

AKUSTIK GUIDEN ARKITEKTUR DESIGN LYD RUMAKUSTIK

TILPASSET BR18 | KONTORER | UDANNELSESINSTITUTIONER | DAGINSTITUTIONER | HOSPITALER

INDHOLDSFORTEGNELSE

■ MYNDIGHEDSKRAV OG FAKTA	Side 2
■ UNDERVISNINGSBYGNINGER	Side 6
■ DAGINSTITUTIONSBYGNINGER	Side 14
■ HOSPITALER	Side 18
■ KONTORBYGGERI	Side 20
PRODUKTION	Side 24
■ BOLIGER	Side 28
■ VEJLEDNING	Side 34
RUMAKUSTIK OG MYNDIGHEDSKRAV	Side 34
AKUSTISK DESIGN AF RUM	Side 36
NUANCERET RUMAKUSTIK	Side 38
PSYKOAKUSTIK	Side 40
KVALITETSSIKRING	Side 42
AKUSTISK ORDLISTE	Side 44
□ KONTAKT	Side 52
□ REFERENCELISTE	Side 54
□ EGNE NOTER	Side 56

1 AKUSTIKGUIDE

Ny version i henhold til Bygningsreglementet 2018
Her finder du de nye myndighedskrav samt anbefalinger til netop den rumtype, du skal arbejde med.

Denne guide beskriver myndighedskravene til akustikken i forskellige bygninger. Myndighedskravene er beskrevet i Bygningsreglementet 2018 samt i tilhørende vejledninger. Du kan dog godt overholde de gældende myndighedskrav uden at få det ønskede akustiske miljø.

Derfor har vi tilføjet en beskrivelse af lydmiljøet i hver rumtype og anbefalinger til, hvordan du kan designe et godt akustisk indeklima i lige netop den bygning, du arbejder med. Hver bygningstype har sit eget kapitel.

For overblikkets skyld fortsætter sidernes kolonner i disse kapitler hen over sideryggen  .

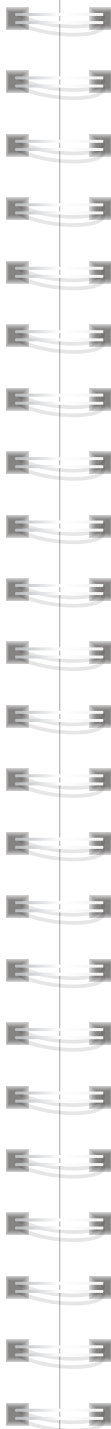
Myndighedskravene beror henholdvis på efterklangstid (T) og absorptionsareal (A), der er de mest grundlæggende rumakustiske parametre. De beskrives kort på side 35.

Sidste kapitel i denne guide indeholder desuden uddybende forklaringer, anbefalinger og en akustisk ordliste, du kan bruge, hvis du er i tvivl om noget. Vi vil meget gerne rådgive dig i forhold til de akustiske udfordringer, som du har i netop dit byggeprojekt. Kontakt os på telefon: **3677 0909** eller find mere information på **www.ecophon.dk**.

Ecophon vil gerne sige stor tak til Katrine Juul fra BIG Architects, Martin Leerbæk Pedersen fra Orbicon samt Steffen Spangmose Pedersen fra AKUART for feedback.

Dette er version 2 af Akustikguiden med mere præcise beskrivelser og flere nyttige anbefalinger. Vi gør opmærksom på, at flere af guidens anbefalinger antager, at læser er bekendt med indholdet af guidens sidste kapitel ”Vejledning.”

MYNDIGHEDSKRAV INDHENTET FRA BR18, anvisninger fra Statens Byggeforskningsinstitut og Arbejdstilsynets vejledning A.1.16



Bygningstyper i denne guide

UDDANNELSESINSTITUTION

DAGINSTITUTION



Lydmiljøet er fundamentalt, hvis undervisningen skal lykkes. Det er afgørende for både kommunikationen mellem elever og lærere og for koncentrationen. Utallige undersøgelser påviser, hvor vigtigt et godt lydmiljø er for både elever og lærere. Her er nogle af de mest bemærkelsesværdige resultater fra den seneste forskning:

- Studier viser at:**
- Elevernes taleforståelse øges med 25 % i et godt lydmiljø. (1)
 - Et godt lydmiljø reducerer lærernes hjerterytme med 10 slag i minuttet. (2)
 - 80 % af lærerne beretter om belastning af stemmen og andre halsproblemer som f.eks. ondt i halsen, stemmetab og halsinfektioner. For den almene befolkning er procentdelen 5 %. (3)
 - Et godt lydmiljø gør, at eleverne taler 10 dB lavere. (4)
 - Når lydniveauet stiger med 10 dB, falder karaktergennemsnittet med 7 %. (5)

Daginstitutioner har ofte alarmerende høje støjniveauer. Derfor stilles der stramme krav til akustisk indeklima i denne bygningstype. Legende børn støjer, og flere legende grupper af børn i samme lokale kan starte en ond cirkel, fordi et øget lyd-niveau indebærer, at børnene automatisk hæver deres stemmer mere og mere. For udsatte børn kan det i værste fald medføre socialiserings- og indlæringsproblemer på sigt. Samtidig er personalet ofte kronisk udsat for støj, der har en lang række negative følgevirkninger.

- Studier viser at:**
- I daginstitutionsalderen er børns hørelse stadig under udvikling og er derfor i særlig risiko for at udvikle en høreskade. (6)
 - I visse daginstitutioner kan støjniveauet overskride 80 dB over en arbejdsdag, hvilket omtrentligt svarer til at stå 1 m fra en befærdet motorvej. (7)
 - Hvis børn er kronisk udsat for støj, kan de få problemer med sprogtilegnelse. Det kan sænke den mentale udvikling på grund af ringere koncentrationsevne, motivation og kommunikationsbesvær. (8)

2 AKUSTIKGUIDE

KONTOR

Undersøgelser viser klart, at mennesker bliver stærkt påvirket af lydmiljøet i åbne kontorlandskaber. Og det handler ikke ”bare” om at øge komforten i hverdagen. Stress påvirker bundlinjen. Mennesker, der er stressede, begår flere fejl og har mere fravær. Derfor kan forbedret akustik meget vel være en af de bedste investeringer, man kan gøre i en virksomhed.

Studier viser at:

- Støjeksponering har stærk sammenhæng med sygefravær: jo mere kompleks opgaven er, desto større er sammenhængen. (9)
- 60 % af vores tid på kontoret er brugt på stille koncentration. (10)
- Det tager som minimum 25 minutter for kontoransatte at vende tilbage til et koncentreret stadie efter en afbrydelse. (11)
- Et godt lydmiljø kan sænke adrenalinniveauer med 30 % og øge opgavemotivation med 66 % hos kontoransatte. (12)

PLEJEHJEM/PLEJECENTER

Nedsat hørelse reducerer livskvaliteten. Aldersrelateret hørenedsættelse (presbycusis) påvirker 60 % af de 71–80 årige. En kombinationen af hørenedsættelse og dårlig akustik skaber kommunikationsproblemer, der fører til indadvendthed, og i værste fald depression. Nedsat hørelse påvirker ligeledes den rumlige sans og øger risikoen for at falde i rum med mange desorienterende lydrefleksioner som trappeopgange, gangarealer og toiletter.

HOSPITAL

På hospitaler foregår størstedelen af kommunikationen mundtligt. Det betyder, at et godt akustisk miljø er essentielt for de indlagte patienter. Støj påvirker desuden patienters rehabiliteringsevner, fordi det forstyrrer hvile. Hospitaler er ydermere underlagt stramme standarder for hygiejne, hvilket stiller specielle krav til akustiske materialer.

Studier viser at:

- Høje lydniveauer i sundhedsfaciliteter er kendt for: at forhindre søvn, øge stress, forsinke rehabilitering, forværre psykiske symptomer og skabe rastløshed. (13)
- Et godt lydmiljø reducerer forbrug af smertestillende medicin. (14)
- Forhøjede støjniveauer skaber kommunikationsproblemer, der leder til fejl i patientpleje. (15)

PRODUKTION /LEVNEDSMIDDEL

I levnedsmiddelbranchen er det vigtigt at vælge overflader, der dels absorberer lyden og dels er tilstrækkeligt robuste til at kunne tåle den nødvendige rengøring. Produktionslokaler er vidt forskellige. Lige fra tung stålindustri til produktion af mikrochips, der ofte stiller store krav til renrumsklassificeringen af overfladerne. Fælles for levnedsmiddel- og produktionslokaler er maskineri og høje støjniveauer.



ET KONTORMILJØ I EN OMBYGGET, TIDLIGERE INDUSTRIBYGNING KRÆVER GODE AKUSTISKE FORHOLD, HVOR BYGNINGEN NETOP ER DOMINERET AF RÅ FLADER OG GLASPARTIER / FRENCKEN SCHOLL ARCHITECTEN, MAASTRICHT HOLLAND



1

UNDERVISNINGSBYGNINGER

RUMTYPE

Generelt

Undervisningslokaler
Skoler, universiteter, gymnasier mv.

Klasserum

Se også under beskrivelse og kommentarer:
lokale til særundervisning, SFO, Grupperum, mv.

Fællesrum og gange, der anvendes
til gruppearbejde

Fællesgange, der ikke benyttes til
gruppearbejde og lignende

Trapperum

BESKRIVELSE

Efterklangstiden i rum skal være reguleret i overensstemmelse med rummenes anvendelse, således at de, der opholder sig i rummene, ikke generes af rummets akustik. Heldagsklasser, heldagsskoler og indskolingslokaler, der indebærer, at samme lokaler benyttes til undervisning og fritidsaktiviteter, skal overholde lydbestemmelserne for opholdsrum i daginstitutionsbygninger.

I undervisningslokaler er det vigtigt, at efterklangstiden er tilstrækkelig kort, og at støjniveauet er lavt. Det har meget stor betydning for elevernes læring og trivsel og for underviseres stressniveau samt talekomfort.

Selvom det typiske klasselokale stadig er den mest anvendte rumtype på skoler, ser man ofte, at lokalerne også skal understøtte gruppe- og individuelt arbejde. Hvis lokalet skal bruges til specialundervisning, eller til undervisning af hørehæmmede børn, er myndighedskravet 0,4 sek. Hvis lokalet desuden skal bruges til gruppearbejde, bør det klassificeres som et fællesrum – se næste række.

I rum, der anvendes til gruppearbejde, genereres der naturligt langt mere støj end i typiske klasselokaler. Det må forventes, at der genereres støj i alle dele af rummet. Derfor bør akustiske materialer fordeles jævnt i alle rum, der anvendes til gruppearbejde.

Gangarealer, der er direkte tilknyttet grupperum, fællesrum, fællesgange, åbne undervisningsområder mv., kan potentielt hæve støjniveauet i disse rumtyper betydeligt igennem støjforurening.

Se ovenstående

Følgende myndighedskrav anføres som funktionskrav fra Bygningsreglementet 2018 (BR18). Der henvises desuden til relevante SBI-anvisninger og BR18 i sin originale version.

Her refereres til Bygningsreglementet BR18. Funktionskravet anses for opfyldt, når arbejdet er udført i overensstemmelse med nedenstående værdier.

$T \leq 0,6$ sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz
 $T \leq 0,4$ sek. i mindre undervisningslokaler samt rum til elever med særlige behov.
Særkrav for alle klasserum i Storkøbenhavn: $T \leq 0,4$ sek.

$T \leq 0,4$ sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

$T \leq 0,9$ sek. i frekvensområdet 500-2.000 Hz.

$T \leq 1,3$ i frekvensområdet 500-2.000 Hz.

MYNDIGHEDSKRAV
EFTERKLANGSTID (T) & ABSORPTIONSAREAL (A)

Følgende myndighedskrav anføres som funktionskrav fra Bygningsreglementet 2018 (BR18). Der henvises desuden til relevante SBI-anvisninger og BR18 i sin originale version.

Her refereres til Bygningsreglementet BR18. Funktionskravet anses for opfyldt, når arbejdet er udført i overensstemmelse med nedenstående værdier.

$T \leq 0,6$ sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz
 $T \leq 0,4$ sek. i mindre undervisningslokaler samt rum til elever med særlige behov.
Særkrav for alle klasserum i Storkøbenhavn: $T \leq 0,4$ sek.

$T \leq 0,4$ sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

$T \leq 0,9$ sek. i frekvensområdet 500-2.000 Hz.

$T \leq 1,3$ i frekvensområdet 500-2.000 Hz.

KOMMENTARER

Max. værdierne gælder for hvert af 1/1 oktavbåndene fra 125-4.000 Hz.
Max. afvigelse på 20 % ved 125 Hz. tillades ved beregning. 10-15 % af absorptionsarealet bør dedikeres til lodrette flader.

Generelt er denne guide baseret på BR18, SBI 218 samt øvrige kilder, hvis rumtyper ikke fremgår i disse dokumenter. Af BR18 fremgår bl.a.: “De akustiske forhold i undervisningslokaler, opholdsrum, m.m. karakteriseres ved rummenes efterklangstid.”

Anvisningen henviser til helt almindelige klasselokaler. Det anbefales, at alle klasserum projekteres til $T \leq 0,4$, da kun én elev med hørenedsættelse eller specielle behov betyder, at et klasseværelse skal undergå akustisk renovering. Det er dog langt dyrere at efterbehandle til en ændring fra 0.6 til 0.4, end det er at projekttere til 0.4 fra starten. Specielle talereflekterende materialer kan installeres, så taleforståeligheden ned gennem lokalet bliver bevaret. Der stilles ikke krav til taleforståelighed i klasselokaler, selvom tale er deres grundlæggende funktion. Dette krav kan dog med fordel tilføjes byggeprogrammet for at sikre, at rummet lever op til dets formål $C50 \geq 5$ dB.

Absorberende materialer bør spredes så jævnt i hele rummet som muligt. Specielle talereflekterende materialer kan installeres, så typiske talepositioner forstærkes, hvis det forventes, at der skal gives instruktioner under gruppearbejdet $D_{2,S} \geq 6$ dB.

Lydforurening mellem tilstødende områder kan mindskes ved strategisk placering af absorberende materialer eller kombinationsløsninger som lydfælder. Lydudbredelse kan med fordel specificeres i byggeprogrammet for gangarealer $D_{2,S} \geq 4$ dB.

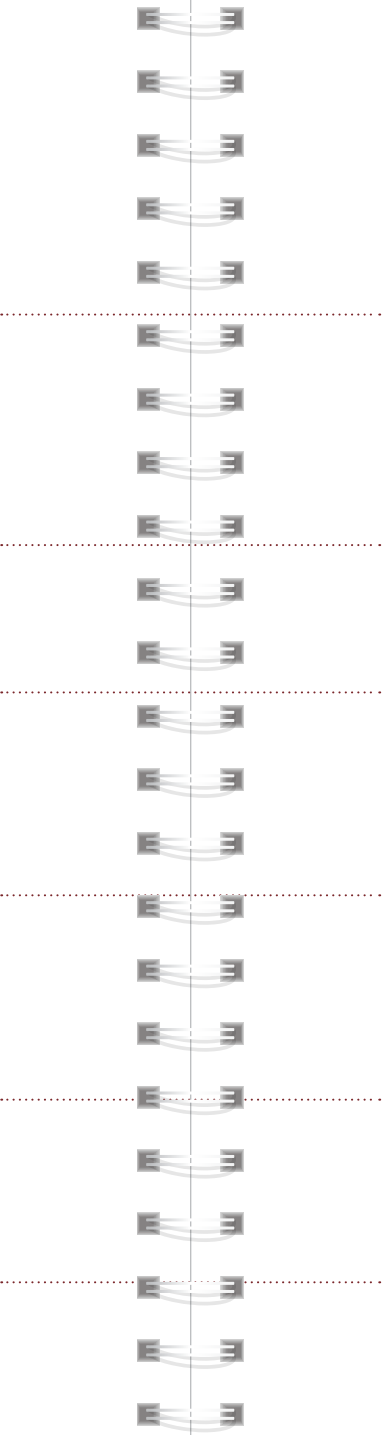
Se ovenstående



2

UNDERVISNINGSBYGNINGER

RUMTYPE	BESKRIVELSE
Åbne undervisningsområder	Flere skoler bliver udformet som delvist åbne planløsninger – dvs. med færre faste vægge, end der normalt anvendes. Det kræver ekstra fokus på akustikken. Mange aktiviteter i et stort rum øger støjniveauet, og den nødvendige lydisolation mellem rum/områder kan ikke længere sikres ved hjælp af vægge. I stedet må dæmpningen mellem undervisningsgrupper optimeres på anden vis. Åbne undervisningsområder kræver ofte særskilt akustisk projektering for at sikre et tilfredsstillende resultat.
Fællesrum med lofthøjde større end 4 m. og rumfang større end 300 m³	I fællesrum af denne størrelse og derover bliver efterklangen ofte meget lang. Det bidrager til et øget støjniveau, når rummets personbelastning vokser. Det er vigtigt at overveje, hvilke funktioner rummet skal tjene: eksempelvis skolesamlinger, fester, specielle lejligheder etc. Store fællesrum tjener som regel forskellige formål og kræver ofte særskilt akustisk projektering for at sikre et tilfredsstillende resultat.
Undervisningsrum til sang og musik mindre end 250 m³ (korsang og musik)	Musiklokaler til sang og akustisk musik er et af de unikke tilfælde, hvor en længere efterklangstid er gavnlig. Ofte har forskellige typer af ældre og specielt klassisk musik forskellige efterklangstider, for at musikken kan fungere optimalt. Ideelt set vil denne type musikrum være indrettet med variabel akustik, der kan indstilles til at skabe en passende efterklang til flere forskellige typer musik. - Se kommentarer.
Undervisningsrum til sang og musik mindre end 250 m³ (elektrisk forstærket)	Der genereres høje støjniveauer i musiklokaler til elektrisk forstærket musik, og rummets akustik kan bidrage til det overordnede støjniveau. Desuden kan elektroniske instrumenter normalt tillægges digital klang igennem forstærkere og mixere. Det overflødiggor al naturlig efterklang i rummet. Rumakustikken har dog stadig stor betydning for opfattelsen af musikken, hvorfor en jævn efterklangstid over hele frekvensspektret stadig er ønskværdigt. Det er desuden vigtigt at være opmærksom på, at mindre øvelokaler godt kan have en lav efterklangstid, men stadig bidrage betydeligt til rummets støjniveau.
Undervisningsrum til sløjd	Sløjdrum indeholder ofte støjende maskineri og anvendes desuden til støjende arbejde. Arbejdet i et sløjdlokale kræver stor koncentration, og det skal være muligt for læreren at nå tydeligt frem med sine budskaber af sikkerhedsmæssige årsager. I et sløjdrum er der ofte mange hårde materialer. Det kan skabe en generende forstærkning og udbredelse af lyden. Akustiske materialer bør have en slagfast overflade med tanke på risikoen for mekanisk påvirkning.



MYNDIGHEDSKRAV

EFTERKLANGSTID (T) & ABSORPTIONSAREAL (A)

$A \geq 1,3 \times$ gulvareal i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

$A \geq 1,2 \times$ gulvareal i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

$0,8 \leq T \leq 1,1$ sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

$T \leq 0,6$ sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

$T \leq 0,6$ sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

KOMMENTARER

Ved åbne undervisningsområder forstås arealer, hvori der undervises flere individuelle klasser eller grupper, der ikke er fysisk adskilt i lukkede rum. Rumhøjden bør holdes så lav som muligt, og højder over 3,5 meter bør undgås. Lydforurening mellem tilstødende områder kan mindskes ved strategisk placering af absorbenter eller kombinationsmuligheder som lydfælder. Særlige krav til lydudbredelse over afstand kan med fordel tilføjes byggeprogrammet for denne type rum. Lydudbredelse pr. afstandsfordobling bør være større end 5 dB. Akustiske møbler, skærmvægge, flåder og nedhængte rumdelere anbefales i denne type rum.

I aulaer og store fællesrum gøres der ofte brug af store vinduespartier. Det besværliggør placering af det nødvendige overfladeareal til akustisk absorption. I disse tilfælde kan yderligere absorption tilføres i form af nedhængte, akustiske elementer. Hvis det er muligt bør store glasfacader skråtstilles, så lyden rettes mod de akustiske materialer.

Variabel akustik kan for eksempel skabes ved at udstyre lokalet med meget kraftige akustiske gardiner, der kan trækkes om bag hårdere skærme. Det anbefales dog altid at tage kontakt til specialister i tilfælde, hvor der skal skabes variabel akustik. Selvom der tillades en afvigelse på 20 % ved 125 Hz, anbefales det, at efterklangstiden holdes jævn over alle frekvensbånd i musiklokaler. Dette kan for eksempel løses med basfælder og specialabsorbenter. **Lokaler større end 250 m³ kræver særskilt akustisk projektering.**

Der anbefales en efterklangstid på 0,4 sekunder i denne type rum. Desuden bør man tilstræbe en jævn efterklang over hele frekvensspektret. Selvom der tillades en afvigelse på 20 % ved 125 Hz, anbefales det, at efterklangstiden holdes jævn over alle frekvenser i musiklokaler. Det kan for eksempel løses med basfælder og special-absorbenter. Særlige krav til rummets lydstyrke kan med fordel tilføjes byggeprogrammet, da efterklangstid ikke nødvendigvis sikrer et lavt støjniveau – særligt i mindre rum $G \leq 13$ dB.

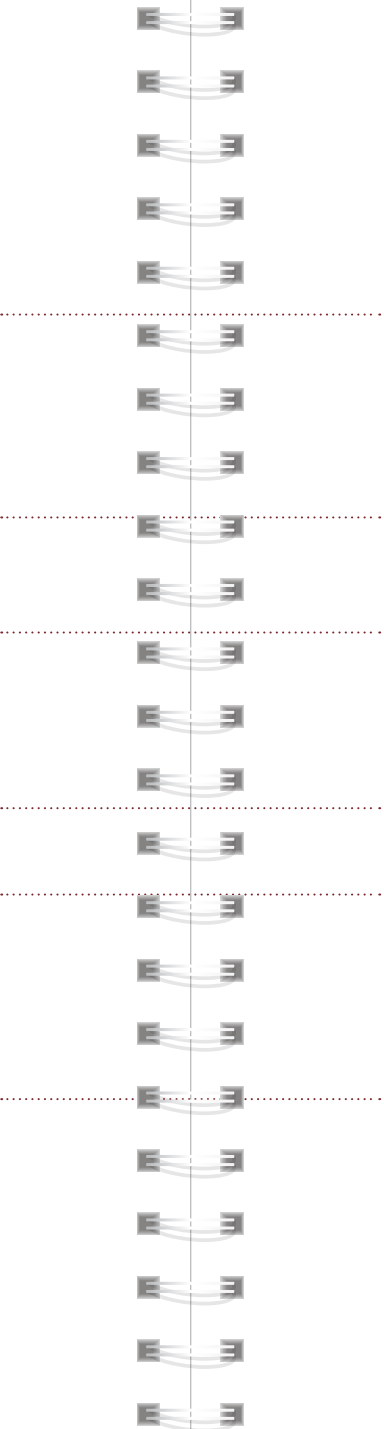
Lokaler med larmende aktiviteter bør ikke placeres i nærheden af lokaler med stille aktiviteter. Der anbefales en efterklangstid på 0,4 sek. (jf. støj og sikkerhed). Akustiske materialer kan med fordel installeres tæt på støjende maskineri for at dæmpe støjen tæt på kilden. Særlige krav til rummets lydstyrke kan med fordel tilføjes byggeprogrammet, da efterklangstid ikke nødvendigvis sikrer et lavt støjniveau – særligt i mindre rum $G \leq 25$ dB.



3

UNDERVISNINGSBYGNINGER

RUMTYPE	BESKRIVELSE
Gymnastiksale mindre end 3500 m³	I sports- og gymnastikhaller kan støjniveauet blive meget højt og taleforståeligheden over afstand meget dårlig. På grund af rummets store volumen bør både loft- og vægflader beklædes med effektive absorbenter. Alle anvendte akustiske materialer bør være slagfaste og fastspændte evt. i bæreværk.
Gymnastiksale større end 3500 m³	Se ovenfor.
Svømmehaller mindre end 1500 m³	Vandspejlet i svømmehaller reflekterer lydbølger stort set perfekt. På grund af rummets store volumen, vandspejl og hårde overflader bør både loft og vægflader beklædes med effektive absorbenter. Svømning og vandlege i store haller genererer som regel et meget støjende og desorienterende lydmiljø.
Svømmehaller større end 1.500 m³	Se ovenfor.
Pædagogisk Servicecenter	På nogle skoler indrettes der et pædagogisk servicecenter, som skal understøtte mange forskellige funktioner/aktiviteter. Herunder blandt andet mulighed for selvstudier, multimediearbejde og afslapning. Behovet for at kunne koncentrere sig i et støjsvagt miljø har høj prioritet. Et pædagogisk servicecenter kan ift. akustik sammenlignes med et undervisningslandskab eller et kontorlandskab.



MYNDIGHEDSKRAV EFTERKLANGSTID (T) & ABSORPTIONSAREAL (A)

$T \leq 1,6$ sek. efterklangstid i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

$T \leq 1,8$ sek. efterklangstid i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

$T \leq 2,0$ sek. efterklangstid i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

$T \leq 2,3$ sek. efterklangstid i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

$A \leq 1,1-1,3$ x gulvarealet i frekvensområdet 125-4.000 Hz.
Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet. Sidestilles med åbne undervisningsområder, hvis det anvendes af elever og med flerpersonkontorer, hvis det skal anvendes af ansatte.

KOMMENTARER

Der anbefales en efterklangstid på 1,2 sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz for at understøtte instruktioner fra idrætslærer og kommunikation mellem elever under støjende aktiviteter såsom holdsport. Alle vægflader bør have en grad af akustisk materiale. Glasfacader og vinduer kan med fordel skråtstilles for at undgå væg-til-væg refleksioner og mindske efterklangstiden. Absorbenter kan med fordel integreres i det øvrige interiør-design, for eksempel bag ribber.

Der anbefales en efterklangstid på 1,3 sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz for at understøtte instruktioner fra idrætslærer og kommunikation mellem elever under støjende aktiviteter som holdsport. Se desuden anbefalingerne ovenfor.

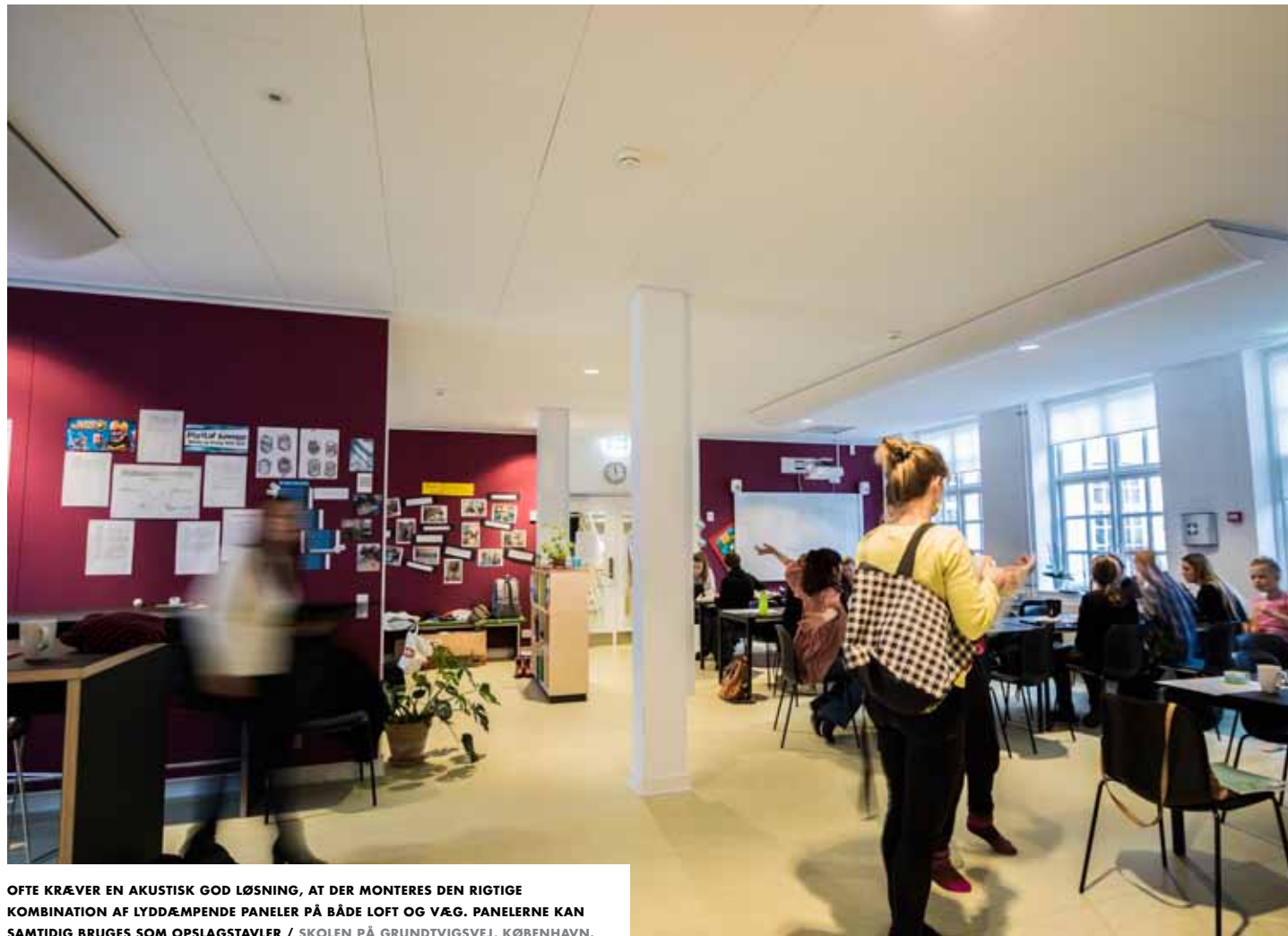
Der anbefales en efterklangstid på 1,5 sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz for at understøtte instruktioner fra lærer og livredder. Glasfacader og vinduer kan med fordel skråtstilles for at undgå væg-til-væg refleksioner og mindske efterklangstiden. Svømmehaller er desuden miljøer med høj kemisk påvirkning. Derfor bør man nøje overveje alle akustiske produkters korrosionscertificeringer ift. hallens kemiske miljø.

Der anbefales en efterklangstid på 1,8 sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz for at understøtte instruktioner fra lærer og livredder. Se desuden anbefalingerne ovenfor.

Det anbefales, at man følger de akustiske anbefalinger til et undervisningslandskab. Det vil sige, at det samlede lydabsorptionsareal A bør være 1,3 x gulvarealet i frekvensområdet 125-4.000 Hz. Det anbefales desuden, at rummets indretning designses til at sikre de bedste akustiske omstændigheder og dæmpning af særligt støjende aktiviteter. Særlige krav til lydudbredelse over afstand kan med fordel tilføjes byggeprogrammet for denne type rum $D_{2,S} \geq 5$ dB.



4 UNDERVISNINGSBYGNINGER



OFTEN KRÆVER EN AKUSTISK GOD LØSNING, AT DER MONTERES DEN RIGTIGE KOMBINATION AF LYDDÆMPENDE PANELE PÅ BÅDE LOFT OG VÆG. PANELENE KAN SAMTIDIG BRUGES SOM OPSLAGSTAVLER / SKOLEN PÅ GRUNDTVIGSVEJ, KØBENHAVN.



LYDMILJØET ER AFGØRENDE, HVIS UNDERVISNING SKAL LYKKES. DET ER AFGØRENDE FOR KOMMUNIKATIONEN MELLEM ELEVER OG LÆRERE. OG DET ER AFGØRENDE FOR KONCENTRATIONEN / ZAKLADNI SCHOOL, DOLNI BREZANY TJEKIJET



Der er yderligere hjælp at hente her

BFA, BrancheFællesskabet for Arbejds miljø for Velfærd og Offentlig Administration udgiver publikationen ”Støj i skolen”, som belyser de udfordringer, der kan være omkring støj, og hvilke midler der er til at bekæmpe støj i grundskolen. Den seneste udgave udkom i 2018, hvor bl.a ekspertviden fra Ecophon ligger til grund for den faglige anbefaling og ekspertudsagn omkring regler, skadelige helbredseffekter af støj, årsager til støj, etc.

Publikationen er tilgængelig på:
www.arbejdsmiljoweb.dk/stoej_lys_og_luft/stoej-paa-arbejdspladsen/stoj_i_skolen

FORSIDEN | **KLIK HER**

SIDE 13 | ECOPHON | AKUSTIKGUIDE



Undervisnings-
bygninger

Daginstitutioner-
bygninger

Hospitalet

Kontorbygninger
& produktion

Boliger

Veiledning

Kontakt



1 DAGINSTITUTIONSBYGNINGER

RUMTYPE

BESKRIVELSE

Daginstitutioner

Efterklangstiden i rum skal være reguleret i overensstemmelse med rummenes anvendelse, således at de, der opholder sig i rummene, ikke generes af rummets akustik. For ansatte og børn i daginstitutioner kan dårlige lydforhold belaste hørelse, stemme og trivsel i dagligdagen, og for børnenes vedkommende yderligere medføre en række risici med hensyn til udvikling og indlæring, herunder evnen til at udvikle sproglige færdigheder.

Opholdsrum

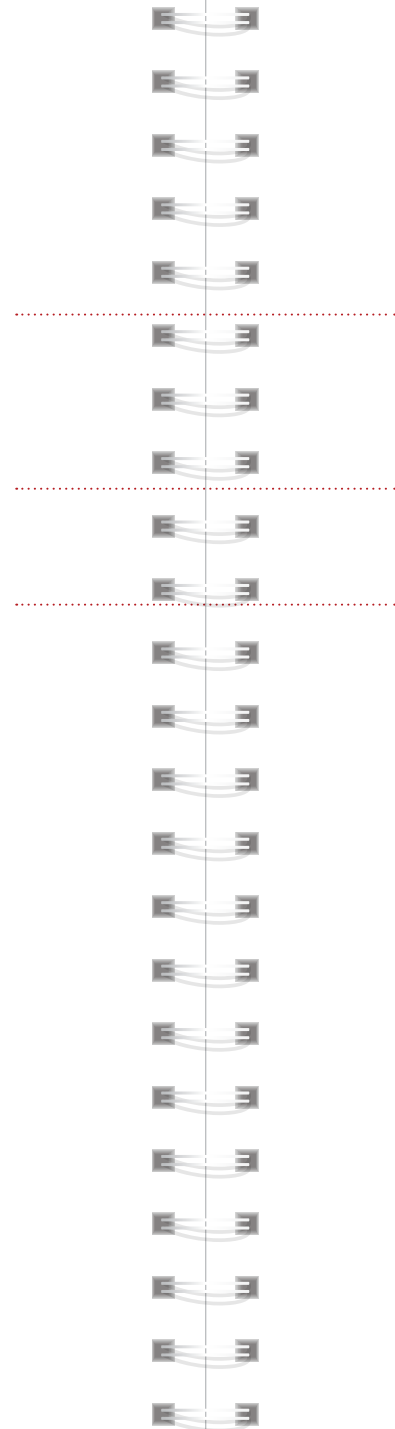
Børn leger og udøver støjende adfærd overalt i en daginstitution. For at sikre generelt gode akustiske forhold, gælder kravene til efterklangstid derfor i samtlige rumtyper herunder, men ikke begrænset til: fællesrum, værksteder, boldrum, gangarealer, garderober, puderum, m.fl.

Opholdsrum med lofthøjde større end 4 m. og rumvolumen større end 300 m³

Denne rumtype omfatter særligt store fælles- og opholdsrum med højt til loftet. Se endvidere ovenstående generelle beskrivelse. Som beskrevet på side 35 har et lokales rumfang stor effekt på dets efterklangstid. Det er derfor særligt vigtigt, at der nøje tages stilling til akustikken i store lokaler med højt til loftet, både mht. akustiske materialer, indretning, pædagogik og aktiviteter.



DER BØR STILLES HØJE KRAV TIL LYDMILJØET MED UD GANGSPUNKT I, HVORDAN LYDEN OPLEVES AF DE MENNESKER, DER SKAL OPHOLDE SIG DER, DVS. BÅDE BØRN OG VOKSNE / BØRNEHUSET BROBÆKKEN, ODENSE



MYNDIGHEDSKRAV

EFTERKLANGSTID (T) & ABSORPTIONSAREAL (A)

Her refereres til Bygningsreglementet BR18. Funktionskravet anses for opfyldt, når arbejdet udføres i overensstemmelse med nedenstående værdier. Se desuden SBI-anvisning 218.

$T \leq 0,4$ sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

$A \geq 1,2 \times$ gulvareal



FORSKELLIGE AKTIVITETER OG FORSKELLIGE RUM MEDFØRER FORSKELLIGE BEHOV, NÅR DET KOMMER TIL LYD. TAG HENSYN TIL, HVAD RUMMET SKAL ANVENDES TIL, OG HVILKE ØNSKER DER ER TIL FORSKELLIGE LYDFAKTORER: LYDNIVEAU, EFTERKLANG OG TALEFORSTÅELIGHED / DAGINSTITUTION WALKENRIED, TYSKLAND

FORSIDEN | **KLIK HER**



På trods af de relativt høje krav til akustiske forhold, kan støj stadig være et problem i mange daginstitutioner. Det er derfor vigtig at have et udførligt overblik over alle de værktøjer, man har til rådighed, når det kommer til dæmpning af støj i denne type bygninger. På de næste sider finder du en udførlig beskrivelse af både problematikker og løsninger inden for daginstitutioner.

GENERELT

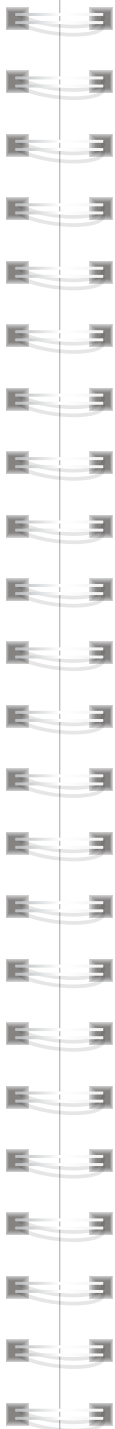
Børns hørelse er først færdigudviklet i løbet af teenageårene. Man kan derfor ikke forvente, at børn forstår deres akustiske miljø i samme grad som voksne. Børn i institutionsalderen har desuden heller ikke udviklet evnen til at forstå den effekt, deres adfærd kan have på andre. Med andre ord har mindre børn svært ved at tage hensyn til andre, når de leger. Dertil kommer, at fysisk aktivitet og ”vild leg” har en positiv effekt på børns mentale og fysiske udvikling. Derfor bør man naturligvis ikke bekæmpe al støjende adfærd. Visse aktiviteter støjer dog mere end andre, og selvom man ikke kan forvente, at børn altid tager hensyn til deres omgivelser, kan de ofte lære ritualer og rutiner, der naturligt indebærer en mindre støjende adfærd. Det bør desuden nævnes, at støj selvfølgelig er mindre problematisk udenfor i åbne omgivelser.

BØRN I INSTITUTIONSALDEREN

Selvom børn ofte tilsyneladende ikke lader sig mærke med høje støjniveauer, betyder det ikke, at deres hørelse og stressniveauer ikke lider overlast. Det betyder snarere, at de ikke har evnen til at registrere og handle på denne påvirkning. Nogle børn kan være særligt støjfølsomme og kan reagere ved at blive aggressive eller ved at distancere sig fysisk og socialt. Børn med denne type adfærd kan altså i nogle tilfælde have godt af en hjælpende hånd til at finde mere rolige aktiviteter og omgivelser.

STØJBELASTNINGEN AF PERSONALET

Personalet i daginstitutioner kan i nogle tilfælde blive udsat for støjniveauer på højde med fabriksarbejdere. På grund af arbejdets natur kan de dog ikke anvende de samme typer redskaber til støjreduktion som dæmpning af støjkilden eller høreværn. En vigtig del af deres arbejde er, så at sige, at kunne høre støjkilden. Det er derfor vigtigt, at støj inddrages som en prioritet i den daglige planlægning og ansvarsfordeling. Vores hørelse bliver ikke bare påvirket af særligt høje lyde, men også af forhøjede baggrundsstøjniveauer over længere tid. Det er derfor gavnligt at planlægge, hvordan personalet skiftes til at koordinere eller overvære særligt støjende aktiviteter eller rum. På den måde kan man fordele støjbyrden, så man undgår høreskader over tid.



PLANDESIGN OG INDRETNING IFT. STØJFORURENING

Man kan med fordel indrette institutionens rum med udbredelsen af støj for øje, så man går fra støjende til mindre støjende aktiviteter. På denne måde kan børn og personale få en støjpause i nogle dele af institutionen. Det er om muligt en god idé at indrette mindst et læse-, historie- eller ”daserum,” hvor der kun må foregå stille aktivitet og leg. Det anbefales, at alle lokaler i daginstitutioner udstyres med et akustisk loft – også i mindre rum, hvor efterklangen ikke nødvendigvis overstiger myndighedskravene.

Desuden bør akustisk absorberende materialer også installeres på vægoverflader i alle rum, med en forventet personbelastning på over fire børn. De kan med fordel installeres i højde med støjkilden og integreres i den øvrige indretning - for eksempel som opslagstavler, bag ribber, integreret på siden af skabe eller i fritstående reoler og lignende. Spredningen af støj igennem institutionen kan mindskes ved at installere akustisk absorberende materialer på vægge i gangarealer - og særligt på vægoverflader direkte overfor døråbninger til støjende rum.

En direkte adskillelse i form af en dør er selvsagt den mest effektive måde at blokere støjforurening fra et område til et andet. Her kan man overveje, hvor meget døren skal dæmpe alt efter hvilken type adskillelse, man ønsker i forhold til de ansattes muligheder for opsyn med børnene. Mange tror fejlagtigt, at traditionel indretning som tæpper, sofaer og gardiner er gode måder at skabe bedre akustik. Sandheden er, at de i de fleste tilfælde har en minimal effekt i forhold til akustiske materialer og desuden ofte har tendens til at samle støv og partikler, hvis de faktisk absorberer lyd. ”Akustiske møbler” er meget populære og vil i nogle tilfælde være nyttige til at skabe et stilleområde og tilføje yderligere absorption til lokalet, hvis der allerede er installeret akustiske materialer. Man bør dog notere sig, at der ikke er nogen standard for, hvad der må kaldes et ”akustisk materiale.” Før man investerer i akustiske møbler, bør man altså først sikre sig, at de har en høj absorptionsevne. Læs mere om absorptionsklasser på side 48. Desuden er det altid vigtigt at huske på, at enhver absorberende overflade mister sin effekt, hvis den dækkes eller overmales.

Man bør desuden altid stille høje krav til støjniveauer fra maskiner og installationer i daginstitutioner. Støj fra ventilation, emhætter og lignende bidrager til baggrundsstøjniveauet, der groft sagt skaber underlæggeren for støjen fra adfærd i daginstitutionen.



1

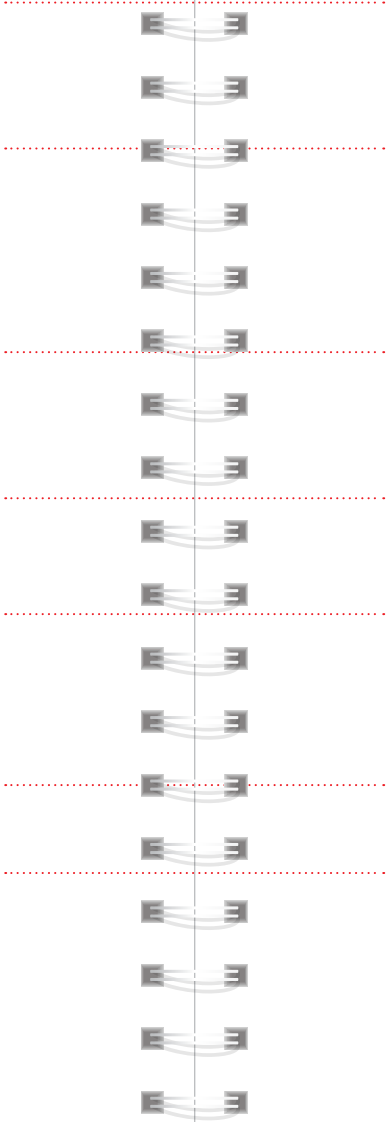
HOSPITALER

RUMTYPE

Generelt
Hospitaller, lægehuse og klinikker Generelt
Sengestuer
Undersøgelsesrum, behandlingsrum mv.
Gange Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet
Trapperum Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet

BESKRIVELSE

Efterklangstiden i rum skal være reguleret i overensstemmelse med rummenes anvendelse, så de, der opholder sig i rummene, ikke generes af rummets akustik. Hospitaller indeholder en lang række rumtyper, der med rette alle kunne have deres egne myndighedskrav. Disse er i øjeblikket ikke inkluderet i BR18, men bliver det forhåbentligt og højt sandsynligt i fremtiden.
Et godt akustisk indeklima er bogstaveligt talt essentielt for det daglige arbejde på hospitaller og kan desuden være afgørende for både ansattes trivsel og patienters rehabilitering. Da hospitaller er underlagt ekstremt strenge krav til hygiejne, anvendes der ofte hårde reflekterende overflader. De reflekterende overflader kan medvirke til lange efterklangstider og et højt støjniveau. Undersøgelser viser, at støjniveauet på alle hospitaller ligger langt over Verdenssundhedsorganisationens (WHO) anbefalinger.
Sengestuer huser næsten altid flere patienter. Det betyder, at rummet skal kunne efterkomme flere personers akustiske behov - for eksempel behov for ro, kommunikation eller forståelse. En lang række undersøgelser viser, at når patienter, der har et stort behov for hvile, forstyrres, så øges deres sygdomsperiode.
Langt størstedelen af al kommunikation på hospitaller foregår mundtligt. Det er derfor af højeste vigtighed, at tale forstås tydeligt på hele hospitalet og specielt i rum, der bruges til behandling, undersøgelser og møder.
Gangarealer og trapperum er travle områder i sundhedsvæsenet, og her spredes lyd langs med gangen og ind i tilstødende rum. En stor del af kommunikationen blandt personalet foregår i gangarealer. På grund af gangens aflange form, rejser lyden langt, og påvirker alle rum, der er direkte forbundet med gangarealet. Det giver udfordringer for patienter, som forsøger at hvile og sove.
Se ovenfor



MYNDIGHEDSKRAV EFTERKLANGSTID (T) & ABSORPTIONSAREAL (A)

Følgende myndighedskrav anføres som funktionskrav i Bygningsreglementet 2018 (BR18). Der henvises desuden til relevante SBI-anvisninger og BR18 i sin originale version.
Se desuden SBI-anvisning 258 samt information om lydkrav i de andre nordiske lande.
$T \leq 0,6$ sek. efterklangstid i frekvensområdet 125-4.000 Hz.
$T \leq 0,6$ sek. efterklangstid i frekvensområdet 125-4.000 Hz.
Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet.
Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet.

KOMMENTARER

Max. værdierne gælder for hvert af 1/1 oktavbåndene fra 125-4.000 Hz. Max. afvigelse på 20 % ved 125 Hz. tillades ved beregning. 10-15 % af absorptionsarealet bør dedikeres til lodrette flader.
Nedenstående omfatter Ecophons generelle anbefalinger inden for denne bygningstype. Det bør desuden understreges, at krav til efterklangstid og absorptionsareal ikke nødvendigvis er nok til at sikre gode akustiske forhold i sundhedsvæsenet.
Det anbefales, at efterklangen i sengestuer holdes så lav som muligt for de ansattes trivsel og patienternes rehabilitering. Sengestuerne er næsten altid belagt med mere end én patient.
Taleforståelighed kan med fordel tilføjes byggeprogrammet for at sikre, at kommunikation ikke bliver hindret og resulterer i alvorlige fejltagelser $C50 \geq 5$.
Der anbefales en efterklangstid $T \leq 0,6$ sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz. Lydudbredelse kan med fordel specificeres i byggeprogrammet for at sikre, at støjforurening ikke spredes unødvendigt langt fra kilden $D_{2,S} \geq 3$ dB. Ligeledes kan lydabsorbenter placeres strategisk i nærheden af støjende rum/aktiviteter for at dæmpe støj så tæt på kilden som muligt.
Der anbefales en efterklangstid $T \leq 0,9$ sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz. Se desuden anbefalingerne ovenfor.



1

KONTORBYGNINGER

RUMTYPE

GENERELT

BESKRIVELSE

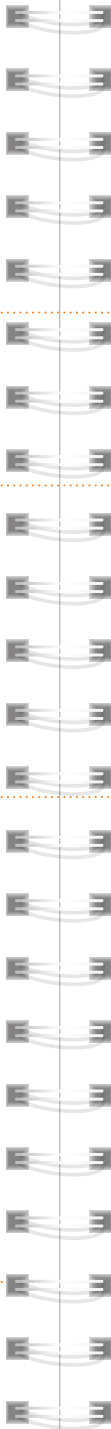
Bygningsreglementet understreger, at forslagene til projekteringsværdier kun omfatter et begrænset antal rumtyper, og at der bør opstilles lydbestemmelser for alle byggeriets rumtyper ved projektering. Ifølge bygningsreglementet skal efterklangstiden i rum være reguleret i overensstemmelse med rummenes anvendelse, således at de, der opholder sig i rummene, ikke generes af rummets akustik.

Kontorbyggeri

I kontorbyggerier blegner alle udgifter til byggeri og vedligehold i forhold til lønninger til de ansatte. Det er derfor af største vigtighed, at kontoret skaber de bedst mulige rammer for koncentration, kommunikation, samarbejde mv. Ofte designes kontorer i højere grad efter æstetik, markedsføring eller økonomi end for de ansattes velbefindende. Det kan være en højst risikabel prioritering med vidtrækkende konsekvenser og store omkostninger for efterregulering. Moderne kontorer kan omfatte en lang række rumtyper og langt flere forskellige aktiviteter, der alle skal tilgodeses og eksistere i synergi. Akustisk design af kontorer er derfor ofte en svær opgave og bør altid indberegnes i byggeriets tidlige designfase. Der skal tages højde for indretningen af kontoret og i udførelsen af de daglige aktiviteter. Lydniveau, minimal lydudbredelse og en kort efterklangstid er nøgleord for et kontor med gode akustiske forhold.

Flerpersonkontorer

For at fremme kommunikation og vidensdeling vælges ofte den åbne planløsning, herunder flerpersontkontorer. Information – oftest i form af samtaler mellem medarbejderne – når ud til flere mennesker. For nogle kan det være ensbetydende med uønsket lyd, som opleves forstyrrende. Der er derfor ofte en konflikt mellem vidensdeling og akustiske privatsfærer. Et kontorlandskab har ofte store vinduer for at give meget lys til lokalet, samt lydreflekterende glasskillevægge for transparens. Disse faktorer, kombineret med relativt sparsommelig indretning, gør, at lyden rejser langt igennem rummet, før den formindskes. Flerpersontkontorer kan også indrettes efter aktiviteter og arbejdsfunktioner for at tilgodese forskellige akustiske behov. Udover irrelevant tale kan støj fra telefoner, kontormaskiner, døre, kaffemaskiner, køkkener, ventilation og trafikstøj bidrage til lydniveauet i flerpersontkontorer. Forskning viser, at støj, der opfattes unødvendig, uvedkommende eller fra irrelevante handlinger, forekommer mest forstyrrende. Det er derfor gavnligt at placere arbejdsfunktioner sammen eller gøre en indsats for, at medarbejdere forstår årsagen til hinandens arbejde og handlinger. Læs mere på side 40.



MYNDIGHEDSKRAV EFTERKLANGSTID (T) & ABSORPTIONSAREAL (A)

Følgende myndighedskrav anføres som funktionskrav i Bygningsreglementet 2018 (BR18). Der henvises desuden til relevante SBI-anvisninger og BR18 i sin originale version.

$A \geq 1,1 \times \text{gulvareal}$ i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

KOMMENTARER

Max. værdierne gælder for hvert af 1/1 oktavbåndene fra 125-4.000 Hz. Max. afvigelse på 20 % ved 125 Hz. tillades ved beregning. 10-15 % af absorptionsarealet bør dedikeres til lodrette flader.

Generelt stilles der det overordnede krav til arbejdsrum, at efterklangstiden skal være reguleret i overensstemmelse med rummets anvendelse. Det bør understreges, at krav til efterklangstid og absorptionsareal ikke nødvendigvis er nok til at sikre gode akustiske forhold i kontorer – specielt i forhold til flerpersontkontorer.

Yderligere akustiske parametre som taleforståelighed og lydudbredelse kan med fordel tilføjes byggeprogrammet. Særligt lydudbredelse, der indikerer, hvor langt lyden rejser i rummet, er vigtigt at holde sig for øje. Det anbefales at inkorporere akustiske skærme, rumdelere og møbler i indretningen. Ligeledes kan glasvægge og facader med fordel skråtstilles med en 5 graders hældning for at undgå refleksioner mellem hårde overflader. Desuden bør indretningen af kontoret planlægges nøje, således at støjende arbejde og aktiviteter ikke placeres i nærheden af koncentrationsarbejde. Det anbefales yderligere, at man involverer brugerne i, hvorledes man akustisk set bør færdes i et kontorlandskab. Hertil kan man sammen skabe en lydkultur eller -politik, der sikrer, at kolleger ikke forstyrrer hinanden, og at støjende adfærd indskrænkes til visse områder. Ideelt set bør alle støjende maskiner af en hver art afskærmes helt, og alternativt delvist, fra arbejdsområdet. Dette inkluderer kaffemaskiner, kopimaskiner osv. Gangarealer kan med fordel pålægges gulvtæpper for at mindske trin og trafikstøj. Traditionel ventilation kan med fordel udskiftes til lydløs diffus ventilation.



2

KONTORBYGNINGER

RUMTYPE

Enkeltpersonkontorer og møderum

BESKRIVELSE

Enkeltpersonkontoret er godt til arbejdsopgaver, der kræver en høj grad af koncentration, fred og ro. Det afskærmer uønsket lyd fra andre dele af bygningen, men isolerer også i nogen grad brugeren fra kontakt med den øvrige organisation. Møderum er beregnet til mundtlig kommunikation, men er desværre ofte ikke optimale til dette formål. De typiske rummål for denne type rum kan skabe uhensigtsmæssige lydforhold, der eksempelvis kan få visse stemmer til at fremstå højere og mere buldrende.

Reception

Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet

Receptionen er virksomhedens ”ansigt” udadtil, både ved personlige besøg og ved telefonsamtaler. I receptioner anvendes ofte hårde overflader af hensyn til udformning, rengøringsvenlighed, mv. Dette medfører, at lydabsorptionen må ske i loftet. Receptionen er en ”telefonintensiv” arbejdsplads, og taleopfattelsen via telefon påvirkes meget af rummets akustiske forhold. Ligeledes er receptionen ofte et sted, hvor gæster modtages. Her vil gæsterne kunne høre al samtale, der foregår.

Stillerum

Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet

Nogle arbejdsopgaver kræver mere koncentration end andre. Lydmiljøet i flerpersonkontorer kan skabe for mange forstyrrelser i forhold til disse opgaver. Derfor kan nogle kontorer have behov for et stillerum eller -stilleområde. Behovene til et stillerum er først og fremmest at være afskåret fra de øvrige arbejdsområder – både fysisk og socialt. Dvs. at lokalet både skal være placeret afsides, være tilstrækkeligt lydisoleret og desuden være respekteret som koncentrationsområde i arbejdskulturen.

Kantine/Cafeteria

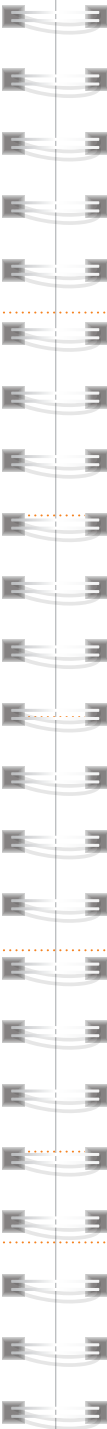
Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet

Kantiner er ikke pålagt myndighedskrav i forhold til akustik. Det akustiske indeklima er derfor ofte overraskende dårligt i mange kantiner og cafeterier. Desuden er denne type rum ofte store og af hårde og rengøringsvenlige materialer. Spiseområder på arbejdspladser er rum, hvor de ansatte bør kunne få et tiltrængt afbræk fra deres arbejde og få mulighed for at socialisere – begge er aktiviteter, der også øger deres effektivitet senere på dagen. Langt de fleste kantiner spænder ben for disse behov. Særligt personer med nedsat hørelse vil være hindret i at socialisere med kolleger.

Trapperum og gange

Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet

Gangarealer og trapperum, der er direkte tilknyttet flerpersonkontorer, receptioner, stillerum eller kantiner, mv., kan potentielt hæve støjniveauet i disse rumtyper betydeligt igennem støjforurening.



MYNDIGHEDSKRAV

EFTERKLANGSTID (T) & ABSORPTIONSAREAL (A)

$T \leq 0,6$ sek. gulvareal i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet.

Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet.

Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet.

Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet.

KOMMENTARER

I større enkeltpersonkontorer, der også kan anvendes til møder, herunder lederkontorer og møderum, bør man ligeledes sikre en god taleforståelighed og undgå generende væg- til- væg refleksioner igennem anvendelse af vægabsorbenter. Der anbefales en efterklangstid på $T \leq 0,4$ sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz i videokonferencerum.

Der anbefales en efterklangstid på omkring 0,9 sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz. I tilfælde, hvor receptionen udgør en mindre del af et større rum, bør kravene være opfyldt lokalt for selve arbejdsområdet. Ideelt set bør fortrolige og personlige telefonsamtaler ikke kunne høres fra indgangspartiet. Det kan derfor være ønskværdigt at placere en hel eller delvis akustisk afskærmning i nærheden af receptionen, som receptionisten kan rette sin stemme mod, hvorved mest muligt af samtalen vil blive absorberet.

Der anbefales en efterklangstid på omkring 0,6 sek. i frekvensområdet 125-4.000 Hz. Akustisk set er det vigtigste dog, at stillerummet er afskåret fra de øvrige arbejdspladser. Ideelt set placeres stillerummet så langt væk fra de øvrige arbejdspladser og fra støjende aktiviteter/installationer som muligt. Hvis det ikke er muligt, bør rummet opbygges med lydisolerende materialer ($R'w \geq 45$ dB). Desuden kan rummet med fordel indrettes, så det fremkalder visse kulturelle spilleregler, der beror på respekt for ro og koncentration – for eksempel med inspiration fra et bibliotek.

I hele området samt ved spisepladserne, anbefales det, at $A \geq 1,2$ x gulvarealet i frekvensområdet 125-4.000 Hz - se afsnit om LYDSTYRKE på side 39. Der kan med fordel nedhænges akustiske flåder over områder med særligt støjende aktivitet for at absorbere lyden tæt på kilden; for eksempel buffeter eller kaffemaskiner. Ligeledes kan absorbenter installeres i nærheden af støjende maskineri, som for eksempel kaffemaskiner og lignende.

Der anbefales en efterklangstid på omkring 0,8 sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz. Lydudbredelse kan med fordel specificeres i byggeprogrammet for gangarealer $D_{2,s} \geq 3$ dB.



3

PRODUKTION

RUMTYPE

Industri generelt:
Levnedsmiddel
Medicinal
Elektronik
Produktion

Rum under 200 m³

Rum på 1.000 m³

Rum 200 m³ – 1.000 m³

Rum over 1.000 m³

Rum over 1.000 m³
(lofthøjde over 5 m.)

BESKRIVELSE

Rum, der anvendes til industri, kan variere meget i forbindelse med anvendelsesformål, funktionskrav, udformning, støjkarakteristik, mv. Inden for fødevare- og medicinalområdet ser man høje krav til rengøring og hygiejne, som f.eks. mulighed for daglig højtryksspuling af loft- og vægflader, krav til renrumsklassificering, mv., mens man i de mere traditionelle produktionshaller kan stille andre krav til akustikloftet. Fælles for industrilokaler er ofte, at der kan være tale om meget store rum med mange reflekterende overflader, højt til loftet og støjende maskiner. Derfor møder man ofte et meget højt lydniveau, der stiller store krav til effektive absorberende overflader i loftet samt i mange tilfælde også på væggene.
Hvis støjniveauet overstiger 80 dB(A), skal arbejdsgiver forsyne ansatte med høreværn. Det bør dog udelukkende anses som en midlertidig foranstaltning indtil effektiv støjdæmpning af arbejdspladsen er blevet foretaget. Udelukkende i tilfælde, hvor direkte støj fra maskiner og aktiviteter overskrider 80 dB(A) og ikke kan dæmpes, bør høreværn anvendes som permanent tiltag.
Se kommentarer.

Se ovenfor.

Se ovenfor.

Se ovenfor.

Se ovenfor.

Se ovenfor.

MYNDIGHEDSKRAV
EFTERKLANGSTID (T) & ABSORPTIONSAREAL (A)

Herunder refereres til Arbejdstilsynets vejledning A.1.16 December 2008 ”Akustik i arbejdsrum”, kontorer, mv.

$T \leq 0,8$ sek. i frekvensområdet 125-2.000 Hz.

$T \leq 1,3$ sek. i frekvensområdet 125-2.000 Hz.

Der udregnes en forholdsmæssig værdi for efterklangstiden.

$A \geq 0,6 \times$ gulvareal i frekvensområdet 125-2.000 Hz.

$A \geq 0,7 \times$ gulvareal i frekvensområdet 125-2.000 Hz.

KOMMENTARER

Da der kan være stor forskel på denne type lokaler, er det mere relevant at opstille anbefalinger til støjreduktion af produktionslinjer. Det kan for overskuelighedens skyld beskrives i 5 trin til støjreducering af produktionslinjer:
Trin 1: Isolér støjkilden. Byg en kasse eller et rum uden om støjkilden. Vær opmærksom på, at effektiv lydisolering kræver særlige byggemetoder. Vær desuden altid påpasselig med ikke at forhindre køling af maskineri, da det kan medføre overophedning.
Trin 2: Dæmp støjkilden. Lyd skabes af vibration. Over tid kan maskindele blive løse og begynde at vibrere. Gå maskineri igennem for løse dele. Ligeledes kan vibrationsabsorberende gummi anvendes til at stilne vibrerende maskiner og maskindele.
Trin 3: Placer lydabsorberende materialer rundt om støjende maskiner. Jo tættere på maskinen materialet er, og jo større del af maskinen det dækker, desto bedre bliver støjreduktionen. Se trin 1 ift. overophedning.
Trin 4: Reducer støjen ved modtageren. Isolér evt. arbejdspositioner eller skærm dem så vidt muligt med akustisk absorberende materiale. Alternativt kan høreværn eller støjreducerende høretelefoner anvendes.
Trin 5: Planlæg og informér. Planlæg fra begyndelsen produktionslinjen med støjreduktion for øje. For nogle produktionslinjer er visse arbejdspositioner særligt støjbelastede og andre er ikke. Ligeledes varierer støjniveauer over dagen for visse produktionslinjer. Hav skiltning på arbejdspladsen, der viser ansatte om de skal benytte hørebeskyttelse i de forskellige områder.

Se ovenfor.

Se ovenfor.

Se ovenfor.

Se ovenfor.

Se ovenfor.





4 KANTINER



DER EKSISTERER DESVÆRRE INGEN KRAV TIL AKUSTIK I KANTINER

FLOTTE LØSNINGER, DER SKABER ET GODT AKUSTISK MILJØ / BIURO ARCHITEKTONICZNE DDJM, POLEN

1

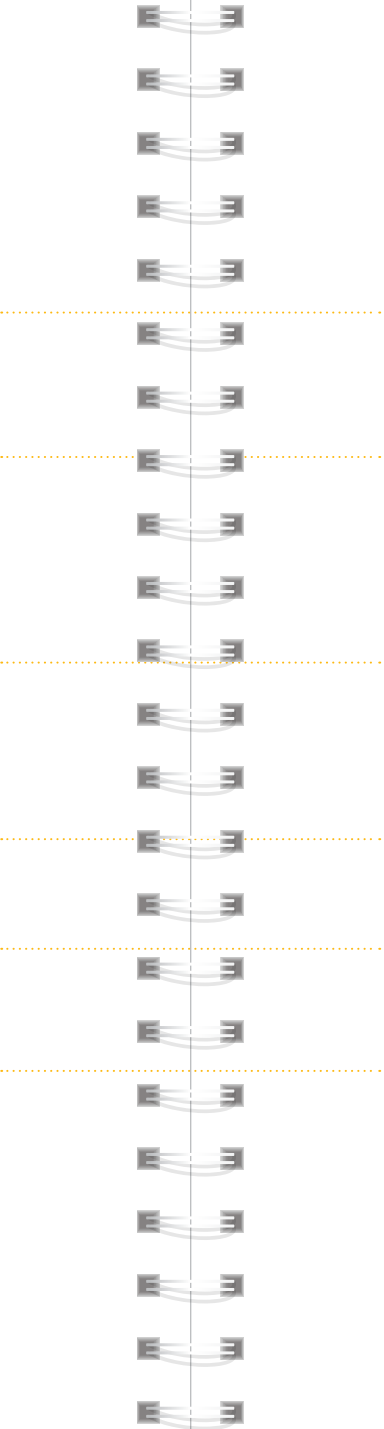
BOLIGER

RUMTYPE

Generelt
Boliger
Fælles opholdsrum
I trapperum og gange med adgang til mere end 2 boliger eller erhvervsenheder
I gange i plejehjem og lignende, hvor gangarealet i nogen grad anvendes til ophold

BESKRIVELSE

Efterklangstiden i rum skal være reguleret i overensstemmelse med rummenes anvendelse, så de, der opholder sig i rummene, ikke generes af rummets akustik.
Boliger er i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, restauranter, klub-lejligheder, kostskoler, sygehjem, plejehjem og lign. For boliger er der normalt ikke krav til efterklangstid, men for gange, fællesrum og trapperum kan der i nogle tilfælde være krav til max. efterklangstid. I de seneste år har der været en klar udvikling i efterspørgsel på akustiske materia-ler til private boliger. Dette skyldes dels, at mange er blevet mere opmærksomme på værdien af et godt akustisk indeklima, og dels byggetrends med større åbne rum og loft til kip.
Fælles opholdsrum anvendes til spisning, socialisering, underholdning (tv. mv.) og rekreative aktiviteter, der alle kan bevirke et relativt højt støjniveau. Specielt hvis rummet forventes anvendt med høj personbelastning eller til børnefamilier, bør akustikken tilgodeses.
Se herunder.
Trapperum og gange har ingen møblering og er desuden ofte forbundet til mange tilstødende lejligheder/erhverv. Støjende aktivitet kan derfor forstyrre mange beboere og ansatte.



MYNDIGHEDSKRAV
EFTERKLANGSTID (T) & ABSORPTIONSAREAL (A)

Følgende myndighedskrav anføres som funktions-krav i Bygningsreglementet 2018 (BR18). Der henvises desuden til relevante SBI-anvisninger, DS 490 og BR18 i sin originale version.
Desuden henvises til DS 490 og den supplerende vej-ledning fra SBI-anvisning 258.
$T \leq 0,9$ sek. i frekvensbåndet 125 Hz og $T \leq 0,6$ sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz.
$T \leq 1,3$ sek. i frekvensområdet 500-2.000 Hz.
$T \leq 0,9$ sek. i frekvensområdet 500-2.000 Hz.

KOMMENTARER

Max. værdierne gælder for hvert af 1/1 oktavbåndene fra 125-4.000 Hz. Max. afvigelse på 20 % ved 125 Hz tillades ved beregning. 10-15 % af absorptionsarealet bør dedike-res til lodrette flader.
Det anbefales, at der opstilles særlige projektkrav til større køkken-alrum og stuer med høj lofthøjde - også i fritliggende enfamiliehuse og sommerhuse. Denne type rum bør sidestilles med fælles opholdsrum i boliger.
Det anbefales generelt, at efterklangen holdes afbalanceret over hele frekvensspektret. Derfor bør fælles opholdsrum have en projekteret efterklangstid på 0,6 sek. i frekvens-området 125-4.000 Hz med den sædvanlige tilladte afvigelse på 20 % ved 125 Hz. Til fællesrum med en lofthøjde på mere end 4 m. og et rumfang større end 300 m³ anbefales krav til absorptionsareal: $A \geq 1,2 \times$ gulvarealet i frekvensområdet 125-4.000 Hz.
Det anbefales, at denne type rum sidestilles med gange i plejehjem, der i nogen grad anbefales til ophold. Se herunder.
Lydudbredelse kan med fordel specificeres i byggeprogrammet for gangarealer $D_{2,s} \geq 3$ dB.





2 BOLIGER

RUMTYPE

Plejehjem

BESKRIVELSE

Ældre mennesker er særligt følsomme over for støj på grund af aldersbetinget høretab, demens og andre lidelser. Desuden tyder flere studier på, at høje støjniveauer er forbundet med ”uønsket” adfærd fra beboerne, herunder social eksklusion, aggressiv adfærd, mv. Akustik kan argumenteres for at være direkte relateret til sværhedsgraden af demens eftersom symptomer forværres af stress og sænkes af social interaktion - støj stresser og social interaktion støttes af taleklarhed.



STØJ PÅVIRKER ALLE, OG NOGLE MERE END ANDRE. DET ER VIGTIGT, AT EN EFFEKTIV AKUSTISK REGULERING SIKRER EN MINIMAL BAGGRUNDSSTØJ SAMT EN GOD TALEFORSTÅELIGHED / SENIOR RESIDENCE ONNELANPOLKU, LAHTI FINLAND

MYNDIGHEDSKRAV EFTERKLANGSTID (T) & ABSORPTIONSAREAL (A)

Der henvises til BR 18 og den supplerende vejledning fra SBI-anvisning 258.

KOMMENTARER

Der anbefales stærkt øgede akustiske krav til denne type boliger: Fællesrum bør sidestilles med et fællesrum på en skole ($T \leq 0,4$ sek.). Plejeboliger bør sidestilles med sengestuer på hospitaler for at sikre klar kommunikation ved besøg ($T \leq 0,6$ sek.), og det anbefales, at gangarealer sikres en efterklangstid på 0,9 sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz for at mindske støjforurening. Lydudbredelse kan med fordel specificeres i byggeprogrammet for gangarealer $D_{2,s} \geq 3$ dB.



ET GODT LYDMILJØ PÅ PLEJEHJEM ER VIGTIGT. HYPPIGE KOMMUNIKATIONSPROBLEMER OG MISFORSTÅELSER FØRER TIL INDADVENDTHED, MANGLENDE SELVTILLID OG DEPRESSION. NEDSAT HØRELSE PÅVIRKER LIGELEDES DEN RUMLIGE SANS OG ØGER RISIKOEN FOR AT FALDE / VERPLEEGHUIS WILLIBRORD, HOLLAND



3 BOLIGER

Flot ser der ud i nye eller ombyggede huse – med store, åbne rum, loft til kip og minimalistisk indretning. Men de smukke, lyse rum ender ofte med at blive lidt af et støjhelvede.

Lyden i et rum er afgørende for, om der er rart at være – og om vi fungerer godt eller dårligt.

I mange danske hjem har vi fået lyse, moderne og flotte rum. Men de er ofte en prøvelse at opholde sig i. Det gælder særligt køkkenalrummet og stuen. Problemet er alle de glatte og hårde overflader: Store vægge, lofter, gulve og vinduer – og måske endda et loft til kip. De hårde flader spejler alle lyde på kryds og tværs i rummet: Børnestemmer, bestik og tallerkener, tv-lyd, køkkengrej. Helt slemt bliver det, når der er gæster. Lydene når ikke at dø ud, før de blandes med ny lyd.

Resultatet er et rum med masser af støj og en hård og rungende klang. Det er ubehageligt. Det bliver svært at forstå, hvad andre siger. For at fjerne lydproblemerne skal en eller flere af overfladerne i rummet beklædes med akustikplader. Ofte er det bedste at beklæde loftet. Ellers kan man dække enkelte vægflader. Man kan evt. supplere med væg-elementer i flot design eller med et påtrykt billede.

Anbefalinger til akustik i privatboliger:

For boliger er der normalt ikke krav til akustikken, Dog anbefaler BR 18 følgende: Som forslag til projekteringsværdi for større opholdsrum i boliger – også i fritliggende enfamiliehuse og sommerhuse – kan anvendes en efterklangstid på maksimum 0,6 sek. gældende for møblerede rum. Den foreslåede værdi svarer til grænseværdien for fælles opholdsrum i boligbyggeri.

I de seneste år har der været en klar udvikling i efterspørgsel på akustiske materialer til private boliger. Det skyldes, at mange er blevet mere opmærksomme på værdien af et godt akustisk indeklima.



PRIVATBOLIG / DANMARK



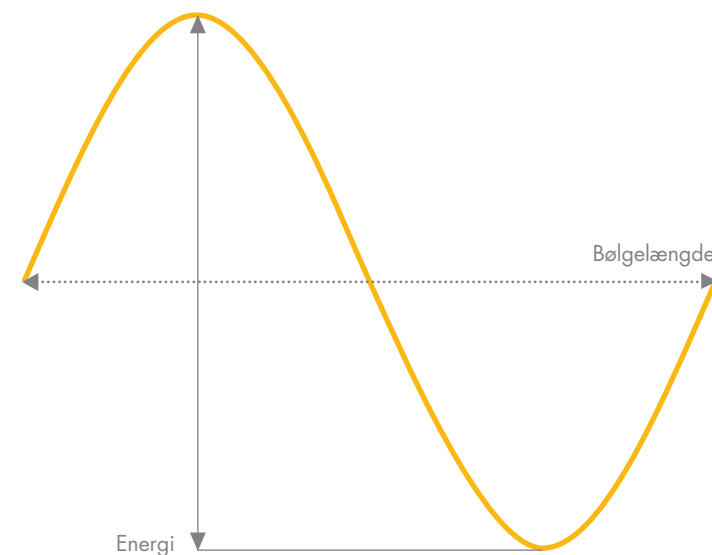


1 RUMAKUSTIK OG MYNDIGHEDSKRAV

En kort introduktion til grundbegreberne

Lyd opstår, når partiklerne i luften sættes i bevægelse. Dette sker eksempelvis, når vi taler. Partiklernes bevægelser skaber trykbølger, der transporteres gennem luft med en fart på ca. 340 meter pr. sekund. Lydbølger kan grundlæggende beskrives på to måder: Lydniveauet, der er et udtryk for hvor meget energi lyden indeholder og bølgelængden, der afgør lydens klang eller tonehøjde.

LYDBØLGE



LYDNIVEAU

Mængden af energi, som lyden indeholder, afgør afstanden fra bølgetop til bølgedal og kaldes lydniveauet - den måles i decibel (dB). Decibelskalaen er ikke lineær, men logaritmisk. Dette betyder bla., at mennesker oplever 10 dB som en fordobling af lydniveauet. Mennesket kan høre fra 0 til 120 dB, som også kaldes ”smertetærsklen.”

FREKVENNS OG FREKVENSBÅND

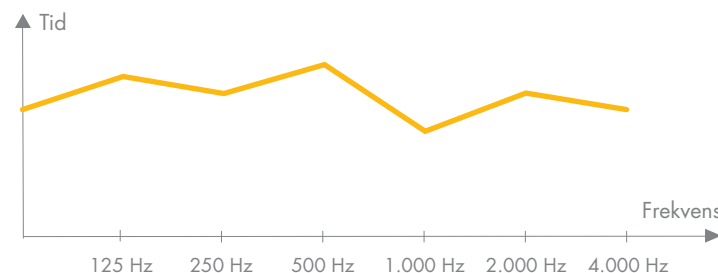
En lyd består af mange bølger med forskellige bølgelængder, der tilsammen danner lydens klang. En lydbølges længde afgør, hvor mange bølger, der kan forekomme på et sekund. Dette forhold kaldes også frekvens og måles i Hertz (Hz). Det hørbare spektrum ligger groft set imellem 20 og 16.000 Hz, gående fra mørk til lys klang. For overblikkets skyld inddeler man ofte dette spektrum i frekvensbånd, hvor hvert bånd er et gennemsnit af et frekvensområde. Inden for rumakustik arbejder man typisk med frekvensbåndene 125, 250, 500, 1.000, 2.000 og 4.000 Hz.

EFTERKLANGSTID

Den vigtigste parameter inden for rumakustik er efterklangstid. Efterklangstiden (T) er et udtryk for, hvor lang tid lydbølger reflekteres i et rum og repræsenterer groft sagt, hvor meget et rum støjer. Man måler efterklangstid i sekunder inden for bestemte frekvensbånd. Eksempelvis er myndighedskravet til trapperum i skoler $T \leq 1,3$ i frekvensområdet 500-2.000 Hz, hvilket betyder, at efterklangstiden skal være 1,3 sekunder eller under i frekvensbåndene 500, 1.000 og 2.000 Hz.

Kort sagt afhænger efterklangstiden af forholdet mellem et rums absorptionsareal og rumfang. Jo større rummet er, desto længere vil efterklangstiden blive. Det er specielt vigtigt, hvis man har at gøre med eksempelvis rum i dobbelthøjde og åbne miljøer. Modsat vil efterklangen mindskes jo større et rums absorptionsareal bliver. Et rums efterklangstid vil ofte fremstilles som en graf, hvor y-aksen er tid, og x-aksen frekvensbånd som vist herunder:

EFTERKLANGSTID



ABSORPTIONSAREAL

Et rums absorptionsareal (A) er et udtryk for den samlede mængde lydabsorption, som rummet indeholder. Jo større absorptionsareal et rum har, desto hurtigere vil lyden dø ud. Materialer absorberer lyd forskelligt afhængigt af frekvens, hvorfor myndighedskravene stiller krav til absorptionsareal over et frekvensområde (125-4.000 Hz).

Bygningsreglementet stiller krav til absorptionsareal frem for efterklangstid i større rum som åbne læringsområder og kontormiljøer. Typiske bygningsmaterialer og indretning bidrager forsvindende lidt til absorptionsarealet, hvorimod akustiske materialer bidrager betydeligt. Når det kommer til akustiske materialer, er det vigtigt at huske på, at deres egentlige areal ikke nødvendigvis er lig med deres absorptionsareal. Det afhænger nemlig af materialernes kvalitet. Spørg eller led derfor altid efter akustiske produkters absorptionsklasser, der går fra klasse A og ned. Jo bedre kvalitet akustisk materiale, der anvendes, jo mere bidrager det til rummets absorptionsareal, og desto færre kvadratmeter akustisk materiale er nødvendigt.

Se desuden side 48.

UDREGNING AF EFTERKLANGSTID

$$T = 0,16 * \frac{V}{A}$$

V = Rumfang
A = Absorptionsareal

4-stadie struktur

Desværre kan overholdelse af myndighedskrav i mange tilfælde ikke sikre et godt lydmiljø. Det anbefales derfor altid, at man går holistisk til værks. Det er nødvendigt at overveje alle elementer, der har effekt på lydmiljøet i prioriteret rækkefølge. Akustisk design af rum kan ansues som en pyramide inddelt i fire niveauer. Pyramidens nederste niveau er det vigtigste og mest grundlæggende. Hvert overliggende niveau bliver mindre vigtigt og mere ineffektivt, hvis niveauerne under ikke er blevet tilgodeset.

1: MATERIALER OG GEOMETRI

Dette er det vigtigste og mest fundamentale plan inden for akustisk design af rum. Først og fremmest bør man overveje, hvilke akustiske materialer rummet kan tilføjes. Her er det vigtigt at holde sig for øje, at ikke alle akustiske materialer har samme kvalitet. Læs om absorptionsareal på side 35. Rumgeometrien er desuden meget vigtig. Se side 37.

2: FUNKTIONELT DESIGN, INDRETNING OG ANVENDELSE

Derefter er det vigtigt at indrette rummet funktionelt akustisk set. Støjkilder skal så vidt muligt skærmes af fra støjfølsom aktivitet. Ift. plandesign kan rumanvendelse med fordel placeres gående fra stille til mere støjende aktivitet. Akustiske møbler og materialer kan anvendes til at skabe områder med mere effektiv akustisk privatsfærer.

3: MENNESKER OG ADFÆRD

Når rummet og indretningen er optimeret akustisk set, kan man derudover tage det menneskelige perspektiv til overvejelse. Ad-

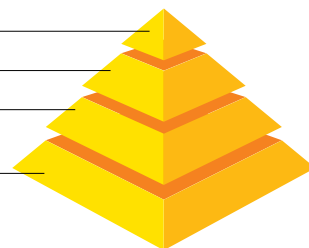
færd kan have stor effekt på støjniveauet i et rum, og en ændring i lydkultur kan være nødvendig i mange sammenhænge. Læs desuden mere om mennesker og psykoakustik på side 40.

4: TEKNOLOGISKE OG LYDLIGE INDGREB

Hvis de 3 foregående niveauer er fuldt optimerede, eller man ønsker et unikt og anderledes lydmiljø, kan man overveje at tilføre teknologiske og lydlig elementer. Herunder lydinstallationer, soundscaping og signalering.

AKUSTISK DESIGN AF RUM | 4-STADIE STRUKTUR

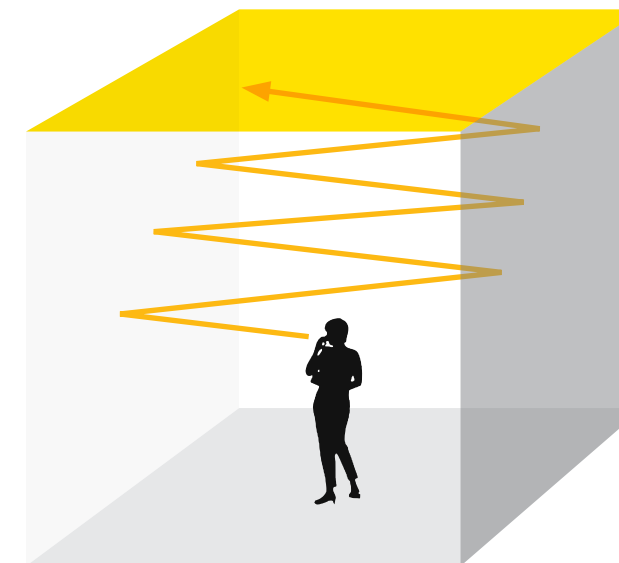
- 4 Teknologiske og lydlig indgreb
- 3 Mennesker og adfærd
- 2 Funktionelt design, indretning og anvendelse
- 1 Materialer og bygningsgeometri



Geometri og refleksioner

Når man overvejer lydrefleksioner inden for akustisk design, kan man for overblikkets skyld forestille sig lydbølger som vektorer. Det vil sige, at indfaldsvinklen er lig med udfaldsvinklen, som illustreret i diagrammerne på denne side. Det er let at se, hvordan man med denne viden kan vinkle overflader eller placere absorbenter strategisk for at mindske væg-til-væg refleksioner eller støjforurening. OBS: Dette er en operationel simplificering. Lyd er bølger, og deres bevægelser er langt mere komplekse end grundlæggende vektordynamik.

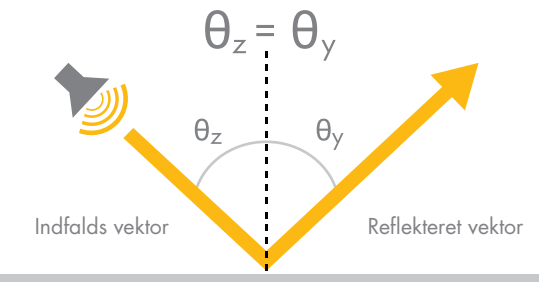
VÆG-TIL-VÆG-REFLEKSIONER | AKUSTISK LOFT



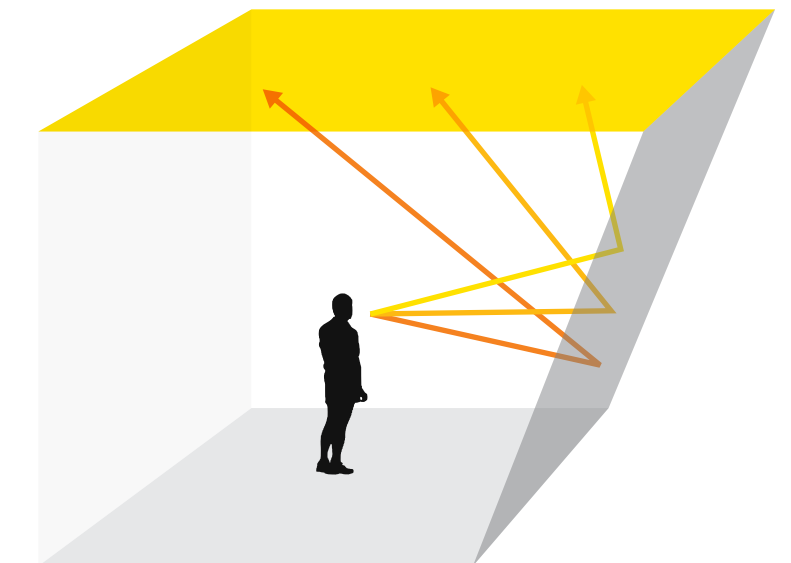
FORSIDEN | [KLIK HER](#)



OMDIRIGERING AF LYDBØLGER



SKRÅSTILLING AF VÆGELEMENTER | AKUSTISK LOFT



SIDE 37 | ECOPHON | AKUSTIKGUIDE



3 NUANCERET RUMAKUSTIK

Akustiske parametre

Rumakustik er langt mere nuanceret end krav og reglementer kan afdække. Hvis man for eksempel ønsker at skabe et godt lydmiljø i et åbent kontormiljø, er det ofte bedst at tage flere parametre til overvejelse end udelukkende absorptionsarealet. De fire vigtigste tekniske grundbegreber, som man bør arbejde med, er: Efterklang, taleforståelighed, lydstyrke og lydudbredelse. Tilsammen giver disse parametre en beskrivelse af den rumakustiske komfort.

Inden for akustisk design af rum er det ofte en fordel at have muligheden for at kvalitetssikre et givent design igennem flere objektive parametre. Ved at specificere disse parametre i byggeprogrammet fra starten, kan man sikre sig, at bygningen faktisk kan leve op til sit formål lige fra overdragelsen.

EFTERKLANG (ISO 3382-1 & 2)

Efterklang er det mest grundlæggende akustiske parameter, og betegner den tid, som lydbølgerne får lov til at reflektere frem og tilbage i et rum. Kirker har for eksempel altid relativ lang efterklang. Efterklangen har både en bestemt tid og bestemt klang, der afhænger af rummets størrelse, form, antallet af objekter og typen af overflader, mv. Læs mere om efterklang på side 33.

TALEFORSTÅELIGHED (ISO 3382-1)

Taleforståelighed betegner, hvor tydeligt tale opfattes. I et rum med efterklang og med forstyrrende baggrundsstøj kan det være svært at opfange tale.

Den lyd, der når lytteren først, kaldes direkte lyd. Den er fulgt af tidlige refleksioner genereret af de nærmeste hårde vægge/lofter. De tidlige refleksioner, der når lytteren inden for 50 m/s (+), er integreret med den direkte lyd og har dermed en positiv effekt på taleforståeligheden. De refleksioner, der kommer senere, kan opfattes som forstyrrende for taleforståeligheden.

Målingen af taleforståelighed (C50) sammenligner lydenergien i tidlige lydrefleksioner med de, der kommer senere. Den udtrykkes i dB. En høj værdi er positiv for taleforståelighed. Et andet mål for taleoverførsel er Speech Transmission Index (STI). STI er et udtryk for, hvor stor en procentdel af talen der er forståelig. STI = 1 svarer til 100 %, STI = 0,75 svarer til 75 % osv. Taletransmission er standardiseret under IEC 60268-16.

I tilfælde af dårlig taleforståelighed opfattes variationer og særligt konsonanter i tale dårligere. Faktorer, der svækker taleforståelighed, er for eksempel baggrundsstøj, lang efterklang og ekko.

LYDSTYRKE (ISO 3382-1)

Lydstyrke (G) er en betegnelse for, hvor meget akustikken bidrager til rummets støjniveau og måles i dB.

Måleenheden lydstyrke angiver lydniveauet i et rum i relation til lydniveauet i et ekkofrit rum med den samme lydkilde. Rummets lydstyrke G repræsenterer således, hvor mange decibel højere en lydkilde opleves på grund af lydrefleksioner fra rummets hårde overflader.

Et rums lydstyrke er vigtigt at holde sig for øje i rum, hvor der foregår særligt støjende aktiviteter, da en høj G-værdi kan betyde, at støjniveauet i rummet let kan eskalere.

Desuden er lydstyrke vigtig at være opmærksom på i mindre rum med lav efterklangstid. Et rum kan nemlig godt have en kort efterklangstid og stadig bidrage betydeligt til støjniveauet. Derfor er G-værdien særlig nyttig for mindre rum, hvor myndighedskravene ikke nødvendigvis er tilstrækkelige.

LYDUDBREDELSE OVER AFSTAND (ISO 3382-3)

I store og udstrakte rum som gangarealer eller åbne miljøer er krav til efterklangstid eller absorptionsareal ofte ikke tilstrækkeligt til at sikre et godt lydmiljø. I stedet bør man stille krav til lydets udbredelse over afstand. Denne parameter betegnes $D_{2,S}$ og måles i dB og beskriver, hvor meget lydniveauet falder, når afstanden fordobles.

Rummets materialer, geometri og indretning påvirker lydets udbredelse over afstand. Den mest effektive måde at mindske lydudbredelse over afstand er dog afskærmning med akustiske materialer.



AKUSTISK DESIGN AF ÅBNE PLANLØSNINGER ER EN SVÆR OPGAVE OG BØR DERFOR ALTID INDREGNES I BYGGERIETS TIDLIGE DESIGNFASE / ARLA FOODS, VIBY

Fra tordenskrald til barnegråd: lydbølger har en lang række fysiske, fysiologiske og psykologiske effekter på mennesker. Det er disse effekter og ikke selve lydbølgerne, der påvirker produktiviteten og trivslen på arbejdspladsen. Når vi designer akustikken på en arbejdsplads, er det derfor ikke nok at måle sig frem til, hvordan man opnår de bedst mulige tekniske parametre. Man bør desuden altid huske at designe i forhold til viden om, hvordan lyd og uønsket støj påvirker menneskers sundhed, trivsel og ydeevne.

Problemet med støj er ikke nyt. Allerede på sumerernes tid (3500-1750 fvt.) fortalte man om guden Enlil, der blev så vred over lyden fra en overbefolket by, at han oversvømmede den for at blive fri for den forstyrrende støj. Heldigvis har vi i dag andre måder at bekæmpe støj på. Men støj er fortsat en af de vigtigste årsager til utilfredshed, sygdom og tab af produktivitet.

LYDKOMFORT I KONTORMILJØET

Den psykologiske påvirkning fra støj mærkes oftere i rum, hvor mennesker befinder sig i længere tid ad gangen til eksempelvis arbejde, uddannelse og rehabilitering. Støj forårsager irritation, forøger stressniveauet og reducerer ydeevnen. For medarbejdere, der arbejder med kognitivt udfordrende opgaver, er støj særligt forstyrrende - og frustrerende. Der er endda tegn på, at stress fra støj påvirker ydeevnen også efter eksponeringen for støj.

Tidligere har indsatsen for at styre støj i bygninger været centreret om fysiske løsninger, som f.eks. akustiske lofter og lodrette barrierer.

Men kravene til det 21. århundredes arbejdspladser - især i forbindelse med åbne kontormiljøer - opfordrer til en mere kompleks tilgang, der både omfatter psykologiske, fysiologiske og fysiske løsninger.

RUMAKUSTIK, STRESS OG TRIVSEL

Paige Hodsman fra Saint-Gobain Ecophon og Dr. Nigel Oseland fra Workplace Unlimited står bag en omfattende gennemgang af den offentliggjorte litteratur om akustik på arbejdspladsen. Mere end 100 forskningsrapporter fra 1950'erne til nutiden er blevet vurderet med det formål at gøre det muligt for akustikere, arkitekter, indretningsarkitekter og ejendomsudviklere at arbejde sammen med ledere og ansatte om at levere sundere, gladere og mere produktive arbejdsmiljøer for alle. Deres analyse og anbefalinger er offentliggjort i rapporten Planning for Psychoacoustics: A Psychological Approach to Resolving Office Noise Distraction. Rapporten gennemgår de teoretiske aspekter ved støj, akustik, og psykoakustik og diskuterer derefter, hvordan denne viden kan bruges til at skabe menneske-centrerede arbejdsmiljøer.

DE FIRE IKKE-FYSISKE NØGLEFAKTORER

Hodsman og Oselands analyse af forskningslitteraturen identificerer fire vigtige, ikke-fysiske faktorer, som påvirker stimulering og støjopfattelse, og dermed ydeevne:

1. ARBEJDETS KARAKTER

Enkeltpersoner og teams udfører typisk en række arbejdsaktiviteter hele dagen, men har generelt kun ét arbejdsmiljø. Efter principperne om aktivitetsbaserede (fleksible) arbejdsmiljøer kan der leveres en række rammer, der er skræddersyede til at opfylde forskellige behov.

Tænk over:

- Arbejdets art
- Opgavernes kompleksitet
- Om multi-tasking er påkrævet
- Om opgaven kræver stilhed (dvs. koncentration).

2. STØJENS KONTEKST

Opfattelsen af støj påvirkes af forholdet til støjkilden. Generelt er vi tilbøjelige til at blive mindre forstyrrede af lydkilder, som vi forstår og føler os trygge ved. Det kan være samtaler, der er relevante for arbejdsgruppen, eller samtaler blandt tætte kolleger.

Tænk over:

- De ansattes holdninger til dem, der skaber støj
- Om støjen opleves som nødvendig.

3. FØLELSEN AF KONTROL OG FORUDSIGELIGHED

Det er afgørende for trivslen, at medarbejderne har en følelse af selv at kunne kontrollere deres lydmiljø. Alligevel vil det i mange

tilfælde ikke være anbefalelsesværdigt at overlade bekæmpelsen af støj til medarbejderne alene. Særligt ikke i store kontorlandskaber. Ofte har de mennesker, der har behov for støjreduktion, også en tendens til at undgå konfrontationer. Derfor kan en officiel støjpolitik være gavnlig. Den kan indeholde beskrivelser af acceptabel adfærd og anvise anerkendte signaler som f.eks. små 'jeg-har-travlt-flag' på skrivebordet eller brug af hovedtelefoner.

Tænk over:

- Om støjkilderne er sporadiske eller stabile
- Om støjen er forudsigelig
- Om de personer, der er udsat for støj, har kontrol over støjen eller har muligheder for at undslippe eller mindske den.

4. PERSONLIGHED OG HUMØR

Der er masser af tegn på, at de mest produktive teams har en rig blanding af personlighedstyper. Alligevel er de fleste arbejdspladser mere egnet til de ekstroverte typer på grund af de åbne kontorlandskaber. Psykologisk profilering bruges ofte til at bestemme, om en person har den relevante personlighed og holdning til at blive medlem af en organisation eller et team, men det kan også bruges til at sætte folk sammen, som foretrækker og fungerer bedre i bestemte akustiske miljøer. En endnu bedre mulighed er at skabe velegnede rum til forskellige personlighedstyper og give medarbejderne mulighed for at vælge, hvor de ønsker at arbejde.

Tænk over:

- Hvem er mest følsomme overfor støj?
- Hvem søger stimulering? Hvem søger ensomhed?
- Hvad er effekten i rummet, når stemningen skifter?



5 KVALITETSSIKRING

Akustiske beregninger, simuleringer og målinger

KVALITETSSIKRING

På trods af, at Bygningsreglementet anfører klare grænseværdier for rumakustik, sker det desværre ofte, at den færdige bygning ikke lever op til disse krav. Det er langt dyrere og sværere at rette op på en bygning med forfejlet akustik, end det er at skabe et godt akustisk resultat fra starten. Derfor er det en god idé at sætte sig ind i, hvordan man kvalitetssikrer akustikken i sit projekt.

BEREGNINGER OG SIMULERINGER

Projektering af efterklangstid foretages ofte igennem den standardiserede udregningsmetode DS/EN 12354-6:2004, også kendt som Sabineberegning. Denne beregningsmetode er relativt simpel og pædagogisk, men beklageligvis også upræcis. Det anbefales derfor at anvende 3D-simuleringer i programmet ODEON eller lignende til at dokumentere, at bygningen vil efterleve de projekterede krav til efterklangstider i møbleret tilstand. Sabineberegning kan stadig anvendes til at beregne ækvivalent absorptionsareal i det omfang, at absorptionsarealet er jævnt fordelt i rummet, og møbleringen ligeledes medtages i beregningen. Desuden stiller Ecophon også en avanceret akustikberegner gratis til rådighed på vores hjemmeside: www.ecophon.dk/akustikberegner.

EFTERMÅLINGER

Eftermålinger bør altid udføres efter, at bygningen er færdiggjort for at kontrollere det akustiske indeklima og afdække eventuelle

problemer. Målinger skal udføres ifølge DS/EN ISO 3382-3: 2012 og SBI-217 i møblerede rum uden brugere. Målinger bør desuden udføres i mindst ét vilkårligt rum af hver type, som projektet omfatter, således at alle typer rum kontrolleres. Det bør desuden altid understreges i byggeprogrammet, at akustiske målinger ikke skal udføres i f.eks. fremvisningslokaler, der færdiggøres før det resterende byggeri. I forbindelse med eftermålinger tillades en afvigelse på 20 % i op til to frekvensbånd. For trapperum og gange kun et frekvensbånd.



BIOFILISK DESIGN I PRAKSIS / GOOGLES HOVEDKONTOR, DUBLIN, IRLAND

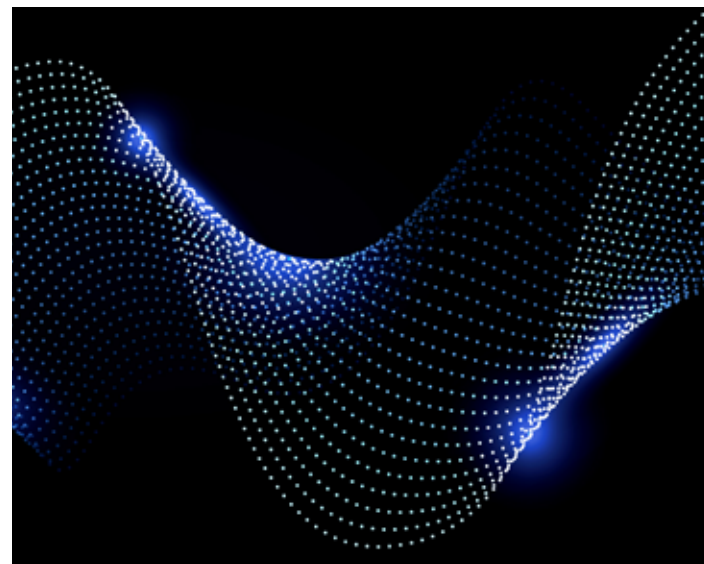
ABSORBENT

Materiale / bygningselement, der dæmper lyden. f.eks. en akustikplade i loftet eller på væggen.

ABSORPTIONSKLASSE

Klassificering af lydabsorbenter i absorptionsklasserne A til E i henhold til den internationale standard EN ISO 11654, gældende for frekvensområdet 250-5.000 Hz.

AKUSTIK



Akustik er termen for læren om lyd, og hvordan lyd opleves. Feltet akustik er inddelt i flere forskellige områder. Ordet akustik kommer fra det græske ord akoustikos (“om at høre”) og akouo (“at høre”).

AKUSTIKFLÅDER

Vandrette frithængende akustikplader.

AKUSTIKPLADER

Fladt bygningselement til brug i indendørs rum for at dæmpe efterklang og forbedre akustikken.

ARTIKULATIONSKLASSE (AC)

Klassificering af nedhængte lofter ud fra lofternes evne til at bidrage til akustisk taleuforstyrrelse/privacy i kontorlandskaber. AC beregnes ud fra loftets evne til at dæmpe mellem områder (mellemzonedæmpningen) i henhold til ASTM E-1110. Artikulationsklassen (AC) kan udregnes fra interzone-dæmpningen. Dette kan derefter anvendes som et værktøj til at klassificere og sammenligne akustiske loftsystemer. Jo højere AC, desto bedre tale i åbenplansmiljøer. Det anbefales, at man anvender et nedhængt loft med en artikulationsklasse på min. 180 for at opnå et acceptabelt niveau af kommunikations-privatsfære. En høj artikulationsklasse giver en øget kommunikations-privatsfære/uforstyrrelse. Fortrolig samtale og arbejdsopgaver, der kræver koncentration, behøver en stor grad af uforstyrrelse.

ARTIKULATIONSTAB AF KONSONANTER (%-ALCONS)

En metode til objektivt at måle taleopfattelsen. %-Alcons viser antallet af mistede konsonanter udtrykt i procent. Konsonanterne spiller en mere væsentlig rolle for taleopfattelsen end vokaler. Hvis man hører konsonanterne ordentligt, forstår man talen godt.

ASTM C 423

Standard testmetode vedrørende lydabsorption og lydabsorptionskoefficienter. Se også: www.astm.org/Standards/C423.htm

ASTM E-1110

Standardklassifikation for bestemmelse af artikulationsklasse. Se også: www.astm.org/Standards/E1110.htm

ASTM E-1414

Standard testmetode til luftbåren lyddæmpning mellem rum, der deler et fælles loftsplenum. Se også: www.astm.org/Standards/E1414.htm

BAFFLER

Lodrette frithængende akustikplader.

BAGGRUNDSSTØJ

Baggrundsstøj kan være tale, skramlen med stole, susende ventilation, trafikstøj, støj fra maskiner og apparater, støj fra korridorer, tilstødende lokaler og skolegårde. Øget baggrundsstøj kan have langsigtede negative indvirkninger som f.eks. sygdom, træthed, nedsat produktivitet og effektivitet. Derfor anbefales det ikke at forsøge at opnå bedre daglig taleuforstyrrelse ved at øge ventilationsstøjen eller anvende andre lydsystemer. Mennesker er forskelligt følsomme over for lyd og støj generelt. Se side 40.

dB (DECIBEL)

Se **Lydtryk/Lydtryksniveau**

dB(A) & dB(C)

Se **Lydtryk/Lydtryksniveau**

EN ISO 354

Standard vedrørende måling af lydabsorption i efterklangsrum. Standarden beskriver en metode til bestemmelse af materialers lydabsorptionskoefficient ved måling af efterklangstid i rum.

EN ISO 717-1

Standard vedrørende vurdering af lydisolation i bygninger og af bygningsdele - Del 1: Luftlydisolation.

EN ISO 10848-2

Standard vedrørende laboratorie- og feltmålinger af flanketransmission for luftlyd, trinlyd og lyd fra byggeteknisk udstyr mellem tilstødende rum – Del 2: Type B-elementer, hvor samlingens indflydelse er ubetydelig.

EN ISO 11654

Standard vedrørende lydabsorbenter i bygninger. Vurdering af lydabsorption. Denne standard angiver en metode til beskrivelse af den frekvensafhængige lydabsorption ved en enkelt talværdi.

EFTERKLANG

Efterklang opstår, når lydbølger fanges i et lukket rum.

EFTERKLANGSTID (T ELLER RT)

Den tid, det tager for et lydniveau at falde med 60 dB, efter at lyden er ”koblet fra” (i praksis den tid det tager lyden at dø ud). Ved at måle efterklangstiden kan man beregne rummets totale lydabsorption. Efterklangstiden varierer med frekvensen. I praksis stammer T fra det tidspunkt, hvor henfaldskurven først når 5 dB og 25 dB under det oprindelige niveau, kaldet T20.

7 AKUSTISK ORDLISTE

FLUTTER EKKO

Opstår, når støj kastes frem og tilbage mellem parallelle overflader i et rum.

FREKVENNS (HZ)



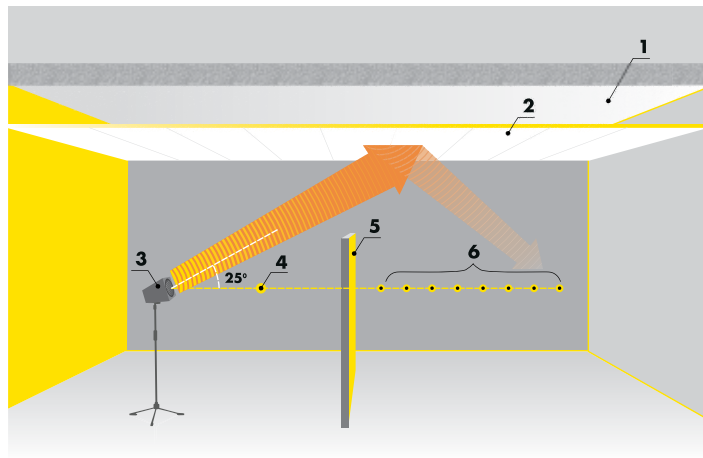
Ligesom bølger i vand bevæger lydbølger i luft sig med en vis konstant hastighed (340 m/s). Frekvensen af bølgerne er antal af toppe pr. sekund og udtrykkes i hertz (Hz). Jo højere tallet er, desto lysere tone og vice versa (henholdsvis diskant og bas). Hyppighed af tale ligger primært mellem 125 og 8.000 Hz, mens hørbar lyd ligger mellem 20 og 20.000 Hz.

HERTZ / HZ

Se **Frekvens**

INTERZONE-DÆMPNING

Målinger af interzone-dæmpning viser de lydreflekterende karakteristika af loftsystemer, når de anvendes sammen med skillevægge. Denne løsning anvendes typisk i kontorer for at opnå taleuforstyrrelse mellem arbejdsstationerne.



- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1. Plenum | 4. Reference-lokation (kilde) |
| 2. Loft testeksempel | 5. Skærm |
| 3. Højtaler | 6. Måleudstyrets placering |

Målingen, der sættes op til interzone-dæmpning, klares ud fra et defineret layout med en 1,5 meter høj afstandsdeler og definerer steder for kilde og modtager. Interzone-dæmpningen beregnes efter de forskellige lydtryk mellem kilde og modtager for hver 3. oktavbånd i frekvensområde 200-5.000 Hz og ved hver afstand.

Det frekvensinterval, der normalt kan høres af mennesker, ligger mellem 20 og 20.000 Hz.

KOMFORTAFSTAND

Komfortafstand svarer til den afstand, hvor lydtryksniveauet falder til et foruddefineret acceptabelt komfortniveau.

LOFTDÆMPNINGSKLASSE (CAC)

Enkeltværdi for laboratorieafmålt lydisolations af nedhængt loft mellem to rum i henhold til ASTM E 1414. Denne måling omhandler kun lydtransmissionen gennem loftet.

LPA OG LPC

Se **Lydstyrke**

LUFTLYDISOLATION

Den samlede evne, som et byggeelement eller en bygningsstruktur har til at reducere lydtransmission fra et rum til et andet.

LYDABSORBENTER

Materialer og konstruktioner med evne til at ”opsuge” lydenergi og omdanne den til en anden form for energi. Lydabsorbenter forbedrer rumakustikken ved at mindske lydrefleksioner i rummet. Det sænker støjniveauet og forkorter efterklangstiden.

LYDABSORPTION

Lydabsorption betyder, at lydenergi omdannes til mekanisk svingningsenergi og/eller varmeenergi. Lydabsorption udtrykkes gennem lydabsorptionskoefficienten α eller lydabsorptionsklasserne A til E i henhold til EN ISO 11654 eller NRC/SAA i henhold til ASTM C 423.

Et materiales lydabsorptionsegenskaber er udtrykt ved lydabsorptionskoefficienten, α , (alpha), som en funktion af frekvensen.

α går fra 0 (total refleksion) til 1,00 (total absorption).

Lydabsorptionskoefficienten måles normalt ved rummetoden. Målingerne er udført i et stort rum med et diffust lydfelt, dvs. lyden har jævnt fordelte indfaldsvinkler mod prøvebanen.

Målemetoden følger en international standard betegnet som EN ISO 354. Den tilsvarende amerikanske standard er ASTM C 423 (måleresultater i henhold til denne viser ofte lidt højere resultater). Rummetoden anvendes normalt til at præsentere produktinformation.

De lydabsorberende egenskaber klassificeres i henhold til EN ISO 11654, som angiver lydabsorptionsklasser.

LYDABSORPTIONSGENNEMSNIT (SAA)

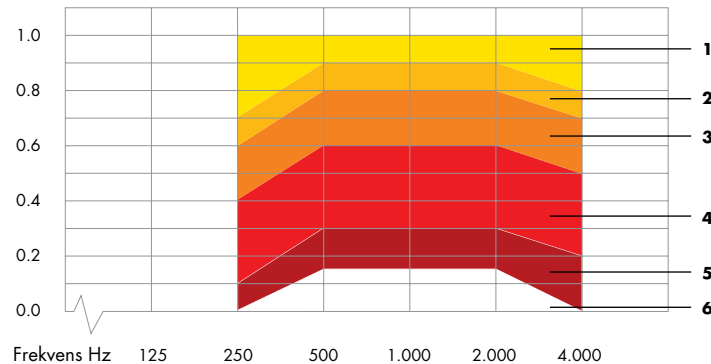
SAA står for Sound Absorption Average og er en værdi for lydabsorption i henhold til ASTM C 423, inklusive de tredje oktaver i frekvensområdet 200-2.500 Hz.

LYDABSORPTIONSKLASSE

Klassificering af lydabsorbenter i absorptionsklasserne A til E i henhold til den internationale standard EN ISO 11654 i frekvensområdet 200-5.000 Hz.

Absorptionsdiagrammerne i denne udgivelse viser den praktiske lydabsorptionskoefficient, α_p i henhold til den internationale standard EN ISO 11654. Den samme standard definerer lydabsorptionens enkelte værdi, α_w , og lydabsorptionsklasserne, som angives for produkterne i denne udgivelse.

α_p Praktisk

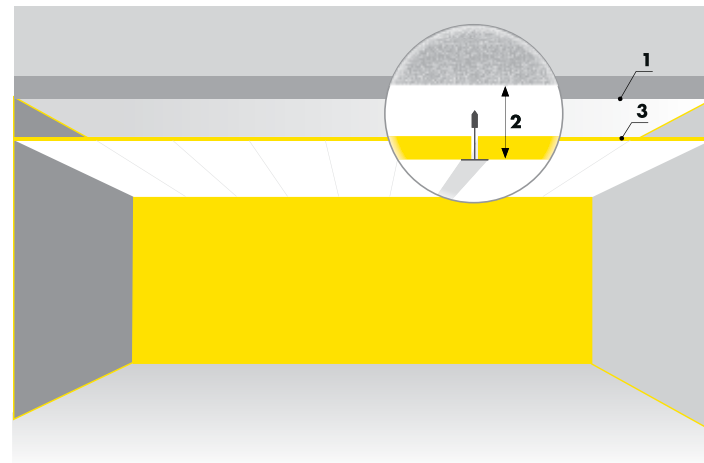


1. Absorptionsklasse A
2. Absorptionsklasse B
3. Absorptionsklasse C

4. Absorptionsklasse D
5. Absorptionsklasse E
6. Uklassificeret

Absorptionsklasserne er betegnet A-E, hvor absorptionsklasse A har den højeste lydabsorption. En total konstruktionshøjde på systemet (tkh) skal altid angives for en given absorptionsklasse. ASTM-standarden C 423 specificerer to forskellige værdier,

NRC (Noise Reduction Coefficient), og begge værdier er kalkuleret som et gennemsnit af frekvensværdierne (250-2.000 Hz og henholdsvis 200-2.500 Hz).



1. Rumoverflade
2. Total konstruktionshøjde (tkh)
3. Lydabsorbent

Alle typer lydabsorptionsværdier og kurver skal ledsages af tal, der angiver en total konstruktionshøjde (tkh). Lydabsorptionstal, uden tilsvarende tkh, er utilstrækkelige og kan ikke anvendes til sammenligning.

Bemærk: De angivne absorptionskoefficienter så vel som brandegenskaberne bliver forringet i forbindelse med maling.

Kontakt **Ecophon** for spørgsmål angående dette.

LYDUDBREDELSE OVER AFSTAND ($D_{2,s}$)

Graden hvormed lydniveauet aftager, efterhånden som afstanden til lydkilden øges. Se side 39.

LYDISOLERING

En konstruktions evne til at forhindre lydenergi i at passere fra et rum til et andet. Lydisolering måles ved forskellige frekvenser, normalt ved 100 - 3.150 Hz. Luftlydisolation udtrykkes som en enkeltværdi D_n , c, w, R_w eller $R'w$. Trinlydisolation udtrykkes som en enkeltværdi L_n ,w eller $L' n$,w .

LYDTRANSMISSION

Overførsel af lyd gennem et materiale.

LYDSTYRKE (G)

Se side 39.

LYDTRYK/LYDTRYKSNIVEAU $D_{2,s}$ (dB)

De variationer, som lydbølger i luft skaber, kaldes lydtryk. Det laveste lydtryksniveau, som man kan opfatte, er 0 dB og kaldes høretærsklen. Det højeste niveau, som man kan udholde, kaldes smertegrænsen og ligger på cirka 120 dB.

LYDREDUKTIONSKOEFFICIENT (NOISE REDUCTION COEFFICIENT – NRC)

Enkeltværdi for lydabsorption i henhold til ASTM C 423, udledt som middelværdien af 4 frekvenser i frekvensområdet 250-2.000 Hz.

NRC (NOISE REDUCTION COEFFICIENT)

Se **Lydreduktionskoefficient**

PRIVACY (TALEUFORSTYRRETHED)

Akustisk privatsfære i kontorlandskaber udtrykkes gennem Articulation Class (AC).

RASTI (ROOM ACOUSTICAL SPEECH TRANSMISSION INDEX)

RASTI er en objektiv måde at måle taleopfattelsen på. Ved at placere en højttaler, som udsender lyd fra talerens plads, og en mikrofon på lytterens plads, måler man taleopfattelsen i 2 frekvenser: 500 og 2.000 Hz. (Se også STI).

Se også **Taleopfattelse**

SAA (SOUND ABSORPTION AVERAGE)

Se **Lydabsorptionsgennemsnit**

SABINES FORMEL

Fysikeren Wallace Clement Sabine (1869-1919) udledte i Riverbank, vest for Chicago, den meget anvendte Sabines formel ($T=0,16 \cdot V/A$), der viser sammenhængen mellem efterklangstid (T s), rummets volumen (V m³) og mængden af absorption (A m²).

SIGNAL TO NOISE RATIO (S/N)

Et vigtigt parameter, der påvirker taleforståeligheden, er baggrundsstøjniveauet eller mere præcist *the signal to noise ratio* (S/N). Dette er forskellen mellem signal (eksempelvis tale) og baggrundsstøj (eksempelvis ventilationsstøj). For at opnå god taleforståelighed anses et signal for at være mindst 15 dB over støjniveauet. For mennesker med høreproblemer er behovet større; en forskel på mindst 20 dB er ofte tilfældet. På den anden side: hvis signal/støj forskellen er meget mindre, eller det er lavere end støjen, vil signalet blive delvist skjult. Dermed kan man opnå lidt privacy/taleuforstyrrelse.

9 AKUSTISK ORDLISTE

STANDARD CLASSIFICATION FOR DETERMINATION OF ARTICULATION CLASS

Se Artikulationsklasse

STI (TALETRANSMISSIONSINDEKS)

Ligner RASTI-metoden, men er en mere komplet form for måling af taleopfattelsen ved at måle samtlige oktavbånd i frekvensområdet 125-8.000 Hz.

Se også Taleopfattelse

STØJ

Uønsket lyd. Støj kan ofte være en individuel oplevelse af en speciel lyd, for eksempel en baggrundsstøj.

TALEFORSTÅELIGHED

Taleforståelighed omhandler tydeligheden af den tale, der når lytteren.

TALEOPFATTELSE

Taleopfattelsen er direkte afhængig af niveauet på baggrundsstøjen, efterklangstiden og rumformen. Der findes forskellige metoder til at måle taleopfattelsen. De mest almindelige er RASTI, STI og %-Alcons.

TALETRANSMISSIONSINDEKS

Se STI

TALEUFORSTYRRETHED

Se Privacy

TOTAL KONSTRUKTIONSHØJDE (TKH)

– også kaldet ODS (Overall Depth of System) beskriver afstanden mellem nedhængt produkt og konstruktion.

TRINLYDISOLERING

Dæmpning af lyden fra trin.

VERTIKAL LUFTLYDDÆMPNING

Dæmpning af luftbåren støj mellem etager.

Se desuden Lydisolering

%-ALCONS

Se Artikulationstab af konsonanter



PÅ UNIVERSITETET ER DER HØJT TIL LOFTET, OG DER ER BETONGULV. VED HJÆLP AF BEREKNINGER OG MÅLINGER ER DEN PERFEKTE MÆNGDE AKUSTIKABSORBENTER MONTERET, FOR AT SKABE BEHAGELIG AKUSTIK / MFA + HOGESCHOOL ZUYD LIGNE, SITTARD HOLLAND



KONTAKT

Hos Ecophon bruger vi meget tid og mange ressourcer på at få ny viden om rumakustik, og hvordan lyd påvirker os og rumakustik – enten ved at gennemføre egne studier og forskningsprojekter eller ved at overvåge og indsamle forskning udført af andre.

Ecophon har omkring 25 personer over hele verden, der ikke foretager sig andet end at studere rumakustik, diskutere rumakustik og uddanne andre mennesker i rumakustikkens betydning. De er vores eksperter!

AKUSTISK VIDENSBANK www.ecophon.dk/viden

På denne side kan du læse om, hvordan vi bliver påvirket af støj og dårlig akustik. Du kan læse, hvordan vi indretter rum, som mennesker trives i, hvordan du både skal være opmærksom på rummets funktion og dets fysiske karakter. Og du kan læse mere om, hvordan forskellige typer løsninger fungerer.

ACOUSTIC BULLETIN www.acousticbulletin.com

Acoustic Bulletin er en global platform, hvor slutbrugere, arkitekter og akustikere har adgang til viden, holdninger og løsninger til rumakustisk design. På bloggen Acoustic Bulletin:

- deler vi forskningsresultater
- analyserer trends
- diskuterer byggestandarder
- præsenterer læring fra case studies
- inviterer gæstebloggere fra hele verden til at dele deres ekspertise og synspunkter



MØD MORTEN ROAR BERG - SPECIALIST I AKUSTISK DESIGN
Lær mere om akustiske materialer, parametre, designmuligheder og ikke mindst akustisk designs betydning for trivsel i bygninger. Hvor opstår problemerne, hvad kan vi gøre ved dem, og hvordan kan man forene arkitektonisk og akustisk design?

Ecophon leverer forskningsbaserede akustikløsninger, og vi deler gerne ud af vores viden om akustiske forhold til virksomheder i byggebranchen. Denne assistance udføres dagligt af konceptudviklere. Konceptudviklere hjælper med at opnå det bedste akustiske resultat for hvert enkelt projekt og for at opkvalificere kompetencerne inden for akustik i hele byggebranchen. Morten Roar Berg er specialist i akustisk design og tilbyder gratis rådgivning. Han tilbyder for eksempel rådgivning om bygningsdesign, materialevalg, symmetri, lovgivning, standarder, støj, akustiske parametre, rumtyper og specielle brugerbehov.

Kontakt Morten Roar Berg:
Telefon: +45 36 77 09 09
Direkte: +45 36 34 49 07
Mobil: +45 42 12 79 69
E-mail: morten.berg@ecophon.dk



KONTAKT ECOPHON
For os er det meget vigtigt, at du altid får en god rådgivning omkring akustik. Det skal ikke være besværligt at skaffe den nødvendige og opdaterede viden, for at et byggeprojekt bliver projekteret korrekt fra starten.

Tag os derfor med på råd i de tidlige faser, gerne allerede i idé/konkurrencefasen.

Vi står til rådighed og hjælper dig gerne videre.



Kontakt Ecophon:
Telefon: +45 36 77 09 09
E-mail: info@ecophon.dk
Website: www.ecophon.dk



REFERENCELISTE

1. **Klatte, M.; Lachmann, T.:** A lot of noise about learning: Acoustic conditions in classrooms and what they mean for teaching, Germany (2009).
2. **Tiesler, G., Oberdörster, M.:** Acoustic ergonomics in schools, Bremen University, Germany (2006).
3. **Classroom Acoustics:** A New Zealand Perspective, Oticon Foundation in New Zealand (2002).
4. **MacKenzie, D. J., Airey, S.:** Classroom Acoustics – A Research Study, Heriot-Watt University, United Kingdom (1999).
5. **Shield, B.M. & Dockrell, J.E.:** The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children, Journal of the Acoustical Society of America, USA (2008).
6. **Passchier-Vermeer W:** Noise from toys and the hearing of children. Leiden, Tyskland (1991).
7. **Louis Clément:** Støj i børnehaver kræver høreværn, Ingeniøren, Danmark (1996).
8. **Sundhedsstyrelsen:** Støj i dagtilbud til børn (forebyggelse heraf), Danmark (2009).
9. **Fried et al:** The joint effects of noise, job complexity and gender on employee sickness absence, Journal of Occupational and Organizational Psychology, USA (2002).
10. **Brill, Weidemann,** Disproving Widespread Myths about workplace design, BOSTI associates, 2001.
11. **Mark, Gonzalez:** No Task Left Behind? Examining the Nature of Fragmented Work, University of California, USA (2005).
12. **Evans, Johnson:** Stress and open office noise, Cornell University, Journal of Applied Psychology, USA, (2000).
13. **CH. Weise:** Investigation of patient perception of hospital noise and sound level measurements: before, during and after renovations of a hospital wing, Durham School of Architectural Engineering, – Dissertations and Student Research, Nebraska (USA 2010).
14. **Minckley,** “A study of noise and its relationship to patient discomfort in the recovery room”, Nursing Research, USA (1968).
15. **Mahmood et al.,** “Nurses’ perception of how physical environment affects medication errors in acute care settings”, Applied Nursing Research (2011).



EN ÆSTETISK OG FLOT AKUSTISK LØSNING, DER PASSER TIL MILJØET / DOMAINE LA CAVALE, CUCURON FRANKRIG



EGNE NOTER



AKUSTIK GUIDEN



I DENNE GUIDE FINDER DU DE AKUSTISKE MYNDIGHEDSKRAV RUM FOR RUM.

LIGELEDES INDEHOLDER GUIDEN ANBEFALINGER TIL NETOP DEN RUMTYPE, DU SKAL ARBEJDE MED.

GUIDEN ER UDARBEJDET I HENHOLD TIL **BYGNINGSREGLEMENTET 2018.**