

NOTAT

OPPDAG	Helse Bergen, Adkomsttunnel til Protonsenteret	DOKUMENTKODE	10204550-02-RIA-NOT-001
EMNE	Akustisk grunnlag for totalentreprise	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDAGSGIVER	Helse Bergen	OPPDAGSLEDER	Rune Kjærland
KONTAKTPERSON	Lars-Petter Smidt	SAKSBEHANDLER	Ingrid Holst
KOPI		ANSVARLIG ENHET	Multiconsult Norge AS

SAMMENDRAG

Adkomst til fremtidig Protonsenter tilknyttet Haukeland sykehus skal anskaffes i totalentreprise. Foreliggende notat er akustisk grunnlag for totalentreprise. Det må påregnes ca. 620 m² lydabsorberende materiale, klasse A, fordelt i himling og evt. i tillegg på vegger i adkomsttunnelen. Videre må det påregnes lydabsorberende materiale, klasse A, i underkant av reposer og delvis i underkant av trappeløp.

Innvendig kledning i korridorer og trapperom vil – i tillegg til akustiske krav – også f.eks. ha bygningsfysiske og branntekniske krav. Således må produkter som skal brukes, og montering av disse, ivareta alle relevante krav.

Innhold

1	OPPGAVEN	2
2	BAKGRUNNSMATERIALE OG REGELVERK	2
3	LYDKRAV	2
4	BÆREKRAFTIGE MATERIALVALG	3
5	DIMENSJONER OG KONSTRUKSJONER RELATERT TIL ADKOMST TIL PROTONSENTERET	3
5.1	TRANSPORTTUNNEL	3
5.2	TRAPPEROM	3
5.3	VENTILASJONSROM	3
6	MENGDER MATERIALE FOR AKUSTISK REGULERING	3
6.1	LYDABSORBENTER	3
6.2	TRANSPORTAREAL TUNNEL	5
6.3	TRAPPEROM	5
7	HEIS	5
8	BYGGHERREFORSKRIFTEN. HMS RISIKOVURDERING STØY	5
9	REFERANSER	5
10	VEDLEGG A - VEDLEGG C	5
VEDLEGG A	LYDKRAV. TEK17 LYD OG VIBRASJONER	6
VEDLEGG B	AKUSTISKE DEFINISJONER OG BEGREP	8
VEDLEGG C	MILJØGIFTLISTE, REF. (6)	10

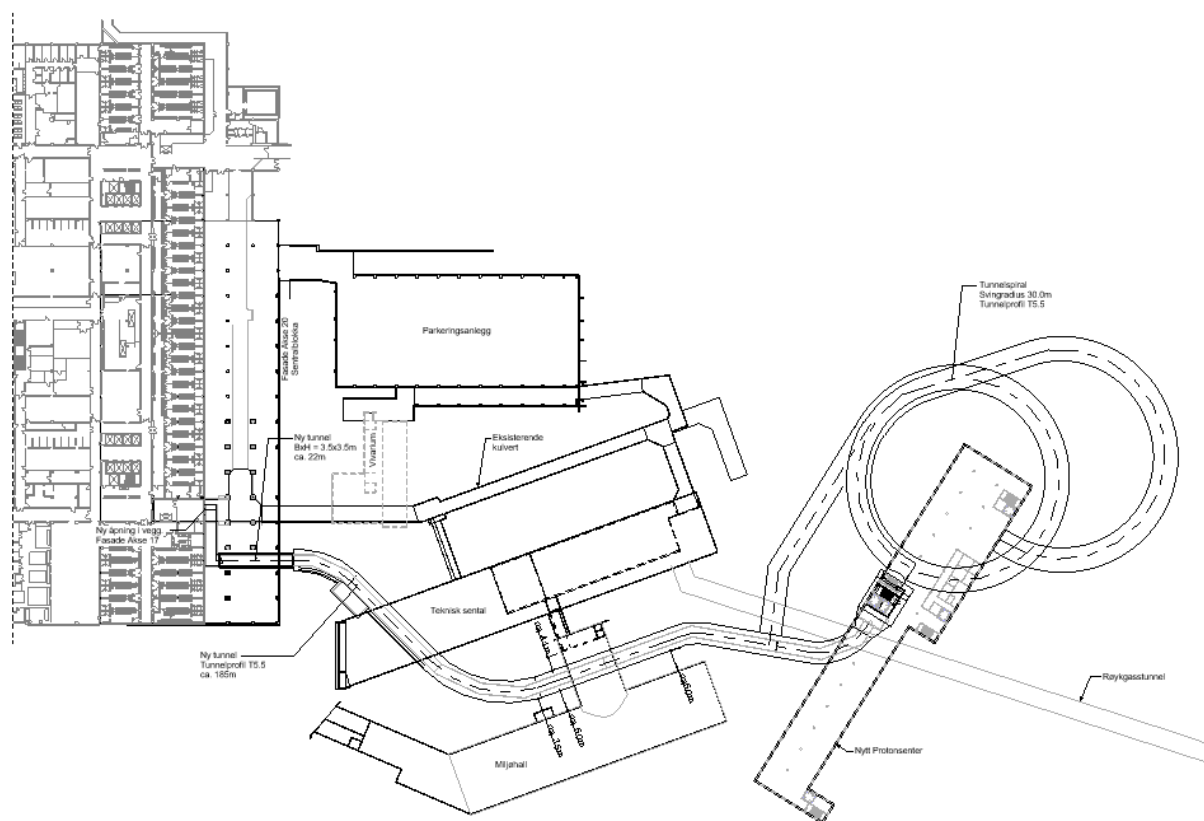
01	03.04.2019	Akustisk grunnlag for totalentreprise	InH	HL	
00	21.09.2018	Akustiske tiltak, mengder og priser.	InH		
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

1 Oppgaven

Multiconsult er engasjert som rådgiver akustikk av Helse Bergen. Oppgaven har vært å utarbeide akustiske krav, som grunnlag for forprosjekt og totalentreprise i forbindelse med etablering av adkomsttunnel til det nye Protonsenteret tilknyttet Haukeland Universitetssykehus i Bergen.

Akustiske begrep er definert i Vedlegg B.

Figur 1 viser oversiktsplan for adkomsttunnelen. Tunnelen skal brukes til persontransport.



Figur 1. Oversiktsplan for adkomsttunnelen.

2 Bakgrunnsmateriale og regelverk

Underlag for angivelse av de akustiske premissene er:

- Byggeteknisk forskrift (TEK17), ref. (1)
- Norsk Standard NS 8175 ref. (2), som angir grenseverdier for lydforhold i bygninger
- Informasjon om lengder og tverrsnitt for adkomsttunnelene

3 Lydkrav

Gjeldende krav til romakustikk og lydnivå fra tekniske installasjoner er gitt i Vedlegg A. Grenseverdier for romakustiske forhold er gitt i Tabell 2.

Støy fra **ventilasjonsanlegg, heis, varmeanlegg, kjøleanlegg, sanitæranlegg, varmepumpe, nødstrømsaggregat** og andre lignende installasjoner, som er nødvendige for bygningens drift, må tilfredsstille lydkravene.

Ventilasjonsanlegg og heis skal tilfredsstille lydkravene inne (tilluft, avtrekk, kanaler m.v.) og ute (inntak, avkast mv.). Krav til innendørs støy fra tekniske installasjoner i transportarealet og trapperommet, samt krav til støy til omgivende naboer (både innendørs og utendørs), er gitt i Tabell 3 og Tabell 4. Se også eget avsnitt 7 med hensyn til støy fra heis.

4 Bærekraftige materialvalg

RIA oppfordrer til at det brukes byggematerialer og kjemiske produkter med lav miljøpåvirkning (inkludert bundet karbon) gjennom hele bygningenes livsløp. Stoffer som skal unngås i bygningsplater, gulvbelegg, himlinger, fugemasser o.l. iht. (6) er vist i Miljøgiftliste, ref. Vedlegg C. Det bør således av øvrige RI tilstrebes å beskrive produktegenskaper for materialer, og utførelse på byggeplassen, som ivaretar lav miljøpåvirkning.

5 Dimensjoner og konstruksjoner relatert til adkomst til Protonsenteret

5.1 Transporttunnel

Lengden på tunnelen er gitt i tegningsgrunnlaget, ca. 207 m. Netto innvendig tverrsnitt av tunnelen bredde x høyde er 3 m x 3,5 m.

5.2 Trapperom

Høyden på vertikal sjakt for heis og trapperom er henholdsvis ca. 59 m og ca. 56 m. Trappen skal utføres i betong. Netto innvendig tverrsnitt i trapperommet lengde x bredde er ca. 7 m x 2,6 m.

5.3 Ventilasjonsrom

Det må påregnes tung konstruksjon (f.eks. pusset leca, betong) i veggen mellom det tekniske rommet og transporttunnelen, for at kravet til støy fra tekniske installasjoner i transporttunnelen, $L_{p,AFmax} \leq 40$ dB, skal kunne tilfredsstilles. Avhengig av støyen i det tekniske rommet kan det også være aktuelt med lyddempet sluse med doble dører ut mot transporttunnelen. Dersom støyen fra ventilasjonsanlegget allerede har "brukt opp" støykvoten i transporttunnelen vil kravet til støydemping mot det tekniske rommet medføre at støybidraget fra dette til transporttunnelen, via vegg og dør, ikke kan være høyere enn $L_{p,AFmax} = 30$ dB.

Beregninger av krav til veggens og dørens lydisolasjon (dvs. min. oppbygging av skillevegg og minimum krav til dørens lydisolasjon R_w) for å verifisere at kravet til støy fra tekniske installasjoner vil bli tilfredsstilt i transporttunnelen, må gjøres når dekkende informasjon om lyddata på frekvensnivå for alt støyende teknisk utstyr i ventilasjonsrommet foreligger.

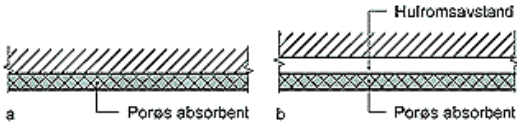
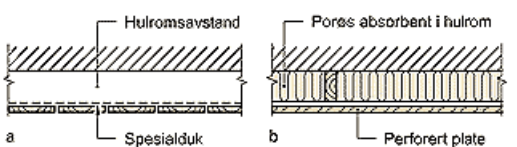
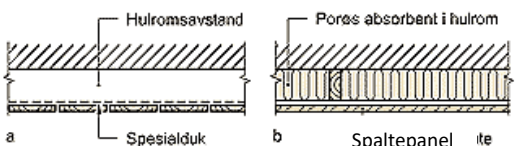
6 Mengder materiale for akustisk regulering

6.1 Lydabsorbenter

Eksempler på forskjellige typer lydabsorberende materialer som kan brukes i himling og på vegger, og som tilfredsstiller klasse A iht. (3), er beskrevet i Tabell 1.

Innvendig kledning i korridorer og trapperom vil – i tillegg til akustiske krav – også f.eks. ha bygningsfysiske og branntekniske krav. Således må produkter som skal brukes, og montering av disse, ivareta alle relevante krav.

Tabell 1: Eksempler på typer lydabsorbenter, klasse A¹ iht. (3). Illustrasjoner fra (4).

Absorbenttype	Monterings-alternativ	Eks. på absorbent klasse A ¹ (midlere lydabsorpsjons-faktor $\alpha_{500-2000 \text{ Hz}} \geq 0,9$):
Porøabsorbenter: Mineralull, forseglet med lydduk: 20-50 mm mineralullplate, ferdig overflatebehandlet fra fabrikk 	direkte mot tak/vegg nedforet i systemhimling.	Horisontalt hengende: Tykkelse 20-40 mm nedforet minimum 100 mm.
Perforerte metallplater eller strekkmetall : Plater med perforeringsgrad ca. 30 % (slisser eller hull). Montert med en avstand fra bakvegg/ tak, minimum 40-50 mm. Akustikkduk ferdig limt til perforert plate fra fabrikk. Mineralull i hulrommet, minimum 30 mm. 	utforet fra vegg nedforet fra etasjeskiller/tak	Horisontalt hengende: Metallplater, perforert (30-35 %), framfor 20 mm tykk mineralullmatte, nedforet 100 mm. Vertikalt hengende: Metallplater, perforert (30-35 %), framfor 40 mm tykk mineralullmatte forseglet med lydduk. Ved bruk av perforert gips eller trefiberplater må produsenten kunne dokumentere at perforering av plater, samt utforing/ nedforing tilfredsstiller lydabsorpsjonsklasse A.
Spaltepanel (tre eller metall): Spiler montert med åpning mellom spilene. Montert med en avstand fra bakvegg/tak, minimum 50 mm. Mineralull i hulrommet, minimum 30 mm. 	utforet fra vegg, minimum 50 mm. nedforet fra etasjeskiller/tak minimum 50 mm.	Horisontalt hengende: Spaltepanel med min. åpningsgrad 50 % framfor en 20 mm tykk, 100 mm nedforet, mineralullmatte forseglet med lydduk. Vertikalt montert: Spaltepanel med min. åpningsgrad 50 % framfor 40 mm tykk mineralullmatte forseglet med lydduk.

¹ Absorbenter i klasse B og klasse C vil i utgangspunktet kunne ha samme oppbygging, men med henholdsvis mindre utforing og/eller mindre perforering og/eller mindre åpningsgrad enn absorbentene som tilfredsstiller klasse A. Ved valg av absorbenter i klasse B må det brukes mer areal enn ved valg av klasse A absorbenter, og ved valg av absorbenter i klasse C må det brukes mer areal enn ved valg av klasse B absorbenter.

² Lydabsorberende egenskaper må dokumenteres av produsent.

6.2 Transportareal tunnel

Med netto romhøyde 3,5 m blir kravet til etterklangstid 0,9 sekunder i transporttunnelen.

Beregnet minimum mengde lydabsorberende materiale, klasse A se Tabell 1, i transporttunnelen er ca. 620 m². Det samlede arealet for lydabsorbent må monteres fordelt i himlingen (50-100 %) og på sidevegger (0-50 %).

Hvis det brukes lydabsorbent klasse B eller lavere må mengde areal lydabsorbenter i transporttunnelen økes, og dette medfører at dersom det monteres lydabsorbent i 100 % av himlingsarealet må man i tillegg montere lydabsorbent på deler av veggarealet.

6.3 Trapperom

Krav til etterklangstid i trapperom er 1,0 sekunder. Lydabsorbent, klasse A se Tabell 1, må plasseres fordelt i himlingen øverst i trapperommet og i tillegg minimum under alle trapperepos. I etasjen der tilknytningen til transporttunnel er må lydabsorbenter monteres både i underkant av overliggende repos og i underkant av overliggende trappeløp. Dersom det brukes materiale i lavere lydklasse må det påregnes å bruke lydabsorbenter også i underkant av trappeløpene.

7 Heis

Talesignaler inne i heis skal justeres til et lydtrykknivå på mellom 60 dB og 70 dB (naturlig talestemme), ref. (2). Heisleverandør må kunne dokumentere lydnivå fra heis slik at det kan kontrolleres at krav til lydnivå fra tekniske installasjoner, se Tabell 3, blir tilfredsstillende.

8 Byggherreforskriften. HMS risikovurdering støy.

Forhold knyttet til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- eller anleggsplassen må vurderes i forhold til støyeksponering. Hensynet til sikkerhet, helse og arbeidsmiljø skal ivaretas i prosjekteringen, gjennom valg av arkitektoniske eller tekniske løsninger. Dette omfatter:

- * Arbeid som innebærer fare for helsefarlig eksponering for støy eller vibrasjoner.
- * Arbeid med montering eller demontering av tunge elementer som for eksempel lydvinduer.
- * Arbeid som medfører støy og rystelser som kan påvirke omgivelsene (naboer).

9 Referanser

- (1) Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning.
- (2) NS 8175:2012 "Lydforhold i bygninger. Lydklasser for ulike bygningstyper".
- (3) NS-EN ISO 11654:1998 "Akustikk. Lydabsorbenter til bruk i bygninger. Vurdering av lydabsorpsjon".
- (4) Byggforsk byggdetaljblad 543.414:2014 "Bruk av lydabsorbenter i bygninger. Prinsipper og datasamling".
- (5) Byggforsk byggdetaljblad 527.307:2005 "Støydemping i trapperom og korridorer".
- (6) BREEAM - NOR 2016 ver. 1.0.

10 Vedlegg A - Vedlegg C

Vedlegg A Lydkrav. TEK17 Lyd og vibrasjoner.

Lydforholdene skal tilfredsstillende TEK17. Krav er gitt i (1) i kapittel 13 Inneklima og helse, §13-6 Lyd og vibrasjoner. Lydforhold skal være tilfredsstillende for personer som oppholder seg i byggverk og på uteoppholdsareal avsatt til rekreasjon og lek. Krav til lydforhold gjelder ut fra forutsatt bruk, og kan oppfylles ved å tilfredsstillende lydklasse C i Norsk Standard NS 8175:2012 "Lydforhold i bygninger. Lydklasser for ulike bygningstyper". Krav til tilfredsstillende lydforhold omfatter:

- luftlyd
- trinnlyd og strukturlyd
- **romakustiske forhold, inkludert taleforståelse**
- **støy fra bygningstekniske installasjoner**
- støy fra utendørs lydkilder

Definisjonen av brukerområde fremgår av tabellene for lydklassene for de enkelte bygningstyper i (2). Ved prosjektering, utførelse og etterprøving forutsettes bruk av begreper og målemetoder som angitt i NS 8175. Grenseverdiene i standarden gjelder for normalt møblerte rom. Lydklassen er knyttet til målemetoder i henhold til Norsk Standard, angitt i pkt. 2, 3 og 4 i NS 8175. Grenseverdiene for lydklasse C gjelder målinger på stedet.

Tabell 2 angir grenseverdier for romakustiske forhold. For etterklangstid gjelder de spesifiserte grenseverdiene rommidlet etterklangstid i hvert enkelt av oktavbåndene 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz. Tabellen angir grenseverdiene for høyeste etterklangstid, T_h , eller etterklangstid relatert til rommets høyde, T_h . For 1/1-oktavbåndet 125 Hz kan etterklangstiden overstige grenseverdiene i tabellen med inntil 40 %.

Tabellen angir også krav til midlere absorpsjonsfaktor, α_{middel} , der slikt krav er gitt. De spesifiserte grenseverdiene for lydabsorpsjonsegenskaper gjelder midlere lydabsorpsjonsfaktor for gulv, vegger og tak i umøblerte rom i hvert av 1/1-oktavbåndene 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz.

Grenseverdiene for α_{middel} og T_h skal forstås slik at det førstnevnte er et generelt krav, men at etterklangstiden aldri skal være større enn T_h . Grenseverdier for høyeste etterklangstid T_h er relatert til rommets gjennomsnittlige høyde h . **Hvis disse grenseverdiene fører til ulike krav ved ulike romgeometrier, er det den strengeste grenseverdien som gjelder.**

Tabell 2: Romakustiske forhold. Grenseverdier for **høyeste** etterklangstid, T , og **laveste** lydabsorpsjonsfaktor, $\bar{\alpha}$.

Type brukerområde ^a	Måle-størrelse	NS 8175, klasse C: Krav til etterklangstid T [s], relatert til rommets gjennomsnittlige høyde T_h [s]. Krav til lydabsorpsjonsfaktor, $\bar{\alpha}$
I kommunikasjonsvei som transportareal og korridorer: • Høyeste etterklangstid • Midlere absorpsjonsfaktor	T_h (s) $\bar{\alpha}$	0,27 x romhøyde 0,15
I trapperom ^a	T_h (s)	1,0 (grenseverdi gjelder fra 500 Hz)

Akustisk grunnlag for totalentreprise

Høyeste grenseverdier for innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner er angitt i Tabell 3.

Tabell 3: Innendørs, støy fra tekniske installasjoner. Høyeste grenseverdier for innendørs A-veid tidsmidlet og maksimalt lydtryknivå L_{pAT} og L_{pAFmax} i brukstid.

Type brukerområde	Målestørrelse	NS 8175 Klasse C
I kommunikasjonsvei som korridor, fellesgang og transportareal fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i annen bygning.	$L_{p,A,T}$ (dB) $L_{p,AFmax}$ (dB)	38 40
I trapperom ^a fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i annen bygning.	$L_{p,A,T}$ (dB) $L_{p,AFmax}$ (dB)	38 40

^a Det kan tillates 10 dB høyere lydnivåer fra heis i kommunikasjonsveier og trapperom nær heisen. Grenseverdier for teknisk installasjoner ved andre tilstøtende arealer skal likevel overholdes.

Tabell 4 angir høyeste grenseverdi utenfor vindu og på uteareal for A-veid maksimalt lydtryknivå L_{pAFmax} fra tekniske installasjoner.

Tabell 4: Høyeste grenseverdi utenfor vindu og på uteareal for A-veid maksimalt lydtryknivå L_{pAFmax} fra tekniske installasjoner.

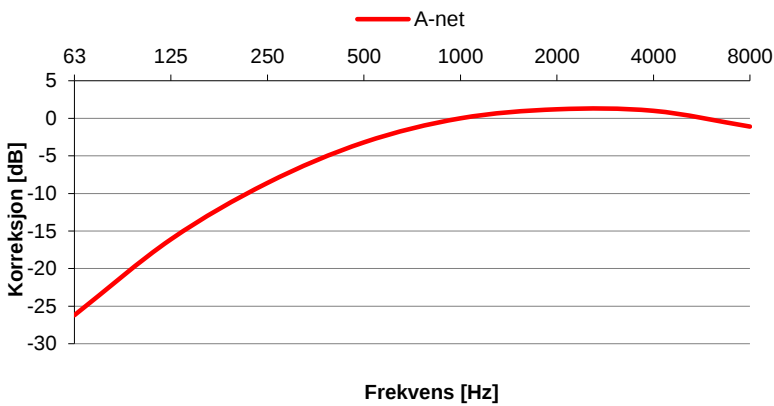
Type brukerområde	Målestørrelse	Krav
<i>Haukeland sykehus og fremtidig Protonsenter:</i> Lydnivå utenfor kontor- og møteromsvinduer fra tekniske installasjoner i de nye transportarealene og trappehuset.	L_{pAFmax}	45 dB
<i>Naboer, boliger:</i> Lydnivå på uteoppholdsareal og utenfor vinduer fra tekniske installasjoner i de nye transportarealene og trappehuset.	L_{pAFmax} natt, kl. 23-07 kveld, kl. 19-23 dag, kl. 07-19	35 dB 40 dB 45 dB
<i>Naboer, skoler:</i> Lydnivå på uteoppholdsareal og utenfor vinduer fra tekniske installasjoner i de nye transportarealene og trappehuset.	L_{pAFmax}	40 dB

Vibrasjonsforhold skal være tilfredsstillende for personer som oppholder seg i byggverk og på uteoppholdsareal avsatt for rekreasjon og lek. Aktuelle vibrasjonskilder kan blant annet være veitrafikk, industri, samt vibrasjoner fra aktiviteter og bygningstekniske installasjoner i bygninger.

Bygningstekniske installasjoner må prosjekteres, utføres og plasseres slik at de ikke bidrar til å sette bygningskonstruksjoner i svingninger som kan føre til plagsom strukturlyd eller vibrasjoner (rystelser).

Vedlegg B Akustiske definisjoner og begrep

Begrep	Symbol	Måle-enhet	Forklaring
A-veid ekvivalent lydtryknivå	$L_{pA,eq,T}$ $L_{pA,T}$	[dB]	Lydnivå fremkommet ved å veie hvert frekvensbånd etter en kurve som er tilpasset menneskeørets følsomhet, se Frekvensveiekurve A. Menneskeøret er mest følsomt i området rundt 1000 Hz, og minst følsomt ved lave frekvenser. Det ekvivalente lydnivået er et mål på det gjennomsnittlige (energimidlede) nivået for varierende lyd over en bestemt tidsperiode T. Ekvivalentnivå gjelder for en viss tidsperiode T, f.eks. 1/2 time, 8 timer, 24 timer.
A-veiet maksimalt lydtryknivå	$L_{pAF,max}$	[dB]	A-veiet maksimalnivå målt med tidskonstant "Fast" på 125 ms..
Etterklangstid	T	[sekun-der]	Uttrykk for hvor raskt lyden dempes i et rom; den tiden det tar for et gjennomsnittlig lydtryknivå å falle 60 dB etter at lydkilden i rommet er avbrutt. Etterklangstiden er frekvensavhengig på grunn av at lydabsorpsjonsfaktoren er frekvensavhengig.
Lydabsorpsjons-faktor	α		Lydabsorpsjonsfaktoren angir hvor stor andel av innfallende lyd et materiale absorberer. Verdi mellom 0 (tilsvarer omtrent en glatt betongflate) og 1 (tilsvarer et åpent vindu, 100 % lydabsorpsjon). Lydabsorpsjonsfaktoren er frekvensavhengig. Lydabsorbenter kan spesifiseres i henhold til klasser i NS-EN ISO 11654, der klasse A er best og E dårligst, se Absorbentklasse A, B osv..
Midlere lydabsorpsjons-faktor	α —		De spesifiserte grenseverdiene gjelder midlere lydabsorpsjonsfaktor bestemt etter data for rommets enkeltflater i umøblerte rom. Grenseverdiene for lydabsorpsjonsklasser gjelder midlere lydabsorpsjons-faktor for gulv, vegger og tak i hvert av 1/1-oktavnbandene 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz og 4000 Hz.
NS 8175 klasse A			Tilsvarende lydmessig spesielt gode forhold der berørte personer kun unntaksvis blir forstyrret av lyd og støy.
NS 8175 klasse B			Tilsvarende meget gode lydforhold, men berørte personer kan bli forstyrret av lyd og støy til en viss grad.
NS 8175 klasse C			Tilsvarende tilfredsstillende lydforhold for en stor andel berørte personer.

Begrep	Symbol	Måle-enhet	Forklaring
Frekvensveiekurve A			Når støy beskrives med ett tall brukes ofte forskjellige typer av frekvensveieing. Frekvensveiekurve A simulerer responsen til menneskets øre på lyd, og verdien angis da som A-veid lyd(trykk-/effekt-)nivå i desibel (dBA), kfr. IEC publikasjon 651. A er en veiekurve, eller et filter, som etterligner menneskets varierende følsomhet for å høre forskjellige frekvenser. Figuren nedenfor viser A –veiekurven:  The graph shows the A-weighting curve (A-net) used in sound measurement. The x-axis represents frequency in Hz on a logarithmic scale from 63 to 8000. The y-axis represents correction in dB from -30 to 5. The curve starts at -25 dB at 63 Hz, rises to 0 dB at 1000 Hz, and then slightly decreases to -1 dB at 8000 Hz.
Strukturlyd			Maskineri og vibrerende utstyr som installeres i en bygning, overfører vibrasjoner til bygningen via opplagerpunkter og innfestinger. Vibrasjonene forplanter seg i bygningskroppen, som avstråler støy. Denne støyen kalles strukturlyd. Strukturlyden kan i mange tilfeller gi høyere lydnivåer enn luftlyd fra det samme utstyret gjennom skillekonstruksjonene. Av og til kan rystelsene fra maskiner være så kraftige at de gir følbare vibrasjoner i bygningen. Vibrasjonsisolering vil redusere disse rystelsene.
Støy			Uønsket lyd

Vedlegg C Miljøgiftliste, ref. (6)

Produktgruppe:	Stoffer som skal unngås. Se mer informasjon om de oppførte stoffene og andre stoffer verdt å merke seg på www.erdetfarlig.no eller www.miljodirektoratet.no/kjemikaliesok .
Bygningsplater	Arsen, bly, bromerte flammehemmere (HBCD, TBBPA), ftalater (DEHP), krom, oktyl-/nonylfenol
Gulvbelegg i vinyl eller PVC	Ftalater (DEHP), bisfenol A, bly, arsen, bromerte flammehemmere (HBCD, TBBPA), mellomkjededede klorerte parafiner (kortkjededede klorerte parafiner er forbudt)
Tepper	Bly, bromerte flammehemmere (HBCD, TBBPA), klorerte parafiner, krom, oktyl-/nonylfenol, PFOS/PFOA/PFCA,
XPS (ekstrudert polystyren), EPS (ekspandert polystyren) Cellegummi-isolasjon	Bromerte flammehemmere (HBCD, TBBPA) (flammehemmerne penta-, okta- og deka-BDE er forbudt)
Vinduer/ytterdører	Bisfenol A, bly, bromerte flammehemmere (HBCD, TBBPA), Ftalater (DEHP), klorerte parafiner, PFOS/PFOA, oktyl-/nonylfenol
Lim	Bisfenol A, bly, klorerte parafiner, krom, oktyl-/nonylfenol, TCEP
Sparkel, fugemasse og -skum	Bisfenol A, ftalater (DEHP), klorerte parafiner, krom, oktyl-/nonylfenol, siloksan (D4/D5)