

AKUSTIK GUIDEN ARKITEKTUR DESIGN LYD AKUSTIK

TILPASSET BR18 | KONTORER | UDANNELSESINSTITUTIONER | DAGINSTITUTIONER | HOSPITALER




1 AKUSTIKGUIDE

Ny version i henhold til Bygningsreglementet 2018
 Her finder du de nye myndighedskrav samt enkelte 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.

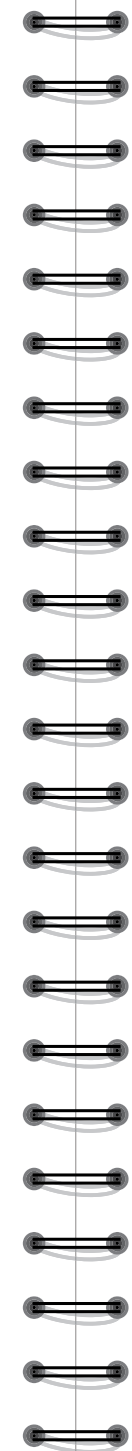
Derfor har vi desuden tilføjet en beskrivelse af hver rumtype og anbefalinger til, hvordan du kan designe et godt lyd miljø i lige netop den bygning, du arbejder med. Hver bygningstype af sit eget kapitel.

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

Myndighedskravene beror henholdsvis på efterklangstid (T) og absorptionsareal (A), der beskrives på side 33.

Sidste kapitel af 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 de akustiske udfordringer, som du har i netop dit byggeprojekt. Kontakt os på telefon: **3677 0909** eller find mere information på **www.ecophon.dk**.

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



Bygningstyper i denne guide

UDDANNELSESINSTITUTION

Lyd miljøet er afgørende, hvis undervisningen skal lykkes. Det er afgørende for kommunikationen mellem elever og lærere. Det er afgørende for koncentrationen. Utallige undersøgelser påviser, hvor vigtigt et godt lyd miljø 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 lyd miljø. (1)
- Et godt lyd miljø 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 lyd miljø gør, at eleverne taler 10 dB lavere. (4)
- Når lyd niveauet stiger med 10 dB falder karaktergennemsnittet med 7 %. (5)

DAGINSTITUTION

Daginstitutioner har ofte alarmerende høje støjniveauer, hvorfor der stilles 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. I daginstitutionsalderen er børns hørelse stadig under udvikling og er særlig påvirkelig for høreskade. Samtidig er personalet ofte kronisk udsat for støj, der har en lang række negative følgevirkninger. For udsatte børn kan det i værste fald medføre socialiserings- og indlæringsproblemer på sigt.

Studier viser at:

- I daginstitutionsalderen er børns hørelse stadig under udvikling og er særlig påvirkelig for høreskade. (6)
- I visse daginstitutioner kan støjniveauet overskride 80 dB over en arbejdsdag, hvilket omtrentligt svarer til at stå 1 m fra en befærde motorvej. (7)
- Ved kronisk udsættelse for støj kan børn få problemer med sprogtilegnelse, hvilket kan sænke mental udvikling grundet mindsket 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 adrenaliniveauer 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. 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.

HOSPITAL

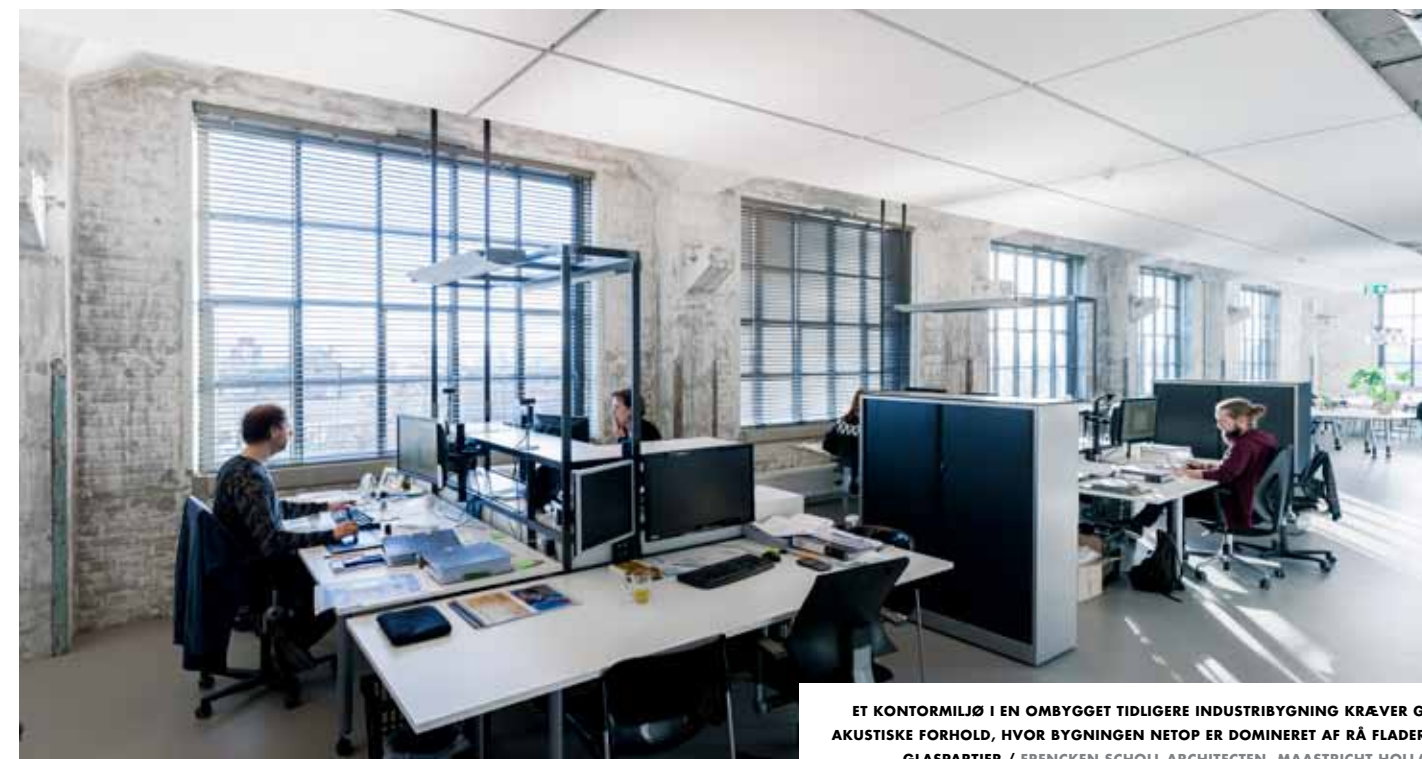
På hospitaler foregår størstedelen af kommunikationen mundtligt, hvilket bogstaveligt talt gør et godt akustisk miljø essentielt for de indlagte patienter. Støj påvirker desuden patienters rehabiliteringsevner, da det forstyrrer hvile. Hospitaler er desuden underlagt stærke krav til hygiejne, hvilket 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, skabe rastløshed og øge pulsen hos patienter. (13)
- Et godt lydmiljø reducerer forbrug af smertestillende medicin. (14)
- Forhøjede støjniveauer skaber kommunikationsproblemer, der leder til fejl i patientpleje. (15)

PRODUKTION /LEVNEDSMIDDEL

I levnedsmiddelsbranchen 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

BESKRIVELSE

Generelt

Efterklangstiden i rum skal være reguleret i overensstemmelse med rummenes anvendelse, således at de, der opholder sig i rummene, ikke generes af rummets akustik.

Undervisningslokaler Skoler, universiteter, gymnasier mv.

I undervisningslokaler er det vigtigt, at efterklangstiden er tilstrækkelig kort, og at støjniveauet er lavt. Dette har meget stor betydning for elevernes læring og indlæring.

Klasselokaler

Se også under kommentarer:

lokale til særundervisning, SFO, Grupperum, mv.

Selvom det typiske klasselokale stadig er den mest anvendte rumtype på skolerne, ser man ofte, at lokalerne også skal understøtte gruppe- og individuelt arbejde. Hvis lokalet også anvendes til særundervisning, skal der projekteres efter dette.

Fællesrum og - gange, der anvendes til gruppearbejde

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.

Fællesgange, der ikke benyttes til grupperarbejde og lignende

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

Trapperum

Se ovenstående

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
 $T \leq 0,4-0,5$ sek. i mindre undervisningslokaler samt rum til elever med særlige behov.
Særkrav: 0,4 sek. i Storkøbenhavn

$T \leq 0,4$ 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. Såfremt lokalet skal bruges til specialundervisning, eller der er hørehæmmede børn, så er kravet iflg. anvisningen 0,4 sek. Hvis lokalet desuden skal bruges til gruppearbejde, bør det klassificeres som et fællesrum – se næste række. Specielle talereflekterende materialer kan installeres, så taleforståeligheden ned gennem lokalet bevares. Der stilles ikke krav til taleforståelighed i klasselokaler, selvom tale er deres grundlæggende funktion. Disse krav kan dog med fordel tilføjes byggeprogrammet for at sikre, at rummet lever op til dets formål.

Absorberende materialer bør spredes så jævnt i hele rummet som muligt. Specielle talereflekterende materialer kan installeres, så typiske talepositioner forstærkes, hvis det forventes, at instruktioner skal gives under gruppearbejdet.

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.

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. Dette 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.

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, hvilket bidrager til øget støjniveau, når rummets personbelastning vokser. Det er vigtigt at overveje, hvilke funktioner rummet skal tjene: eksempelvis skolesamlinger, fester, specielle lejligheder etc. Rummets akustik bør tilrettelægges efter placering af evt. elektronisk lydforstærkning, talepositioner og stå-/siddepladser.

Undervisningsrum til sang og musik mindre end 250 m³ (korsang og musik)

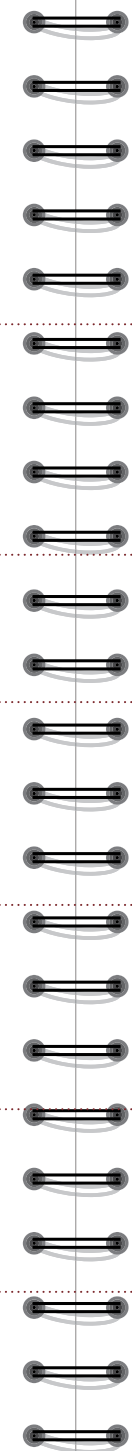
Musiklokaler til sang og akustisk musik er et af de unikke tilfælde, hvor en længere efterklangstid er gavnlig. Ofte har forskellige typer af ældre og specielt klassisk musik forskellige efterklangstider, hvorved musikken vil fungere optimalt. Ideelt set vil denne type musikrum være indrettet med variabel 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, hvilket overflødiggør 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 sløjdløse kræver stor koncentration, og det skal være muligt for læreren at nå tydeligt frem med sine budskaber (sikkerhedsaspekt). I et sløjdrum er der ofte mange hårde materialer, hvilket 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)

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

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

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

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

$T \leq 0,6 \text{ sek.}$ 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, hvilket besværliggør placering af det nødvendige overfladeareal til akustisk absorption. I disse tilfælde kan yderligere absorption tilføres i form af nedhængte akustiske elementer. Hvis muligt bør store glasfacader skråtstilles, så lyden rettes mod de akustiske materialer.

Variabel akustik kan eksempelvis skabes ved at udstyre lokalet med store akustiske gardiner, der kan trækkes om bag hårdere skærme. Ecophon anbefaler 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 eksempelvis løses med basfælder og specialabsorbenter. **Lokaler større end 250 m³ kræver særskilt akustisk projektering.**

Ecophon anbefaler 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. Dette kan eksempelvis løses med basfælder og specialabsorbenter. Særlige krav til rummets lydstyrke (G) kan med fordel tilføjes byggeprogrammet, da efterklangstid ikke nødvendigvis sikrer et lavt støjniveau – særligt i mindre rum.

Lokaler med larmende aktiviteter bør ikke placeres i nærheden af lokaler med stille aktiviteter. Ecophon anbefaler 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 (G) kan med fordel tilføjes byggeprogrammet, da efterklangstid ikke nødvendigvis sikrer et lavt støjniveau – særligt i mindre rum.





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 absorberer. Alle anvendte akustiske materialer bør være slagfaste og fastspændte i evt. bæreværk.

Gymnastiksale større end 3500 m³

Se ovenfor.

Svømmehaller mindre end 1500 m³

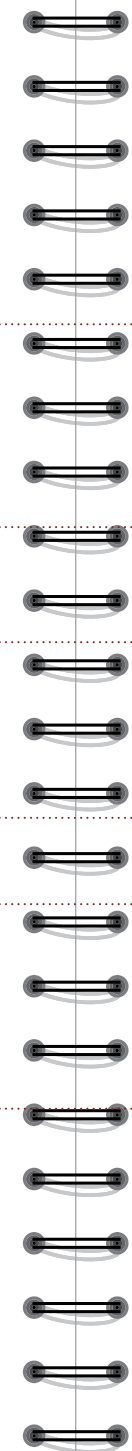
Vandspejlet i svømmehaller reflekterer lydbølger stort set perfekt. På grund af rummets store volumen, vandspejl og hårde overflader bør både loft og vægflader beklædes med effektive absorberer. Svømning og vandlege i store haller genererer som regel et meget støjende og desorienterende lydmiljø.

Svømmehal større end 1.500 m³

Se ovenfor.

Pædagogisk Servicecenter

På nogle skoler indrettes der et pædagogisk servicecenter, der 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 ≤ 1,6 sek. efterklangstid i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

T ≤ 1,8 sek. efterklangstid i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

T ≤ 2,0 sek. efterklangstid i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

T ≤ 2,3 sek. efterklangstid i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

A ≤ 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 flerpersonskontorer, hvis det skal anvendes af ansatte.

KOMMENTARER

Ecophon anbefaler 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, eksempelvis bag ribber.

Ecophon anbefaler 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.

Ecophon anbefaler en efterklangstid på 1,6 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, hvor man nøje bør overveje alle akustiske produkters korrosionscertificeringer ift. hallens kemiske miljø.

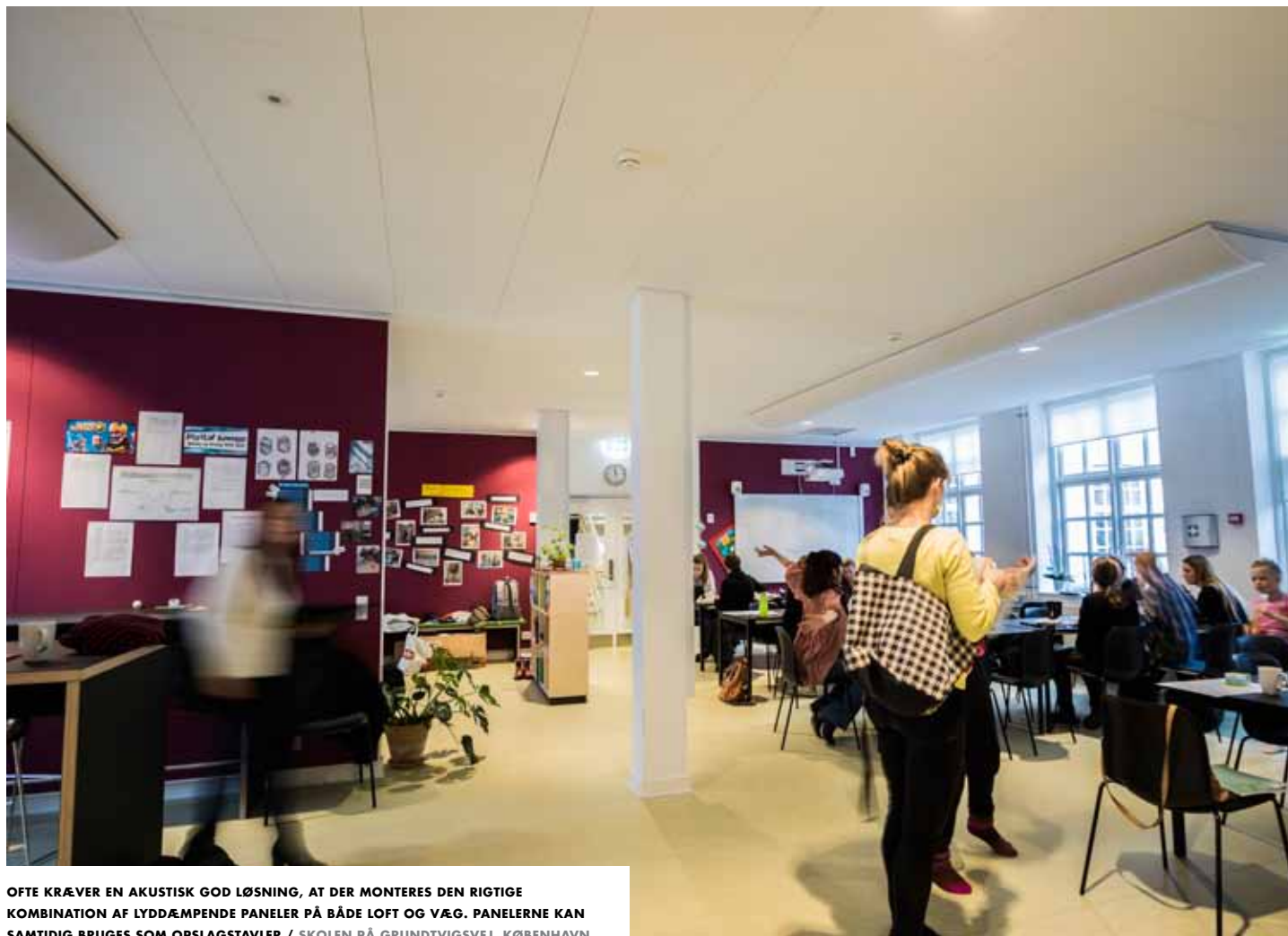
Ecophon anbefaler en efterklangstid på 1,9 sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz for at understøtte instruktioner fra lærer og livredder. Se desuden anbefalingerne ovenfor.

Ecophon anbefaler, 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 designes 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.





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 LYKKE. DET ER AFGØRENDE FOR KOMMUNIKATIONEN MELLEMLERERE OG LÆRERE. OG DET ER AFGØRENDE FOR KONCENTRATIONEN / ZAKLADNI SCHOOL, DOLNI BREZANY TJEKIJET



Der er yderligere hjælp at hente her

BFA, BrancheFællesskabet for Arbejdsmiljø for Velfærd og Offentlig Administration udgiver publikationen ”Støj i skolen”, som belyser de udfordringer, der kan være omkring støj, og hvad midlerne til at bekæmpe støjen i grundskolen kunne være. 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



1 DAGINSTITUTIONSBYGNINGER

RUMTYPE

BESKRIVELSE

Daginstitutioner

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

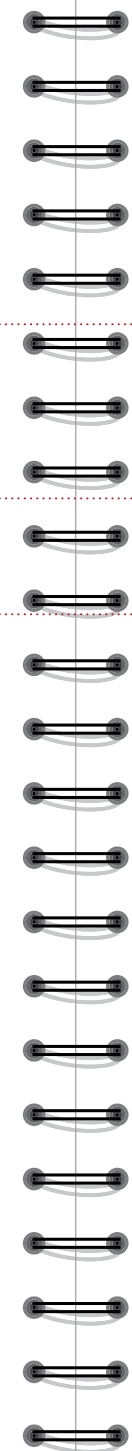
Børn leger og færdes overalt i en daginstitution. For at sikre generelt gode akustiske forhold, gælder kravene til efterklangstid derfor i samtlige rumtyper herunder, men ikke begrænset til: fællesrum, værksteder, boldrum, gangarealer, garderober, pudrum, m.fl.

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.



DER BØR STILLES HØJE KRAV TIL LYDMILJØET MED UDGANGSPUNKT 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

KOMMENTARER

Det bør dog understreges, at de strenge regler til rumakustik til en hver tid bør efterleves, eftersom daginstitutioner har en stærk tendens til at have eskalerende støjniveauer. Flere forhold kan indvirke på støjniveauet i daginstitutioner: Materialer, indretning, rumstørrelser, antal børn, pædagogik, mv. Det anbefales, at dæmpning af støjniveauet overvejes nøje i planlægningen.

Særlige krav til rummets lydstyrke (G) kan med fordel tilføjes byggeprogrammet, da efterklangstid ikke nødvendigvis sikrer et dæmpet støjniveauer – særligt i mindre rum.

For store fællesrum bør den maksimale efterklangstid ikke overstige 0,5 sek. I store fællesrum med særligt stort gulvareal kan særlige krav til lydudbredelse over afstand med fordel tilføjes byggeprogrammet. Lydudbredelse pr. afstandsfordobling bør være større end 5 dB.



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.





1 HOSPITALER

RUMTYPE

Generelt

Hospitaler, 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, således at de, der opholder sig i rummene, ikke generes af rummets akustik.

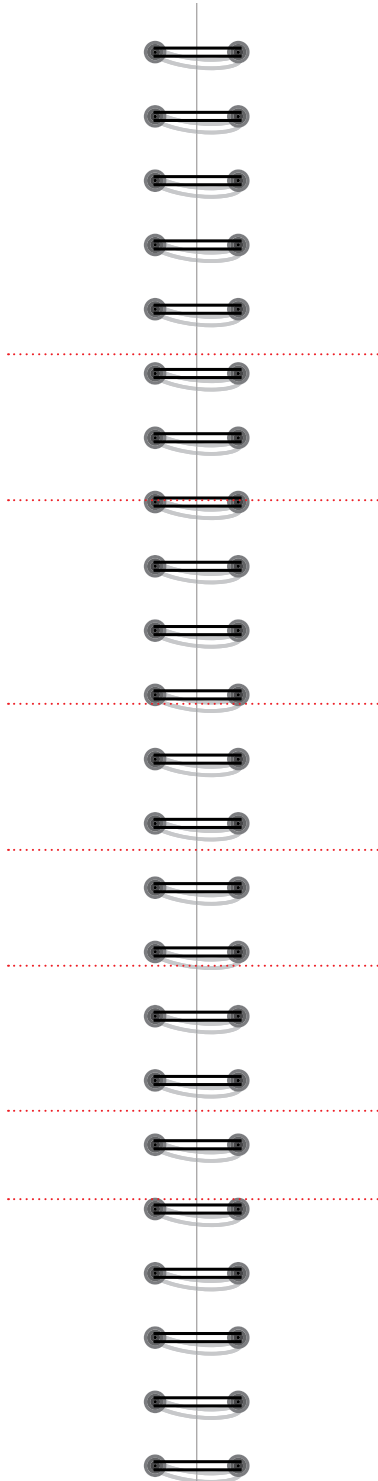
Et godt akustisk indeklima er bogstaveligt talt essentielt for det daglige arbejde på hospitaler og kan desuden være afgørende for både ansattes trivsel og patienters rehabilitering. Da hospitaler er underlagt ekstremt strenge krav til hygiejne, anvendes der ofte hårde reflekterende overflader. De reflekterende overflader kan medvirke til lange efterklangstider og et højt støjniveau. Undersøgelser viser, at støjniveauet på alle hospitaler ligger langt over Verdenssundhedsorganisationens (WHO) anbefalinger.

Sengestuer huser næsten altid flere patienter. Det betyder, at rummet skal kunne efterkomme flere personers akustiske behov, om dette måtte være 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 hospitaler 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 anbefalinger følger Ecophons generelle anbefalinger inden for området.

Ecophon anbefaler, at efterklngen i sengestuer holdes så lav som muligt for de ansattes trivsel og patienternes rehabilitering. Sengestuerne er næsten altid belagte med mere end én patient.

Taleforståelighed kan med fordel tilføjes byggeprogrammet for at sikre, at kommunikation ikke bliver hindret og resulterer i alvorlige fejltalger.

Ecophon anbefaler 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. Ligeledes kan lydabsorbenter placeres strategisk i nærheden af støjende rum/aktiviteter for at dæmpe støj så tæt på kilden som muligt.

Ecophon anbefaler en efterklangstid $T \leq 0,9$ sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz. Se desuden anbefalingerne ovenfor.





2 HOSPITALER

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. Dette anses af mange som værende i direkte relation til sværhedsgraden af demens, da disse sygdomme mildnes af social interaktion og forværres af stress.



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

Ecophon anbefaler 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 at gangarealer sikres en efterklangstid på 0,9 sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz for at mindske støjforurening.



ET GODT AKUSTISK MILJØ PÅ OPERATIONSSTUER ER ET MUST. DET GENNEMSNITLIGE LYDNIVEAU OVERSTIGER OFTE 70 DB PÅ SKADESTUER OG OPERATIONSSTUER. KOMMUNIKATIONEN SKAL VÆRE KLAR OG TYDELIG / SUNDSVALLS SJUKHUS, SUNDSVALL SVERIGE.





1 KONTORBYGNINGER

RUMTYPE

BESKRIVELSE

GENERELT

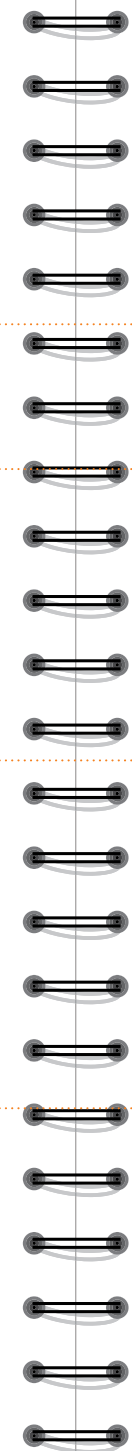
Ifølge bygningsreglementet skal efterklangstiden i rum være reguleret i overensstemmelse med rummenes anvendelse, således at de, der opholder sig i rummene, ikke generes af rummets akustik.

Kontorbyggeri

I kontorbyggerier blegner alle udgifter til byggeri og vedligehold ift. lønninger til de ansatte. Det er derfor af største vigtighed, at kontoret skaber de bedst mulige rammer for koncentration, kommunikation, samarbejde mv. Ofte designs kontorer i højere grad efter æstetik, markedsføring eller økonomi end for de ansattes velbefindende. 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 flerpersionkontorer. Information – oftest i form af samtaler mellem medarbejderne – når ud til flere mennesker. For nogle kan dette 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. Flerpersonkontorer kan også indrettes efter aktiviteter og arbejdsfunktioner for at tilgodesse forskellige akustiske behov.



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 oktavnåbningerne fra 125-4.000 Hz. Max. afvigelse på 20 % ved 125 Hz. tillades ved beregning. 10-15 % af absorptionsarealet bør dedikeres til lodrette flader.

Ecophons generelle anbefalinger inden for området. 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 ift. flerpersionkontorer.

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. Ecophon anbefaler, at lydudbredelse pr. afstandsfordobling bør være større end 5 dB. Akustiske skærme og rumdelere anbefales det at inkorporere 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. Ecophon anbefaler 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.





2 KONTORBYGNINGER

RUMTYPE

BESKRIVELSE

Enkeltpersonkontorer og møderum

Enkeltpersonskontoret 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 flerpersonskontorer kan skabe for mange forstyrrelser i forhold til disse opgaver. Derfor kan nogle kontorer have behov for et stillerum eller -område. 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 lydisolere og desuden være respekteret som koncentrationsområde i arbejdskulturen.

Kantine/Cafeteria

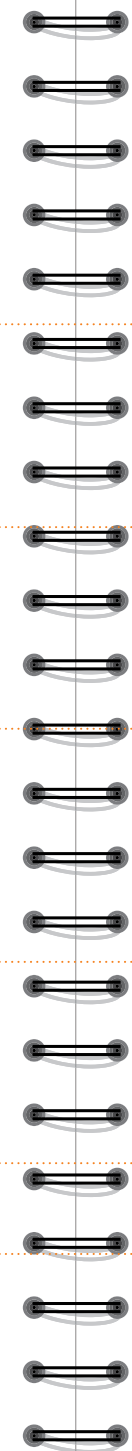
Rumtype ikke inkluderet i bygningsreglementet

Kantiner er ikke pålagt myndighedskrav ift. akustik. Det akustiske indeklima er derfor ofte overraskende dårligt i mange kantiner og cafeteriaer. 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 enkeltpersonskontorer, der desuden 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. Ecophon anbefaler en efterklangstid på $T \leq 0,4$ sek. i frekvensområdet 125-4.000 i videokonferencerum.

Ecophon anbefaler 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.

Ecophon anbefaler 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 dette ikke er muligt, bør rummet opbygges med lydisolerende materialer ($R'w \geq 45$ dB). Desuden kan rummet med fordel indrettes således, at det fremkalder visse kulturelle spilleregler, der beror på respekt for ro og koncentration. Eksempelvis med inspiration fra et bibliotek.

I hele området såsom ved spisepladserne, anbefaler Ecophon, at $A \geq 1,2$ x gulvarealet i frekvensområdet 125-4.000 Hz. Der kan med fordel nedhænges akustiske flåder over buffeter og andre steder for at dæmpe støj lokalt. Ligeledes kan absorbenter installeres i nærheden af støjende maskineri, som f.eks. kaffemaskiner og lignende.

Ecophon anbefaler en efterklangstid på omkring 0,8 sek. i frekvensområdet 250-4.000 Hz. Lydudbredelse kan med fordel specificeres i byggeprogrammet for gangarealer.





3 PRODUKTION

RUMTYPE

BESKRIVELSE

**Industri generelt:
Levnedsmiddel
Medicinal
Elektronik
Produktion**

Rum, der anvendes til industri, kan variere meget i forbindelse med anvendelsesformål, funktionskrav, udformning, støjkarakteristik, mv. Indenfor fødevarer- 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.

Rum under 200 m³

Se ovenfor.

Rum på 1.000 m³

Se ovenfor.

Rum 200 m³ – 1.000 m³

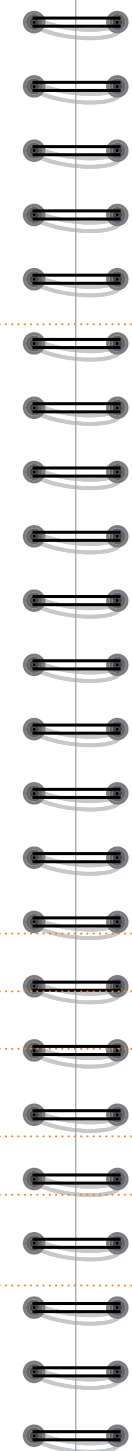
Se ovenfor.

Rum over 1.000 m³

Se ovenfor.

**Rum over 1.000 m³
(loftshøjde over 5 m.)**

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. Dette kan for overskuelighedens skyld beskrives i 5 trin til støjreduktion af produktionslinjer:

Trin 1: Isolér støjekilden. Byg en kasse eller et rum uden om støjekilden. Vær opmærksom på, at effektiv lydisolering kræver særlige byggemetoder. Vær desuden altid påpasselig med ikke at forhindre køling af maskineri, da dette kan påvirke overophedning.

Trin 2: Dæmp støjekilden. 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, jo bedre bliver støjreduktionen. Se trin 1 ift. overophedning.

Trin 4: Reducer støjen ved modtageren. Isolér evt. arbejdspositioner eller skærm dem så vidt som muligt med akustisk absorberende materiale. Alternativt kan høreværn eller støjreducerende høretelefoner anvendes.

Trin 5: Planlæg og informer. Planlæg produktionslinjen fra begyndelsen 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 PRODUKTION



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



1 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 efter akustiske materialer til private boliger. Dette skyldes, at mange er blevet mere opmærksomme på værdien af et godt akustisk indeklima.



PRIVATBOLIG / DANMARK



2 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

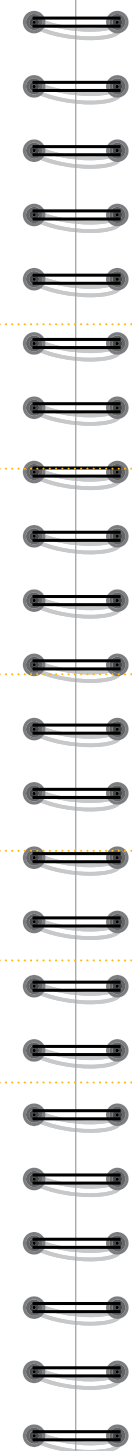
Efterklangstiden i rum skal være reguleret i overensstemmelse med rummenes anvendelse, således at de, der opholder sig i rummene, ikke generes af rummets akustik.

Boliger er i denne forbindelse også hoteller, kollegier, pensionater, kroer, restauranter, klublejlig-heder, kostskoler, sygehjem, plejehjem og lign. For boliger er der normalt ikke krav til efter-klangtid, men for gange, fællesrum og trapperum, kan der i nogle tilfælde være krav til max. efterklangtid. I de seneste år har der været en klar udvikling i efterspørgsel efter akustiske mate-rialer til private boliger. Dette skyldes dels, at mange er blevet mere opmærksomme på værdien af et godt akustisk indeklime, og byggetrends med større åbne rum og loft til kip.

Fælles opholdsrum anvendes til spisning, socialisering og rekreative aktiviteter, der alle kan be- virke 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 funkti- onskrav 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 oktavnåbningerne fra 125-4.000 Hz. Max. afvi- gelse på 20 % ved 125 Hz tillades ved beregning. 10-15 % af absorptionsarealet bør dedikeres til lodrette flader.

Ecophon anbefaler, 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.

Ecophon anbefaler generelt, at efterklngen holdes afbalanceret over hele frekvens- spektret. Derfor bør fælles opholdsrum have en projekteret efterklangtid på 0,6 sek. i frekvensområdet 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: $A \geq 1,2$ x gulvarealet i frekvensområdet 125-4.000 Hz.

Ecophon anbefaler, 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.



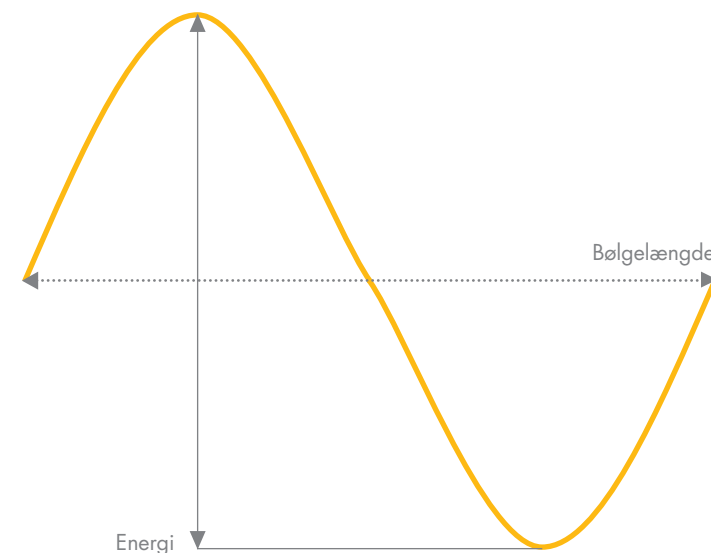


1 RUMAKUSTIK OG MYNDIGHEDSKRAV

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

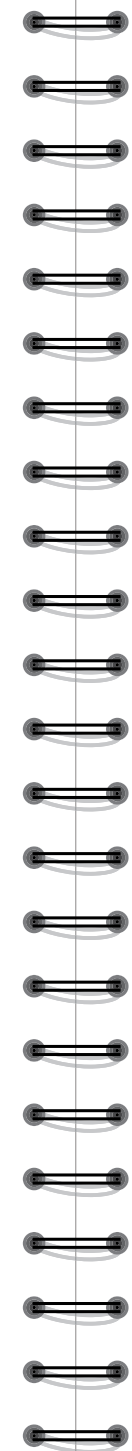


LYDNIVEAU

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."

FREKVENS 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.

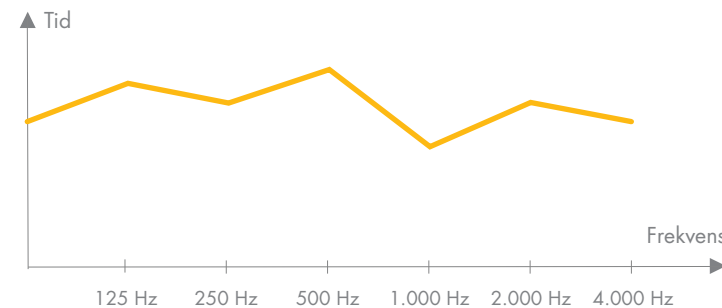


EFTERKLANGSTID

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, jo længere vil efterklangstiden blive. Dette er specielt vigtigt, hvis man har at gøre med eksempelvis rum i dobbelthøjde og åbne miljøer. Når det eksempelvis kommer til kontormiljøer, er der ikke krav til efterklangstid men til absorptionsareal i forhold til gulvareal. 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, rummet indeholder. Jo større absorptionsareal et rum har, jo 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).

Bygningsreglement 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 jo færre kvadratmeter akustisk materiale er nødvendigt.



2 AKUSTISK DESIGN AF RUM

4-stadie struktur

Desværre kan overholdelse af myndighedskrav i mange tilfælde ikke sikre et godt lyd miljø. Ecophon anbefaler derfor altid, at man går holistisk til værks. Det er nødvendigt at overveje alle elementer, der har effekt på lyd miljøet 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. Jo lavere kvaliteten er, jo flere kvadratmeter akustisk materiale skal bruges. Rumgeometrien er desuden meget vigtig. Se side 35.

2: FUNKTIONEL DESIGN, INDRETNING OG ANVENDELSE

Derefter er det vigtigt, at indrette rummet funktionelt akustisk set. Det er ofte en god idé at adskille støjende aktivitet fra koncentrationsarbejde. Støjkilder, som eksempelvis trinlyd, kan dækkes med tæpper, og rummet kan indrettes med eksempelvis akustiske skærme og møbler, der kan skabe større akustisk privatsfærer.

3: MENNESKER OG ADFÆRD

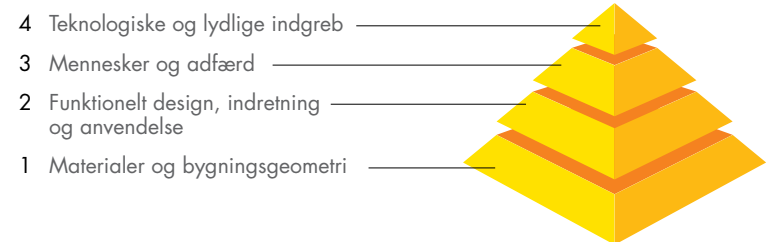
Når rummet og indretningen er optimeret akustisk set, kan man desuden tage det menneskelige perspektiv til overvejelse. Adfærd

kan have stor effekt på støjniveauet i et rum, og en ændring i lyd kultur kan være nødvendigt i mange sammenhænge. Læs desuden mere om mennesker og psykoakustik på side 38.

4: TEKNOLOGISKE OG LYDLIGE INDGREB

Hvis de 3 foregående niveauer er fuldt optimerede, eller man ønsker et unikt og anderledes lyd miljø, kan man overveje at tilføje teknologiske og lyd lige elementer. Herunder lyd installationer, soundscaping og signalering.

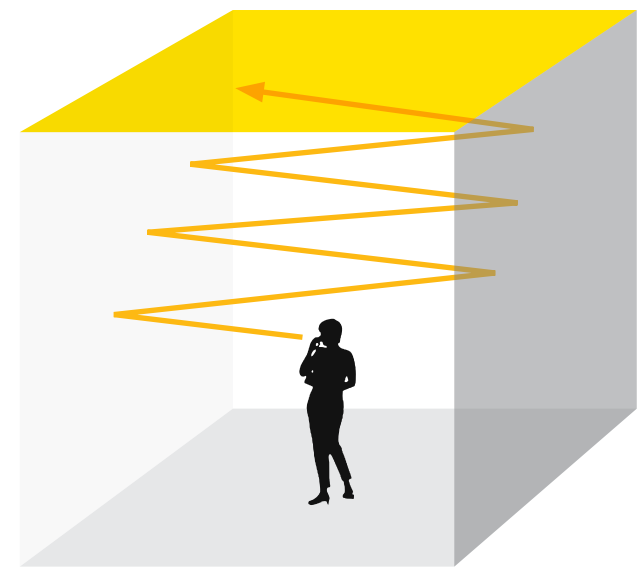
AKUSTISK DESIGN AF RUM | 4-STADIE STRUKTUR



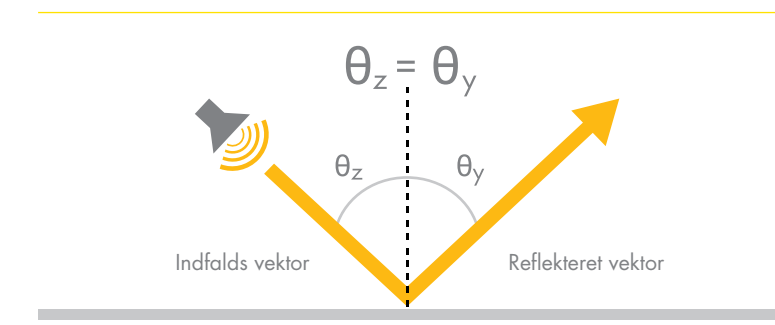
Geometri og refleksioner

Når man overvejer lydrefleksioner inden for akustisk design, kan man for overblikkets skyld forestille sig lyd bølger 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.

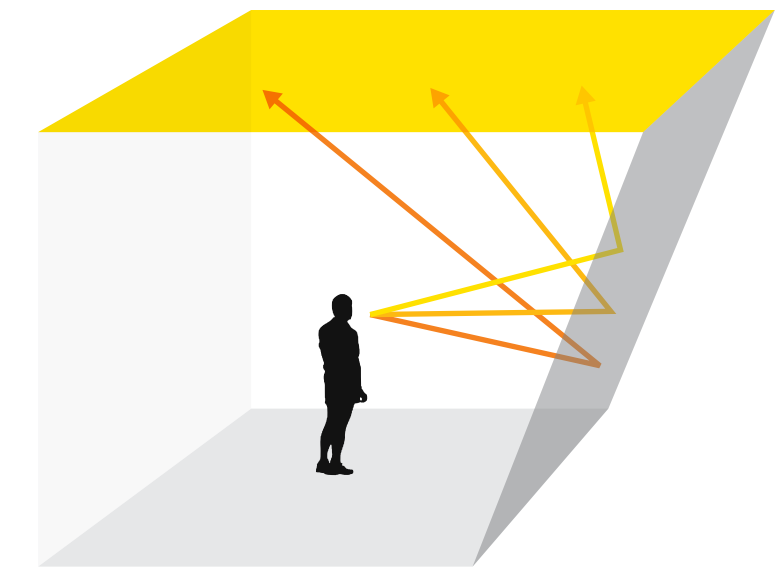
VÆG-TIL-VÆG-REFLEKSIONER | AKUSTISK LOFT



OMDIRIGERING AF LYDBØLGER



SKRÅSTILLING AF VÆGELEMENTER | AKUSTISK LOFT





3 NUANCERET RUMAKUSTIK

Akustiske parametre

Rumakustik er langt mere nuanceret end krav og reglementer kan afdække. Hvis man eksempelvis ønsker at skabe et godt lyd miljø i et åbent kontormiljø, er det ofte bedst at tage flere parametre til overvejelse end udelukkende absorptionsarealet. De fire vigtigste tekniske grundbegreber man som 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 eksempelvis altid relativt 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.

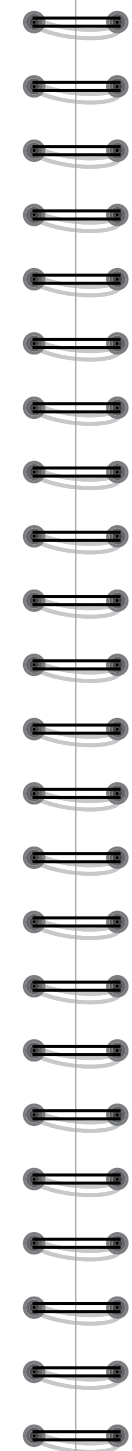
TALEFORSTÅELIGHED (ISO 3382-1)

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 indenfor 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 eksempelvis 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 lyd kilde. Målet demonstrerer refleksionerne i rummets effekt på lydniveauet.

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 kan eskalere.

Desuden er lydstyrke vigtig at holde sig for øje 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.

LYDFORPLANTNING (ISO 3382-3)

Lydniveauet aftager efterhånden som afstanden til lyd kilden øges. Udformningen af rummet (form, indretning, overflade, finish, etc.) påvirker det omfang, hvormed lydniveauet falder sammen med afstanden.

For at karakterisere forplantningen af lyd, er der et parameter, der beskriver omfanget, hvormed lyden aftager, når afstanden fordobles. Dette parameter, betegnet $D_{2,s}$ og målt i dB, beskriver, hvor meget lydniveauet falder, hver gang afstanden fra lyd kilden fordobles.



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



4 PSYKOAKUSTIK

Mennesket og lydmiljøer

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

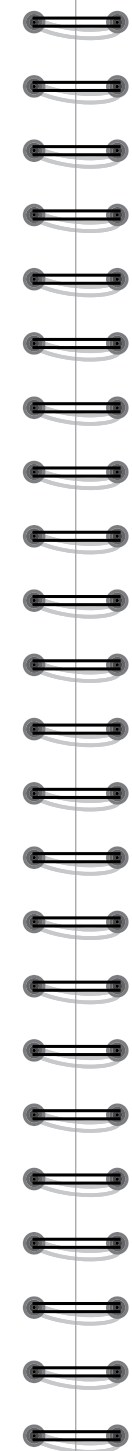
Den psykologiske påvirkning fra støj mærkes oftere i rum, hvor mennesker befinder sig i længere tid ad gangen til eksempelvis arbejde, uddannelse og rehabilitering. Støj forårsager irritation, forøger stressniveauet og reducerer ydeevnen. For medarbejdere, der arbejder med kognitivt udfordrende opgaver, 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 støjklenderne 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 egnede 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 forfjeldet 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 akustisk kvalitetssikrer 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. Ecophon anbefaler 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 vores egen avancerede akustikberegner gratis til rådighed på vores hjemmeside.

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 trappe- og gange kun et frekvensbånd.



BIOFILISK DESIGN I PRAKSIS / GOOGLES HOVEDKONTOR, DUBLIN, IRLAND.

6 AKUSTISK ORDLISTE

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 (BAFFLER)

Frithængende akustikplader i loftet og på vægge.

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 taleforstyrrelse/privacy i kontorlandskaber. AC beregnes ud fra loftets evne til at dæmpe mellem områder (mellemløst dæmpningen) 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, jo bedre tale i åbenplansmiljøer. Vi anbefaler, at du 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

Se Akustikflåder

BAGGRUNDSSTØJ (dB)

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 taleforstyrrelse ved at øge ventilationsstøjen eller anvende andre lydssystemer. Mennesker er forskelligt følsomme over for lyd og støj generelt.

dB (DECIBEL)

Se Lydstyrke

dB(A) & dB(C)

Se Lydstyrke

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 er tiden, hvormed lydenergien forsvinder i et 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.

FREKVENS (HZ)



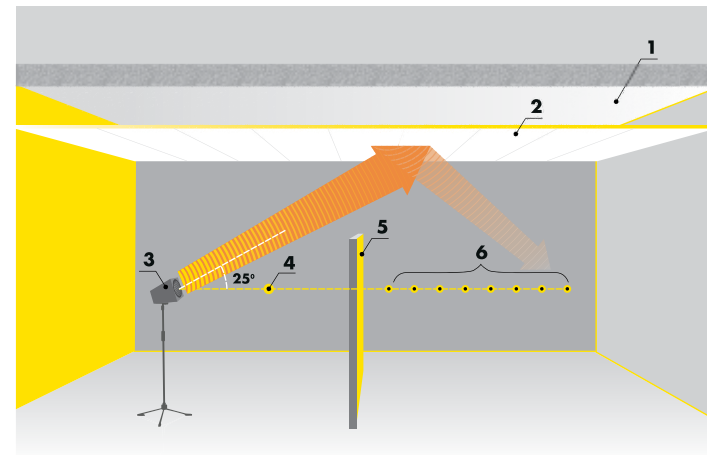
Ligesom bølger i vand bevæger lydbølger i luft sig med en vis konstant hastighed (340 m/s). Frekvensen af bølgerne er antal af toppe pr. sekund og udtrykkes i hertz (Hz). Jo højere tallet er, jo lysere tone og vice versa (henholdsvis diskant og bas). Hyppighed af tale ligger primært mellem 125 og 8.000 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 taleufstyrrethed 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. oktavnband 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 denne til en anden form for energi. Lydabsorbenter forbedrer rumakustikken ved at mindske lydrefleksioner i rummet, hvilket sænker støjniveauet og forkorter efterklangstiden.

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.

LYDABSORPTIONSGENNEMSNIET (SAA)

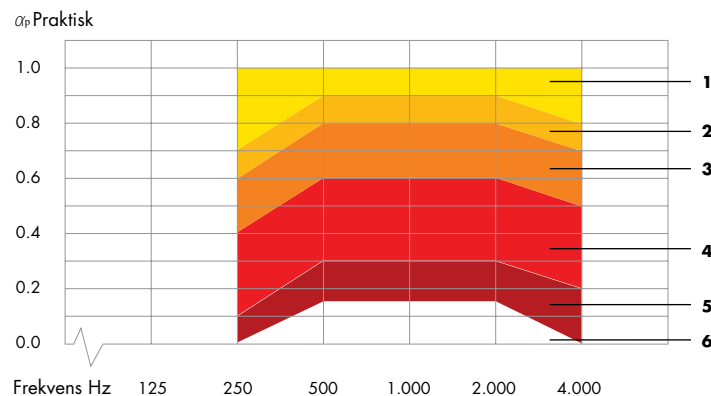
SAA står for Sound Absorption Average og er en værdi for lydabsorption i henhold til ASTM C 423, inklusive de tredje oktaver i frekvensområdet 200-2.500 Hz.

8 AKUSTISK ORDLISTE

LYDABSORPTIONSKLASSE

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

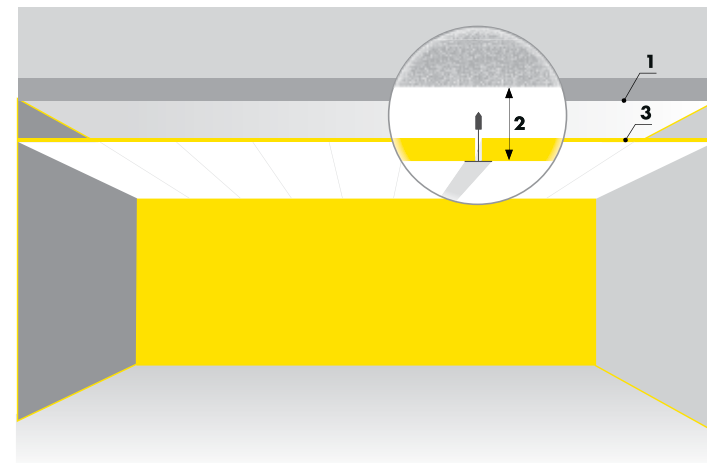
Absorptionsdiagrammerne i denne udgivelse viser den praktiske lydabsorptionskoefficient, α_p i henhold til den internationale standard EN ISO 11654. Den samme standard definerer lydabsorptionens enkelte værdi, α_w , og lydabsorptionsklasserne, som angives for produkterne i denne udgivelse.



- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. Absorptionsklasse A | 4. Absorptionsklasse D |
| 2. Absorptionsklasse B | 5. Absorptionsklasse E |
| 3. Absorptionsklasse C | 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. Minimum 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.

LYDFORPLANTNING

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

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.

LYDTRYK/LYDTRYKSNIIVEAU (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.

LYDSTYRKE (dB)

Se side 37.

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 privacy 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**

SAА (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.

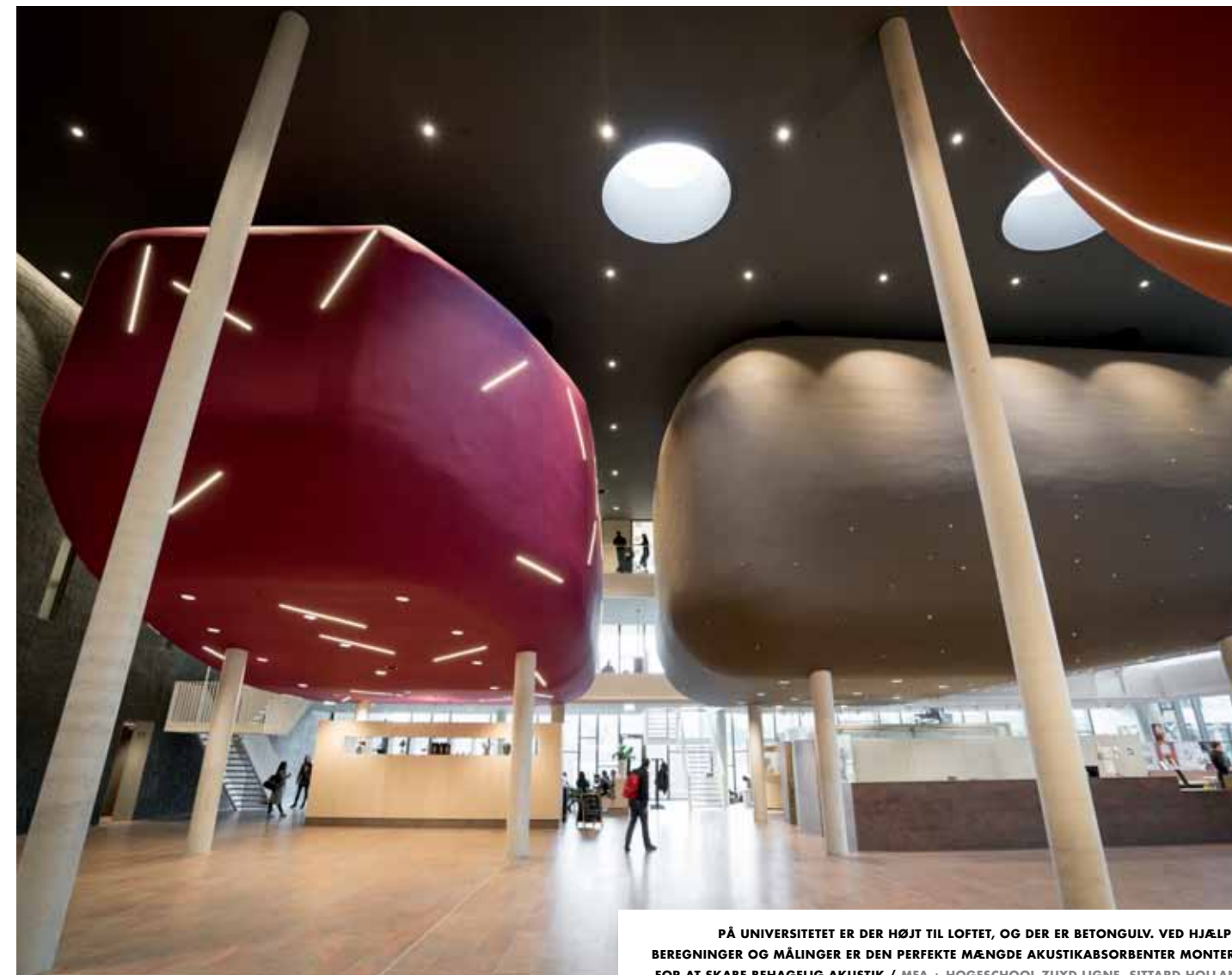
VERTIKAL LUFTLYDDÆMPNING

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 BEREGNINGER 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.

Vi har omkring 25 personer over hele verden dedikeret til at gøre netop det. Faktisk foretager de sig ikke 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 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. Morten tilbyder eksempelvis 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.

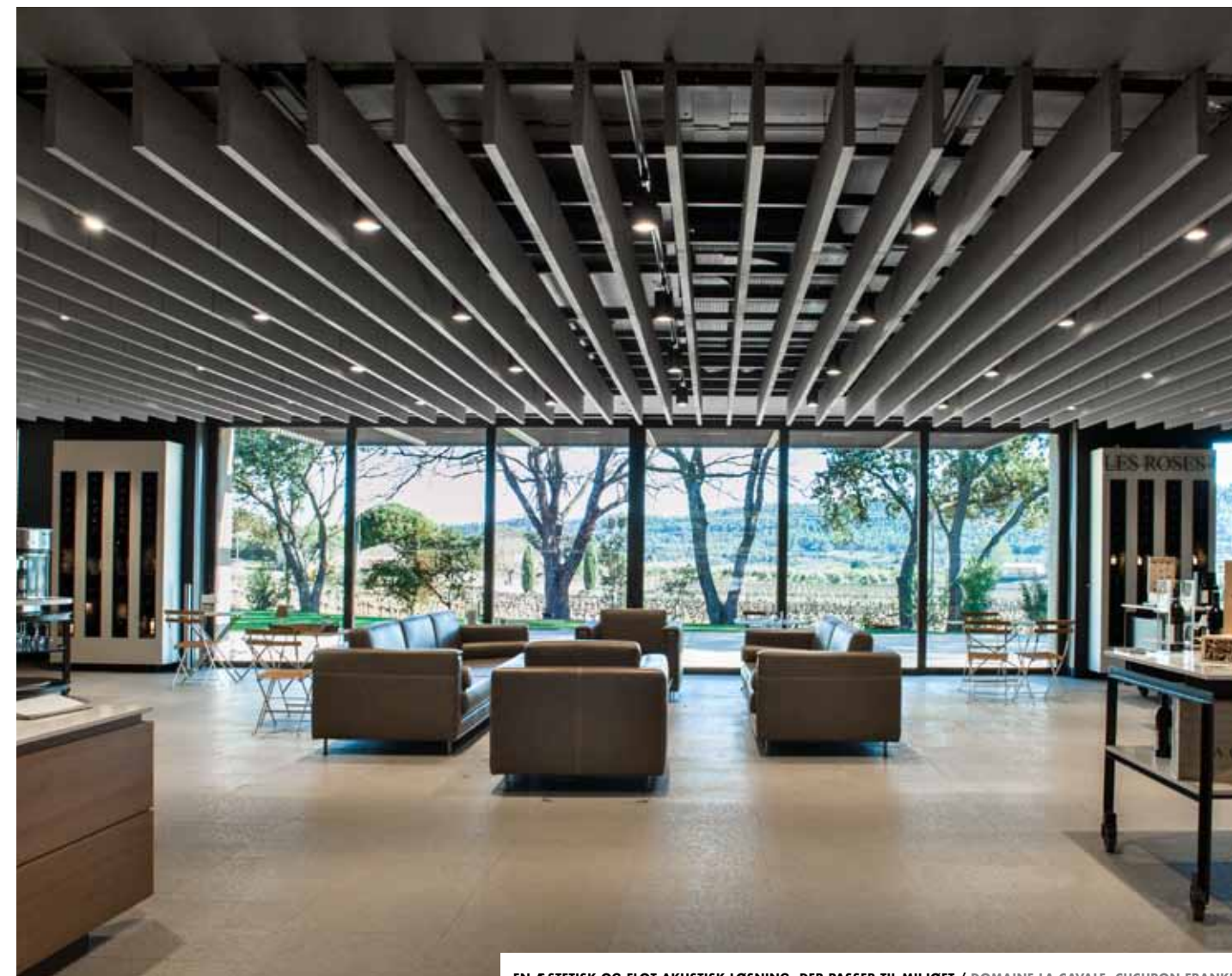


Kontakt Ecophon:

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, BOSTI,** 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, Cornell university:** Stress and open office noise, 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

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**.