommende lyde dæmpes væk.

Korte efterklangstider i normale kontorer dvs. under 0,3 sek. virker dødt.

**Anvendelse af akustik produkter.**

Alle de materialer der indgår i en bygning er styrende for akustikken.

Valg af materialer og rumform og brugen af rummet skal hænge sammen.

Akustik produkter bør kun anvendes til at finjustere lydforholdene.

**Efterstræb altid en lineær efterklangstid.**

Efterklangstiden skal altid tilpasses således at efterklangstiden i sekunder ved de forskellige frekvenser, ikke afviger afgørende fra hinanden.

## Materialer og akustik

**Materialers akustiske egenskaber skal understøtte hinanden.**

Planlægges med hårde basis materialer får man en "hård" akustik.

Planlægges med bløde materialer - får man en "blød" akustik.

**Efterklangstiden er summen af de indgående materialer samt deres placering.**

Ved planlægning af de akustiske forhold skal man altid vægte de valgte materialers lydabsorption, den aktuelle mængde, samt deres placering.

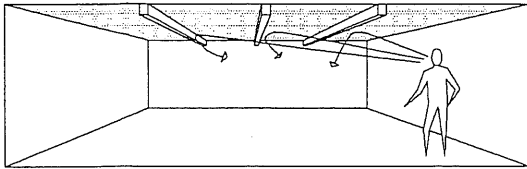
## Placering af lydabsorbenter.

**Højfrekvens absorbenter** skal fordeles over større flader, helst i hele rummets udstrækning.

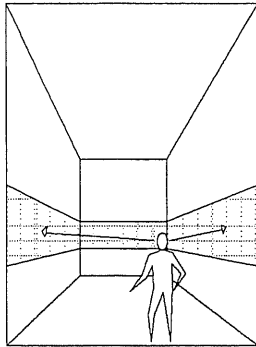
**Basabsorbenter** er ikke så afhængig af en jævn fordeling i rummet.

**Ved lavloftede rum** placeres absorbenterne jævnt over

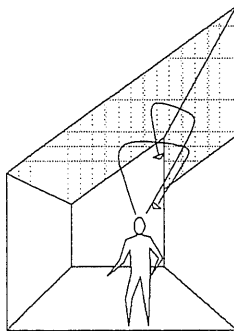
loftfladen.



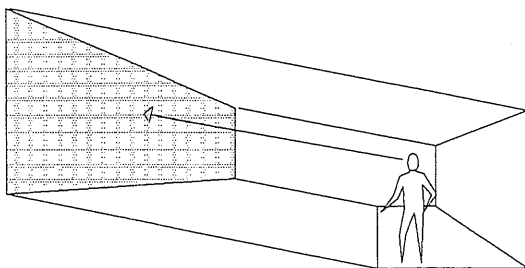
**I store lavloftede rum** bør der indlægges lydbarrierer f.eks. med bjælkekassetter, buer o.l. for at undgå at lyden "slår smut" henover loftfladen.



**Ved højloftede rum** placeres absorberne primært på væggene for at få den største mulige akustiske virkning.



**Placering af absorberer** sker ud fra princippet indfaldende lyd -udfaldende lyd. Absorberterne placeres der hvor der er størst risiko for refleksion fra uønskede støjkluder.



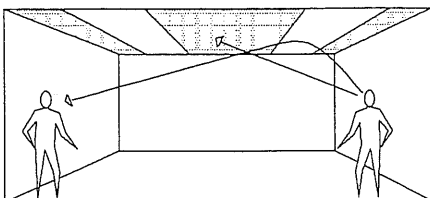
**Bagvæggen i auditorier** og lignende skal dæmpes så lyden ikke reflekteres tilbage til taleren.

**Rustikke flader.**

**Rustikke overflader** giver korte efterklangstider i de høje frekvenser.

**Reflekterende flader.**

**Stærkt reflekterende vægge, lofter** o.l. fås ved opbygning af 6 lag 12,5 mm gipsplader.

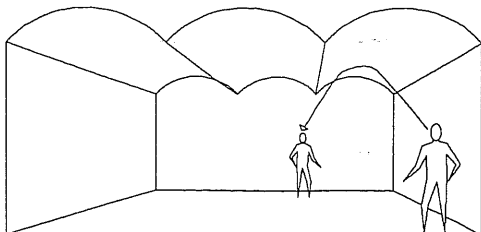


**Lofter over konference borde** talerstole o.l. skal være lyd reflekterende.

## Lydbarrierer.

I **større rum** skal der anvendes lydbarrierer f.eks. i form af kassetter eller andre 3 dimensionelle udragende former, for at forhindre at lyden slår smut henover loft og væg overfladen.

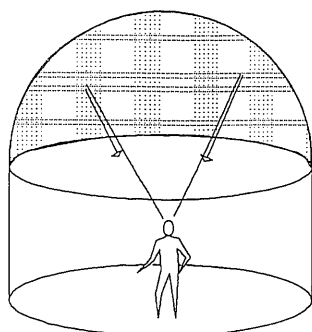
## Krumme overflader.



### Planlægning med buede lofter giver en masse ukendte faktorer.

Der kan ikke beregnes en absorptionsfaktor ligesom det er svært at forudsige hvor lyd ville kunne koncentreres. Der for er det vigtigt at der er akustikere inddraget ved rådgivningen.

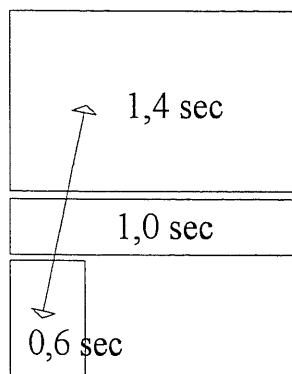
**Buede lofter** kan transformere og forstærke lyd i længderetningen.



**Kuppellofter** samler og forstærker lydtrykket i et punkt, dette punkt skal ligge enten over hovedhøjde eller spredes så meget at der ikke opstår et "brændpunkt" hvor lydtrykket er stort.

I kuppelformede rum kan lyden "løbe rundt" langs den buede flade, således at lyden kan høres når lyd giver og modtager begge er placeret tæt ved kuplen. Flytter man sig lidt ind i rummet mister man denne effekt.

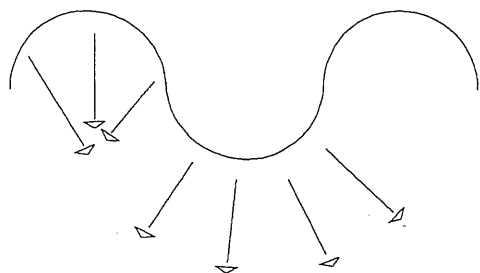
## Sammenhænge mellem flere rum



## Lydsluser

Ved flere sammenhængende rum med forskellige akustiske forhold, skal der i forbindelsen mellem rummene skabes en sluse, hvor overgangen mellem efterklangstiderne ligger som middel efterklangstiden.

## Konkave og konvekse flader



### Buede lofter og vægge kan give uens akustiske dæmpninger.

En opadgående bue samler lydtrykket mod et punkt, hvorimod en udadgående bue spreder lydtrykket. Forholdene kan være gældende på en konstruktion hvor der anvendes bølgede former

# Efterklangstid og beregning af efterklangstid.

Efterklangstid, er et udtryk for hvor lang tid i sekunder, en lydimpuls er for at tabe sin energi.

Efterklangstid bør variere efter et rums anvendelse.

For korte efterklangstider, kan give unuancerede rum.

For lange efterklangstider kan nedsætte taleforståeligheden.

Efterklangstider bør ikke afvige i de forskellige frekvensområder.

## Manuel beregning af efterklangstid.

Beregningen af efterklangstiden skal altid kun anvendes som vejledende.

Rumudformning, overfladernes diffusivitet o.l. kan man ikke beregne for.

Ønskes yderligere oplysning om beregning kan der henvises til SBI anvisning 137, rumakustik.

Beregn hvor stor en overflade i m<sup>2</sup> der er af de pågældende materiale, og indsæt det i kolonne S.

og  $\alpha$  er absorptions koefficienten for

i alle de angivende 1/1

Derefter beregnes S og  $\alpha$ , hvor S er arealet af materialet, materialet.

Beregningen sker for hvert materiale der indgår i rummet og oktaver.

Materiale	Areal	125	250	500	1000	2000	4000
	S	S x $\alpha$	S x $\alpha$	S x $\alpha$	S x $\alpha$	S x $\alpha$	S x $\alpha$
Summen A angiver absorptionen af de indgående materialer kaldes ækvivalente absorptionsareal.	A	A	A	A	A	A	A
Efterklangstiden T udregnes ud fra Sabins formel: $T = \frac{0,16 \times V}{A}$	T	T	T	T	T	T	T

V = Rummets volumen i m<sup>3</sup>

A = Ækvivalent absorptions areal.

For rum større end 1000 m<sup>3</sup> medregnes luftabsorptionen.

	125	250	500	100	2000	4000
25% RF	0,0	0,0	2,0	5,2	14,0	46,0
50% RF	0,0	0,0	1,6	4,0	9,6	24,4

## EDB beregning af efterklangstid.

Beregningseksemplet er udført på Dampas program i EXCEL regneark.

Dampa tilbyder vejledende beregninger af efterklangstiden ved anvendelse af vores loftsprodukter.

Beregningen er baseret på et normalt udseende lokale – cigarkasseformet.

Skemaet skal udfyldes med nedennævnte oplysninger, som er nævnt på eksemplet:

1. Projekt og rumangivelse.
2. Rum volumen indsættes i m<sup>3</sup>.
3. Flade nr ( findes under "DATA"-fanen i regneark og er også vist bagest i kompendiet) samt areal indsættes.
4. Efterklangstid for de hele oktaver samt gennemsnitlig efterklangstid udregnes automatisk.

### ① DAMPAs efterklingsberegning.

Byggesag: Brorsonsolen, Etape 3

Opgave: Grønne, Thorup & Jessen, Arkitektfirma maa

Opgave: Beregning af efterklangstid

Rum: Klasselokale 2 Volumen: 210 m<sup>3</sup>

Gennemsnitlig efterklangstid, 0,54 sek ④

Beregnet den. 07-08-02

Flade:	Areal:	Beskrivelse	125	Hz	250	Hz	500	Hz	1000	Hz	2000	Hz
[type]	[m <sup>2</sup> ]			Am <sup>2</sup>		Am <sup>2</sup>		Am <sup>2</sup>		Am <sup>2</sup>		Am <sup>2</sup>
32	70,0	Linoleum på beton	0,02	1,40	0,02	1,40	0,03	2,10	0,04	2,80	0,04	2,80
4	94,2	Blank mur med udfyldte fuger	0,06	5,65	0,06	5,65	0,10	9,42	0,10	9,42	0,12	11,30
20	23,4	Facadeparti med vinduer/dør	0,10	2,34	0,07	1,64	0,05	1,17	0,05	1,17	0,02	0,47
130	2,1	Dørhul mod garderobe	0,20	0,42	0,22	0,46	0,25	0,53	0,30	0,63	0,35	0,74
211	70,0	Dampa Clip-In ST-15, nedhængt	0,60	42,00	0,83	58,10	0,76	53,20	0,67	46,90	0,71	49,70
44	10,0	Bord med fineret træplade og stålben	0,02	0,20	0,02	0,20	0,03	0,30	0,04	0,40	0,05	0,50
41	20,0	Træ stole	0,01	0,20	0,01	0,20	0,01	0,20	0,02	0,40	0,04	0,80
		Efterklangstid		0,64		0,50		0,50		0,54		0,51

Vi gør opmærksom på, at de beregnede efterklangstider alene er at betragte som vejledende. Opmærksomheden henledes på, at beregningen er foretaget efter den generelt anvendte teoretiske beregningsmetode, som ikke i alle tilfælde vil svare eksakt til de faktiske forhold. Såfremt De måtte ønske en individuel, faglig vurdering, vil vi anbefale Dem at kontakte et rådgivende firma med akustiske speciale.



## Beregning af den ækvivalente værdi (A):

Beregningseksemplet er udført på Dampas program i EXCEL regneark.

Dampa tilbyder vejledende beregninger af efterklangstiden ved anvendelse af vores loftsprodukter.

Beregningen er baseret på et normalt udseende lokale – cigarkasseformet.

Skemaet skal udfyldes med nedennævnte oplysninger, som er nævnt på eksemplet:

1. Projekt og rumangivelse.
2. Gulvareal indtastes.
3. Minimum A der kræves (her 0,9 x gulvareal) udregnes iht. AT-anvisning nr 1.1.0.1 (se side 7) og  
Maksimal afvigelse +/- (her 0,2 ) fra gennemsnitlig ækvivalent værdi.  
Værdierne udregnes automatisk.
4. Flade nr. (findes under "DATA"-fanen i regneark og er også vist bagest i kompendiet) samt areal indsættes.
5. Efterklangstider for de hele oktaver, gennemsnitlig efterklangstid samt afvigelse fra gennemsnit udregnes automatisk for de enkelte frekvenser.

### DAMPAs efterklingsberegning. (Ækvivalente værdi)

1 Byggesag: Jordbrugsakademikernes Forbund

Opgave: Anslået lydberegning

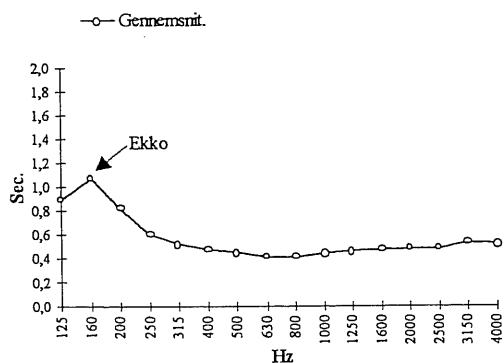
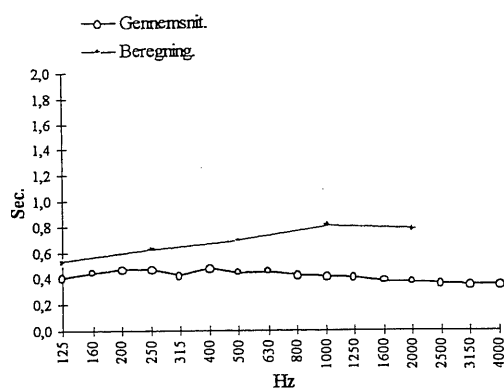
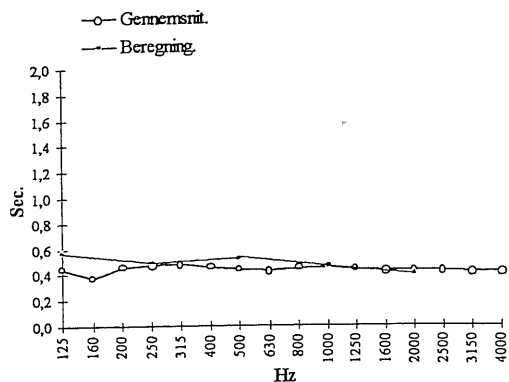
Rum: Administrationsområde Gulvareal: 162 m<sup>2</sup>  
Storrum 162 m2 - anslået rumhøjde 2500 mm Minimum: 145,8 Beregnet den. 07.08.02  
 Maks afv. ±: 29,16 3

Gennemsnitlig ækvivalente værdi 87,35 5

Flade:	Areal:	Beskrivelse	125	Hz	250	Hz	500	Hz	1000	Hz	2000	Hz
[type]	[m <sup>2</sup> ]			Am <sup>2</sup>		Am <sup>2</sup>		Am <sup>2</sup>		Am <sup>2</sup>		Am <sup>2</sup>
32	162	Linoleum på beton	0,02	3,24	0,02	3,24	0,03	4,86	0,04	6,48	0,04	6,48
20	24,3	Vindue m termo	0,10	2,43	0,07	1,70	0,05	1,22	0,05	1,22	0,02	0,49
3	65,7	Puds på beton	0,01	0,66	0,01	0,66	0,02	1,31	0,02	1,31	0,02	1,31
13	45,0	2x13mm gipsvæg m. 50mm min.uld	0,15	6,75	0,10	4,50	0,06	2,70	0,04	1,80	0,04	1,80
23	12,1	Bomuldsgardiner	0,30	3,63	0,45	5,45	0,65	7,87	0,56	6,78	0,59	7,14
42	3,0	Person på træ stol	0,15	0,45	0,30	0,90	0,44	1,32	0,45	1,35	0,46	1,38
43	14,0	Bogreol med bøger	0,05	0,70	0,10	1,40	0,15	2,10	0,25	3,50	0,35	4,90
44	7,0	Bord med fineret træplade og stålben	0,02	0,14	0,02	0,14	0,03	0,21	0,04	0,28	0,05	0,35
5	20,0	Puds på træforsk.	0,02	0,40	0,02	0,40	0,03	0,60	0,04	0,80	0,05	1,00
64	142,0	D-10 T N direkte monteret	0,04	5,68	0,21	29,82	0,43	61,06	0,80	113,60	0,84	119,28
Ækvivalente værdi			5	24,08		48,20		83,24		137,12		144,13
Afvigelse fra gennemsnit.				-63,28		-39,15		-4,11		49,76		56,78

Vi gør opmærksom på, at de beregnede efterklangstider alene er at betragte som vejledende. Opmærksomheden henledes på, at beregningen er foretaget efter den generelt anvendte teoretiske beregningsmetode, som ikke i alle tilfælde vil svare eksakt til de faktiske forhold. Såfremt De måtte ønske en individuel, faglig vurdering, vil vi anbefale Dem at kontakte et rådgivende firma med akustiske specialer.

## Efterklangstider -rumstørrelser mindre end 300 m<sup>3</sup>- Beregninger kontra målinger



## Rumstørrelser over 300 m<sup>3</sup> - ækvivalent efterklangstid.

Beregninger af efterklangstider vha. Sabins formel kan i de fleste tilfælde give et tilfredsstillende billede af et rums efterklangstid.

Rum som f.eks. kontorer, kantinearealer, undervisnings-lokaler hvor rum geometrien er ukompliceret - giver som regel en fin overensstemmelse mellem beregning og måling.

Måling: DG X 92101401.  
Ekspeditionslokale. - 450 m<sup>3</sup>.  
Viser et lokale med hårde materialer.

Der findes dog eksempler på hvor beregninger og målinger giver forskellige resultater.

Rum med fremspring, buede vægge - lofter, o.l. kan ikke beregnes ud fra Sabins formel. Resultatet bliver her for usikkert.

Bløde rum giver som regel større lydabsorption end den beregnede

Måling: DG X 93041401.  
Grupperum i børneinstitution - 112 m<sup>3</sup>.

Ekkoeffekter der altid en risiko for at der vil opstå. Det er kun i målingen det kan registers. Der kan selvfølgelig laves beregninger der viser ekkoeffekten, men en beregning vil være for uoverskuelig. Skulle der opstå ekkoeffekter indenfor et bestemt frekvensområde kan rumvolumen over loftet forandres f.eks. ved at indskyde plastemballeret mineraluld over akustik pladerne, eller ved at indskyde flere lydabsorbenter.

Måling: DG X 90090604.  
Møderum. - 50 m<sup>3</sup>.

I rumstørrelser over 300 m<sup>3</sup> vil man ved alle materialer kunne få problemer med at overhovedet at få nok lydabsorbende materiale ind i et rum.

Til store rum vil det derfor være hensigtsmæssigt at arbejde med lydbarrierer i form af nedhængende bjælker med absorberende materialer, vægabsorbenter, så store lydabsorbende flader som muligt.

# Bygningsstøj

Afsnittet beskriver støjtyper der er fremherskende i bygninger.

Støj defineres dels som :

Aktiviteten i rummet.

Aktiviteter uden for rummet der forplanter sig ind i rummet.

Der er således meget focus på støjproblematikken , så meget at der vil blive udarbejdet standarder der klassificerer de forskellige rumfunktioner i støjklasser ,således at det ikke kun er lydreduktion mellem 2 rum.

## Støj og støjkilder i bygninger

I bygninger forekommer støj på mange niveauer.  
Støj fra aktiviteterne i rummet.

- Støj fra tale.
- Støj fra maskiner.
- Støj fra bevægelse i rummet.
- Støj fra ventilation

Støj fra aktiviteter udenfor rummet der forplanter sig ind i rummet:

- Støj fra gang på trapper.
- Støj fra gangaktivitet udenfor rummet.
- Døre der smækker.
- Støj fra rum der grænser op til pågældende rum.
- Udefra kommende trafikstøj
- Udefra kommende vindstøj.

Forskellige støjformer påvirker mennesker forskelligt og er i mange sammenhænge med til at skabe et dårligt indeklima.

## Høj frekvens støj/lyd

Høje frekvenser opfattes med ørerne ,således ligger vores ørers mest følsomme høreområde indenfor 125 - 4000 Hz.

Ved påvirkninger med et lydtryk over 85 dB opstår der høreskader.

Eksempler på lyd i høje frekvenser:

- Tale 125 - 4000 Hz
- Maskinskrivning ca. 4000 Hz
- Printere ca. 4000 Hz.
- Pistolskud Ca. 1000 Hz.

Meget af den højfrekvensstøj der opleves i et rum bliver som regel frembragt inde i rummet, da lydbølgerne er relativt svage og derfor ikke kan trænge gennem normalt forekommende bygningsdele.

Dog kan der være tilfælde hvor lydindtrængningen sker gennem utætte fuger, man vil i de tilfælde kunne spore en mærkbar ændring af indtrængning af højfrekvent lyd ved at foretage tætninger.

## Lav frekvens støj/lyd.

I modsætning til høje frekvenser der opfattes med øret, opfattes lave delvist med øret og delvist med kroppen.

Lavfrekvens støj forekommer mest som eksternt indtrængende støj der forplanter sig gennem bygningskonstruktionerne

Støjen forekommer mest i lavfrekvensområdet 80 - 250 Hz.

Det er svært at komme lavfrekvens lyd til livs, idet lyden i de lave frekvenser indeholder store energimængder ,og derfor kan sætte konstruktioner i svingninger- tænk på bas musik.

Vibrationer kan kun dæmpes ved tunge bygningsdele

eller med plade absorberer.

Gipsplader kan derfor anvendes som lavfrekvens absorber.

De lave frekvensers indvirkning på os er ikke særlig godt beskrevet- men det ser ud som at lyd i lave frekvenser gør os sløve og søvnige.

En læge har fortalt at når man sidder i et rum hvor der arbejdes med ultralyd skannere er det ofte set ,at den pågældende person er faldet i søvn.

Mange bliver sløve ved kørsel i bil- hvilket mange børnefamilier har sandet især når den mindste ikke har kunnet falde i søvn.

En mørk stemme har en sløvende og beroligende effekt på os- hvilket bruges af hypnotisører.

Så det er tænkeligt at lavfrekvens lyd påvirker om vi er oplagt eller uoplagt.

Følgende skal nævnes hvorfra lavfrekvens lyd kommer:

- Ved gang på trappegange ved stiv konstruktiv forbindelse,giver støj i de lave frekvenser (80 - 500 Hz).
- Ved gang på trappe med konstruktiv blød forbindelse - Giver størst dæmpning i de høje frekvenser . Støj mellem 80 - 125 Hz.
- Ved gang på på trapper tæppe - Giver størst dæmpning i de høje frekvenser. Støj mellem 80 - 125 Hz.
- Ved gang på trægulve ,udsendes støj i de lave frekvenser. dvs. 125 - 250 Hz.
- Støj fra ventilationsanlæg er i frekvensområdet 200 - 250 Hz.
- Trafikstøj gennem termoruder ved ca. 200 - 250 Hz.
- Trafikstøj gennem koblede ruder ved ca. 125 Hz.
- Vindstøj ved kraftige vindstød. Ca. 125 Hz.

### Dæmpning af støj ved at regulere efterklangstiden.

Dæmpning af støj kan dels ske ved at konstruktivt at designe materialesammensætningen eller ved at regulere på efterklangstiden.

Ved at regulere efterklangstiden kan man påvirke støjniveauet.

$$10 \times \log \frac{\text{Nuv. Efterklangstid}}{\text{Beregnet efterklangstid}} = X \text{ dB}$$

Nedenstående formel viser hvorledes man kan beregne denne dæmpning.

Et eksempel et lokale har ved 500 Hz en efterklangstid på 1,4 sek. - den beregnede efterklangstid er ved installation af absorberer 0,6 sek.

Lydreduktionen bliver ved 500 Hz

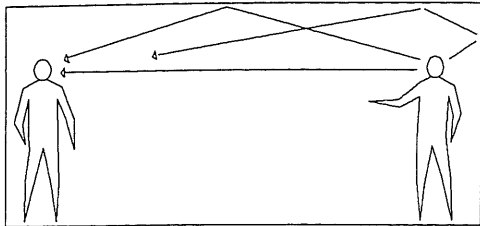
$$10 \times \log \frac{1,4 \text{ sek}}{0,6 \text{ sek}} = 3,7 \text{ dB}$$

Der opnås altså en lydreduktion på 3,7 dB.

Det betyder bare ikke at man opnår en lydreduktion på

3,7 dB i rummet, men at den reflekterende lyd dæmpes med 3,7 dB.

Den direkte lyd mellem lydkilde og den der opfanger lyden vil forblive den samme - og at lydtrykket ikke vil blive formindsket med 3,7 dB, men snarere måske med ca. 2 dB.



Dæmpningen er selvfølgelig ikke uden betydning ;men der er ikke tale om at lydabsorberende materialer kan skabe gode lydforhold i rum hvor lydtrykket som følge af støjende aktiviteter er højt, det skal gribes an på andre måder- lydabsorberende materialer på loft og væg kan kun afstemme rummets akustik i forhold til de anvendte materialer.

## Planlægning med støj

Det er meget på tale om at forsøge at nedbringe efterklangstiden i børneinstitutioner for at kunne nedbringe støjniveauet.

Således vil man gå fra 0,6 sek til 0,4 sek. i efterklangstid.

Problemet er blot at der er for mange børn samlet på et sted, og at alle måske vil have opmærksomhed i forhold til de voksne- det får man ,når man taler højt.

Hvis man har den fornemmelse at lyden ligesom bliver suget ud af munden ,grundet en for kort efterklangstid, samt en manglende feed back fra rummet( man vil også høre effekten af at man siger noget)- råber man højere.

Her kan i virkeligheden beskrives nogle uheldige planlægningsmæssige forhold ,der skal give dårligt akustisk indeklima.

Tænk derfor akustik tidligt i byggefasen.

Udefra kommende lave frekvenser dæmpes bedst ved konstruktivt at anvende tunge byggematerialer.

Interne lavfrekvenslyde dæmpes bedst ved anvendelse af gipsplademembraner eller ved spalteabsorption.

Udefra kommende høje frekvenser opnås bedst ved at tætte konstruktionerne.

Interne højfrekvenslyde dæmpes bedst ved at anvende perforerede gipsplader evt. kombineret med lydbarrierer og udspring.

Lydbarrierer i form af skærmvægge ol.der kan give "lydskygger".

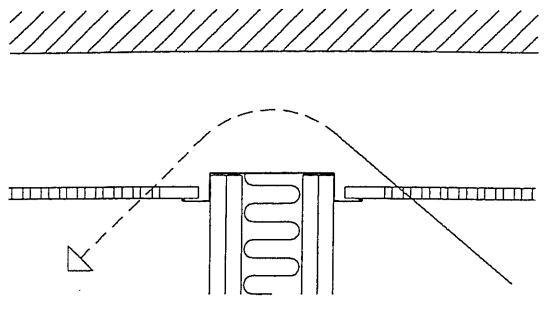
Støjende aktiviteter afskærmes fra mindre støjende aktiviteter.

## Lydreduktion ved omlyd.

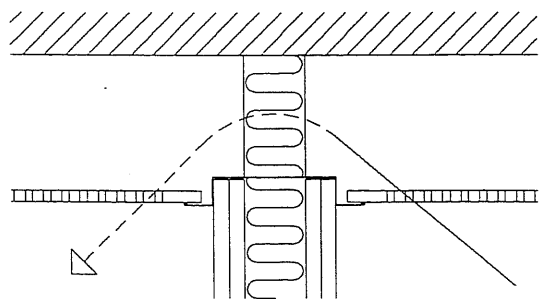
Som vist på skitsen, er der ved skillevægge der kun går op til det nedhængte loft, risiko for at der opstår generende omlyd.

Nedennævnte værdier forudsætter en væg med en  $R_w$  værdi på 44 dB og et ovenfor liggende etagedæk i beton.

Omlydens reduktion er ligefrem proportional med loftets vægt – jo tungere loft jo mindre omlyd.



Lydreduktionstallet  $R'_w$  er ca 20 dB for et Dampa loft er vist på skitsen. Det uperforedede er en anelse højere end det perforerede.



Såfremt der opbygges en lydbarriere af 2x50 mm mineraluld mellem væg og dæk opnås en reduktion på ca:  $R'_w$  30 dB.

Database over materialer til efterklangsberegninger.							Rev.:	8-10-96
Nr	Beskrivelse	125	250	500	1000	2000	4000	Lang beskrivelse
<b>VÆGGE:</b>								
1	Umalet beton	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05	
2	Malet glat beton	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	
3	Puds på beton	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	
4	Blank mur	0,02	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06	
5	Puds på treforsk.	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	
6	Mængdehulsten med 50mm mineraluld	0,45	0,99	0,80	0,49	0,70	0,55	
7	Gasbeton	0,07	0,04	0,08	0,08	0,15	0,27	
8	Letbeton	0,10	0,20	0,40	0,60	0,50	0,60	
9	Fliser	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	
10	Marmorfliser	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	
11	Spånplader m. 50mm min.uld	0,12	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	
12	Trepænder med 8 cm luft bagved	0,30	0,25	0,20	0,17	0,15	0,10	
13	2x13mm gipsvæg m. 50mm min.uld	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05	
14	1x13mm gipsvæg uden min.uld	0,08	0,11	0,05	0,03	0,02	0,03	
15	1x13mm gipsvæg m. 100mm min.uld	0,30	0,12	0,08	0,06	0,06	0,05	
<b>DØRE/VINDUER:</b>								
20	Vindue m termo	0,10	0,07	0,05	0,05	0,02	0,02	
21	Massiv dør	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10	
22	Let dør	0,25	0,20	0,15	0,10	0,08	0,07	
23	Bomuldsgardiner	0,30	0,45	0,65	0,56	0,59	0,71	
24	Fortræksgardiner	0,06	0,10	0,38	0,63	0,70	0,73	
<b>GULVE:</b>								
30	Tregulv på stroer	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07	
31	Parquetgulv på beton	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07	
32	Linoleum på beton	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	
33	Vinyl på beton	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	
34	Nåleflit på beton	0,03	0,04	0,07	0,19	0,40	0,47	
35	Klinkegulv	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	
36	5mm gulvtæppe	0,04	0,08	0,15	0,50	0,52	0,54	
<b>INVENTAR/GENSTANDE:</b>								
40	Polstrede stole	0,35	0,36	0,38	0,39	0,40	0,36	
41	Tre stole	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	
42	Person på tre stol	0,15	0,30	0,44	0,45	0,46	0,46	
43	Bogreol med boger	0,05	0,10	0,15	0,25	0,35	0,40	Deko mappe jan. 89
44	Bord med fineret træplade og ståben	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	Deko mappe jan. 89
<b>DANOGIPS LOFTER:</b>								
50	Frise af glat gips	0,29	0,10	0,05	0,04	0,07	0,09	
51	Markant 600, G1, nedh. 54mm	0,15	0,40	0,60	0,70	0,65	0,50	Måling SPF30382-14
52	Markant 600, G1, nedh. 100 mm	0,30	0,50	0,70	0,70	0,60	0,55	Beregning /EI
53	Markant 600, G1, nedh. 200mm	0,45	0,70	0,75	0,65	0,65	0,60	Måling SPF nyt katalog
54	Markant 600,G1, nedh. 500mm	0,55	0,70	0,65	0,60	0,60	0,55	Måling SPF30382-06
55	Markant 600, G4L, nedh. 200mm	0,45	0,60	0,60	0,50	0,50	0,45	Måling 93041603
56	Markant 600, G4F-G3L, nedh. 200mm	0,50	0,50	0,55	0,45	0,40	0,40	Måling 93042602
57	Markant 600, G3F, nedh. 200mm	0,40	0,45	0,45	0,35	0,30	0,25	Måling 93042606
58	Markant 600, G1, nedh. 300mm, 10mm min.	0,55	0,65	0,55	0,45	0,40	0,40	Måling LI 949/85-3
<b>ÅBNINGER:</b>								
130	Vindues åbning	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
131	Ventilationskanal-åbning	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	
181	Rockfon Rutex C, nedh.300mm	0,59	0,68	0,66	0,72	0,74	0,79	apr-94
182	Rockfon Ny Plano kant A+F, nedh. 200mm	0,32	0,62	0,62	0,61	0,80	0,81	okt-93
183	Rockfon Sonar kant B direkte montage	0,10	0,30	0,70	0,32	0,83	0,70	Feb. 95.
185	Rockfon Plano, nedh. 200mm	0,5	0,5	0,50	0,60	0,75	0,75	okt-93
186	Rockfon Fibra!, nedh. 200mm	0,38	0,75	0,95	0,70	0,80	1,00	okt-93
187	Rockfon Crystal, nedh. 200mm	0,38	0,78	0,95	0,75	0,85	0,85	okt-93
188	Rockfon Hygienic 20mm, nedh. 200mm	0,35	0,80	1,00	0,80	0,98	1,00	okt-93
192	25 mm Træbeton, direkte på beton.	0,08	0,11	0,18	0,50	0,80	0,72	
201	25 mm Troldtekt, grov, nedh. 200 mm	0,17	0,29	0,35	0,29	0,42	0,67	
<b>Planostile:</b>								
210	PlanoStile akustik D-perf	0,61	0,82	0,70	0,66	0,69	0,66	Oplyst af ARC 06.04.95
211	PlanoStile akustik E-perf 300 mm	0,60	0,83	0,76	0,67	0,71	0,72	
220	Luftabsorption 30%			1,60	4,00	9,60	24,40	
221	Luftabsorption 25 %			2,00	5,20	14,00	46,00	
222	Vandoverflade (svømmebassin)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	
<b>DAMPA</b>								
223	D-Clip-In 600x600 Type AL-15, 300 mm nedh. fuldperf.m.bord-01,8mm	0,45	0,80	0,66	0,66	0,65	0,69	NRC 0,71 18.11.1988 LI3/87 STP 100/83
224	D-Clip-In 600x600 Type AL-23, 400 mm nedh. - 9 felter - Ø 6,0 mm hul	0,56	0,82	0,59	0,66	0,70	0,56	NRC 0,69 20.09.1998 Fberg:Lfd.nr. 8257
225	D-Clip-In 600x600 Type AL-35 SK, 200 mm nedh.fuldperf. - Ø 1,1 mm huller	0,28	0,64	0,92	0,66	0,70	0,73	NRC 0,74 25.04.1998 Fberg:Lfd.nr.30085.1
226	D-Clip-In 600x600 Type AL-35 SK, 400 mm nedh. fuldperf.	0,44	0,70	0,59	0,69	0,77	0,70	NRC 0,71 25.04.1998 Fberg:Lfd.nr. 30085
227	D-Clip-In 600x600 Type ST-15, 400 mm nedh.	0,81	0,75	0,62	0,67	0,68	0,68	NRC 0,70 05.02.2000 Fberg:Lfd.nr. 5241
228	D-Clip-In 600x600 Type ST-15, 800 mm nedh.	0,51	0,63	0,63	0,67	0,73	0,71	NRC 0,67 15.02.2000 Fberg:Lfd.nr. 5241.1
229	D-Clip-In 600x600 Type ST-23, 400 mm nedh. - fuldperf. -Ø 6,0 mm huller	0,49	0,80	0,57	0,69	0,72	0,66	NRC 0,71 20.09.1998 Fberg:Lfd.nr. 8257.1
230	D-Clip-In 600x600 Type AL-15, 300 mm nedh. + 12 mm uld 34kg/m3	0,48	0,95	0,74	0,79	0,83	0,85	01.11.1988 Dampa Lydlaboratorium
231	D-Clip-In 600x600 Type AL-15, 300 mm nedh. + 24 mm uld 34 kg/m3	0,55	0,98	0,80	0,88	0,94	0,89	01.11.1988 Dampa Lydlaboratorium
232	D-Clip-In 600x600 Type AL-0, 300 mm nedh.	0,40	0,18	0,06	0,00	0,00	0,03	17.11.1988 LI 5/87 STP 100/85

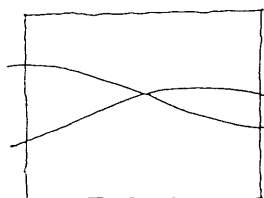


# ABSORBENTTYPER

## MINERALULD SOM ABSORBENT

Kombinationen af perforerede gipsplader påmonteret med plastemballeret mineraluld anvendes i loftkassetter brandgodkendt som klasse I beklædninger.

I konstruktioner med f.eks. 200 mm mineraluld, forskalling og dampbremse giver lofterne en god lydabsorption, specielt i de lave frekvenser. Andre loftkonstruktioner med en hulrumsdybde under 50 mm og ovenfor liggende betondæk, kan loftkassetter med påmonteret mineraluld med fordel bruges hvor der ønskes en jævn lydabsorption i næsten hele frekvensområdet.

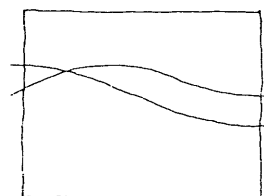


50 mm mineraluld  
200 mm mineraluld

## LYDDUG SOM ABSORBENT

Perforerede gipsplader med pålimet lyddug anvendes primært som konstruktionsprincip i nedhængte loftkonstruktioner.

Fordelen ved loftkassetter af denne type er af lydabsorptionen er bredbåndet og derfor kan anvendes til de fleste lydregulerende opgaver. Loftkassetter monteret på forskalling med mineraluld og dampspærre giver derudover en god lydabsorption i de lave frekvenser.



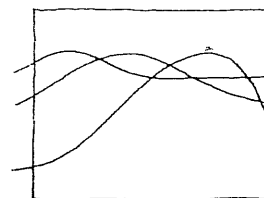
200 mm hulrum  
Plader på forskalling

## HULRUMMETS BETYDNING

Hulrumsdybden bagved loftkassetterne er bestemmende for hvor toppunktet for den maksimale lydabsorption befinder sig.

Ved små nedhængningshøjder forskydes den maksimale lydabsorption mod de høje frekvenser, samtidig er der en tendens til at lydabsorptionen sker indenfor et snævert område.

Store nedhængningshøjder giver en bredbåndet lydabsorption med en tendens til lydabsorptions toppunktet forskydes til de lave frekvenser.



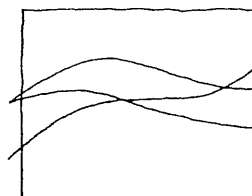
500 mm hulrum  
200 mm hulrum  
50 mm hulrum

## PERFORERINGS PROCENTEN

Perforerings procenter mellem 10-15 giver en maksimal lydabsorption i hele frekvensområdet.

Perforeringsprocenter mellem 0-10 procent giver en god lydabsorption i de lave frekvenser.

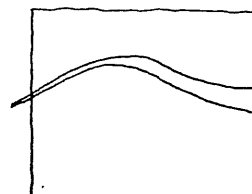
Perforeringsprocenter over 15 procent giver en god lydabsorption i de høje frekvenser.



20 % perforering  
10 % perforering  
5 % perforering

## PERFORERINGENS STØRRELSE

Standardperforering med  $\varnothing$  6mm perforeringshuller giver en god lydabsorption i hele frekvensområdet. Bibeholdes perforeringsprocenten og hulstørrelsen forøges, falder lydabsorptionen i de høje frekvenser. Ønskes en lydabsorption der svarer til standardperforeringen skal perforeringsprocenten øges.



små huller  
store huller