

# PA 5551

## ROMAKUSTIKK OG ELEKTROAKUSTISKE ANLEGG

## Innholdsfortegnelse

1 Generelt	3
2 Auditorier	3
2.1 Små auditorier (<80 personer)	3
2.2 Middels stort auditorium: 80-200 tilhørerplasser	3
2.3 Stort auditorium: 200–400 plasser	4
3 Prosjekteringskompetanse	4
3.1 Middels store auditorier	4
3.2 Store auditorier	4
4 Bygg-/brukerutstyr	5
4.1 Byggutstyr	5
4.2 Brukerutstyr	5
5 Entrepriseform	5
6 Retningslinjer	6
6.A Bygningsmessig	6
6.A.1 Lydisolasjon	6
6.A.2 Romform/refleksjonsforhold	6
6.A.3 Etterklangstid	10
6.A.4 Bakgrunnstøy	11
6.B Elektro-akustisk prosjektering	12
6.B.1 Høytalerplasseringer, generelt	12
6.B.2 Prinsippløsninger, høytaler-lay-out	13
6.B.3 Evt. separat basshøytalere	17
7 Samlede tekniske krav til elektro-akustiske anlegg i auditorier	18
8 Krav til de enkelte deler av det elektro-akustiske anlegg	19
8.1 Føringsveier	19
8.2 Mikrofoner, miksemuligheter og volumstyring	19
8.3 Forsterker	20
8.4 Montasje/sammenkopling/kjøling	20
8.5 Kabling	21
8.6 Jording	21
8.7 Styring	23
8.8 Momenter mhp. visuelt AV-utstyr, lerreter	23
8.9 Sammenkopling med audiovisuelt utstyr	24
8.10 Plassering av utstyr	24
8.11 Teleslynge	24
8.12 Dokumentasjon/Opplæring/Skilting/Merking	25
9 Entreprisen	25
10 Ettermåling	26
10.A Bygningsmessig (+VVS)	26
10.B Elektroakustisk	26
11 Kostnads-database	27
12 Henvisninger	27

## 1 Generelt

Veiledningen gir generelle retningslinjer for prosjektering, utførelse og ettermåling av

### **ROM-AKUSTIKK og ELEKTRO-AKUSTISKE ANLEGG**

i generelle auditorier, ved for eksempel høgskoler og universiteter.

Formålet med veiledningen er å oppnå riktigere/bedre tilpassede lydanlegg i generelle auditorier, og bedre sammenhengen mellom rommets fysiske/romakustiske utforming og plassering og prosjektering av høyttaleranlegget.

Veiledningen gir:

- Grunnlag for rommets utforming
- Grunnlag for kravspesifikasjon av elektroakustisk anlegg
- Grunnlag for detaljprosjektering og etter-måling både mhp
  - a) romakustikk/lydisolasjon og
  - b) elektroakustikk.

Veiledningen er særlig rettet mot forhold som oftest viser seg å bli et problem etter ferdig installasjon. Ofte er hver enkelt komponent for elektro-akustikken gode nok, men de er ikke riktig sammensatt, og plassert feil i rommet.

For å unngå uheldige høyttalerplasseringer og romformer som er akustisk uegnet, er denne prosjekteringsanvisning rettet ikke bare mot den elektro-akustiske prosjektering (**RIE/EI-akustisk rådgiver**) men også mot **arkitekten**, slik at man tidlig kan se behovene man har mhp. høyttalerplasseringer etc., og legge tilrette for gode løsninger allerede tidlig i prosjekteringen.

[Momenter som er viktige for arkitekt er særlig punktene 2, 6A+B og 8.8.]

## 2 Auditorier

Denne prosjekteringsanvisning er spesielt rettet mot MIDDELS/STORE AUDITORIER i høgskoler, universiteter og forvaltningsorganer.

Hovedformålet er formidling av **tale** og avspilling av **programlyd** fra video, film, etc., evt. med noe muligheter for enkel lydkjøring av mindre opptredener.

Gradering av auditorier:

### 2.1 Små auditorier (<80 personer)

- Trenger normalt ikke taleforsterkningsanlegg.
- Evt. programlydanlegg ansees best løst med mobilt brukerutstyr.

### 2.2 Middels stort auditorium: 80-200 tilhørerplasser

- (80) 100-250 m<sup>2</sup> gulvflate,
- Helst amfi (dobbel etasjehøyde, h= f.eks. 3-5 m.)
- Flatt golv (dersom man ikke har mulighet for mer enn enkel etasjehøyde).

- Himlingen bør være skråstilt over/foran taler, for å gi nyttige refleksjoner til siste benk. (Dersom dette gir for store problemer mhp plassering av lerret etc. [se 8.8], kan dog flat himling vurderes, særlig hvis tilhørerarealet er skrått. ("amfi")).

## 2.3 Stort auditorium: 200–400 plasser

- 200-500 m<sup>2</sup> gulvflate,
- Stigende tilhøramerfi,
- Stor ("dobbel") takhøyde (h= f.eks. 4 -7 m),
- Skråstilt reflekterende flate over/foran podiet,
- Spesielt prosjektert akustisk utforming av vegg og himlingsflater.

Denne prosjekteringsanvisning gjelder derfor IKKE for:

- Større elektro-akustiske anlegg i større flerformålssaler og kultursaler (>400 personer),
- (Simultan)-tolke-/eller konferanse-anlegg,
- Rene avspillingsanlegg i musikkrom,
- Mindre/mobile avspillingsanlegg i mindre undervisningsrom etc.,
- Fjernundervisningsanlegg.

Det bør dog legges til rette for noe utvidelser til slike typer anlegg.

For evt. momenter vedr. andre typer anlegg, vises til byggeprogrammet, evt. Statsbyggs akustiker, for hvert enkelt prosjekt.

## 3 Prosjekteringskompetanse

### 3.1 Middels store auditorier

Elektro-akustisk prosjektering kan foretas av RIE dersom han kan fremlegge konkret dokumentert kompetanse innen elektro-akustikk, f.eks. tilsvarende NIF kurs 54902020 "Prosjektering av elektro-akustiske anlegg" (se litt. henvisningslisten), og/eller erfaringer/referanser innen konkret prosjektering av elektro-akustiske anlegg av denne størrelsen.

Dersom RIE ikke kan fremlegge dokumentasjon for overnevnte kompetanse, må han leie inn hjelp for denne oppgaven. Valget av underkonsulent skal godkjennes av Statsbygg.

### 3.2 Store auditorier

eller anlegg for konferanse, kulturhus, tolkeanlegg etc.

For slike prosjekter må det engasjeres spesialrådgiver med spesiell erfaring i elektro-akustikk.

Dersom ikke annet er angitt i byggeprogrammet skal denne engasjeres av RIE som underkonsulent. Valget skal godkjennes av Statsbygg.

## 4 Bygg-/brukerutstyr

For det elektro-akustiske anlegget forutsettes følgende avgrensning mellom bygg- og brukerutstyr:

- For auditorier <80 m<sup>2</sup> personer anses taleanlegg ikke nødvendig.
- Evt. (mobilt) programlydanlegg betraktes som brukerutstyr.

### 4.1 Byggutstyr

- Elektroakustisk anlegg for tale og programlyd for auditorier over 80 m<sup>2</sup> med tilkoplingsmuligheter for 2-(3) ikke-samtidige talerposisjoner, samt 3-(4) andre signalgivere ( f.eks., CD-spiller, AUX 1, AUX2, radio, TV, Video (stereo), [se også 8.2.].
- Talerstol/kateter/rack/møbel
- Evt. styringsenhet, sammenkopling mot AV-anlegg og evt. motoriserte gardiner etc.
- Kabling/jording. Kabling også for utvidet tilkopling av brukers AV-utstyr , [jmf. punkt 8.1 etc.]
- Sammenkopling med fellesantenne-anlegg for Radio/TV, dersom slikt anlegg er tatt med i elektro-entreprise, se byggeprogrammet.

### 4.2 Brukerutstyr

(der dette ikke spesifikt er angitt som byggutstyr i byggeprogrammet):

- Evt. video-overhead
- Evt. PC-er med tilkoplingsmuligheter til video/overhead.
- Evt. video-kameraer etc. for visning av objekter over video-overhead el.lign.
- Evt. radio, kassett-spillere, TV-apparater.

Det bør tilstrebes at samme konsulent utfører prosjekteringen av både byggutstyr og brukerutstyr.

## 5 Entrepriseform

Elektro-akustiske anlegg er en type leveranse der utstyrsdelen er den dominerende del av totalkostnaden. Dessuten er det ønskelig med noe spesialtilpassing av anlegget før kontrakt.

Rent faglig er det derfor ønskelig at slike entrepriser ordnes som "kontrahering etter forhandling".

Gjennom EØS-avtalen legges det ved EUs Innkjøpsdirektiver sterke begrensninger på dette, slik at dette må tas opp med Statsbyggs prosjektleder og fagperson elektro for hvert enkelt prosjekt. Ellers må leveransen gå som ordinært anbud.

Elektro-akustisk anlegg/AV-anlegg av en viss størrelse bør behandles som egen entreprise.

## 6 Retningslinjer

### 6.A Bygningsmessig

#### 6.A.1 Lydisolasjon

Krav til feltmålt, veiet, lydreduksjonstall  $R_w'$ , målt i ferdig bygg er angitt i Byggeprogram kap 8 for det enkelte prosjekt. Dessuten henvises til NS 8175 kl. C der BP ikke gir strengere krav.

**Kontrollrom** bak i salen anordnes kun for store auditorier. Lydisolasjonskrav for slikt evt. kontrollrom kan være:

Totalt for vegg+vindu+dør mellom kontrollrom og auditorium:  $R_w' > 35$  dB

- Veggfelt, aud./kontroll:  $R_{w \text{ lab}} = 50$  dB  
(*splittet for at enkle vibrerede utstyr kan monteres direkte mot indre veggskall i kontrollrommet*)
- Dør, aud./kontroll: lydklasse 30 NS 3150.
- Glass i kontrollromsvindu:  $R_w' > 35$  dB.

(Dersom det er behov for åpningsbarhet av vindu mellom kontrollrom og auditoriet, må kravene til lydisolasjon måtte reduseres med anslagsvis 10 dB. Det blir mer og mer vanlig å ikke benytte slike kontrollrom for auditorier, men å flytte utstyret frem mot podiet for "en-mannsbetjening".

[Se punkt 8.8]

#### 6.A.2 Romform/refleksjonsforhold

Selv om et rom forventes utstyrt med elektro-akustisk anlegg skal de romakustiske forhold allikevel prosjekteres for maksimal taleforståelse og lydutbredelse for akustisk tale. Dette kan gi større fleksibilitet ved at man ikke alltid behøver å benytte mikrofon, og samtidig vil et romakustisk godt prosjektert rom også være et godt utgangspunkt for prosjekteringen av et elektro-akustisk anlegg.

De beste romakustiske forhold for tale etc. oppnåes med en rektangulær/svakt vifteformet romform, som vist i Fig.1 og Fig.2.

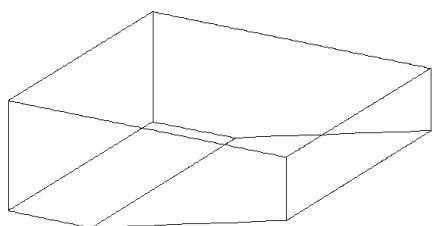


Fig.1

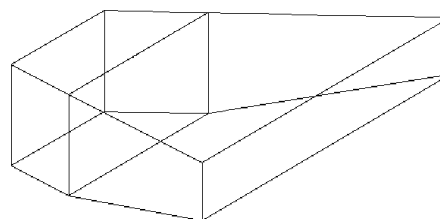


Fig.2

Fremre del, særlig over/ved siden av/foran taler må være godt reflekterende, slik at man får gode refleksjoner til de bakre tilhørerplassene, se Fig.3.

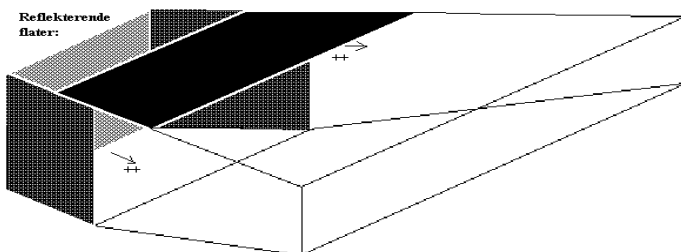


Fig.3

For rom med takhøyde lavere enn anslagsvis 4 meter (noe avhengig av evt. skråning amfi), kan plan himlingsflate i seg selv være en tilstrekkelig reflektor. For høyere takhøyder bør man ordne en skråstilt reflektor over/foran taler, som gir gode, distinkte refleksjoner til de bakre plassene, se Fig.4.

Reflekterende flater:

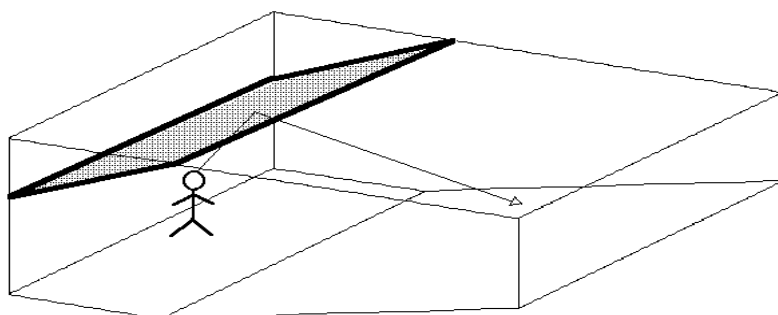


Fig.4

Denne reflektor-flaten behøver strengt tatt ikke gå helt ut til sidevegger, og kan gjerne være noe vifteformet ut fra taler, og evt. også noe oppdelt, forutsatt at man totalt får dekning av refleksjoner over hele (bakre del av) tilhørerarealet. Skråstillingen behøver heller ikke fortsette over/bak taler, da refleksjonene fra denne delen jo bare ville komme til de fremre rader, som jo allikevel hører bra, se Fig.5a. Reflektoren må gjerne være krum, se Fig.5b.

Reflekterende flater:

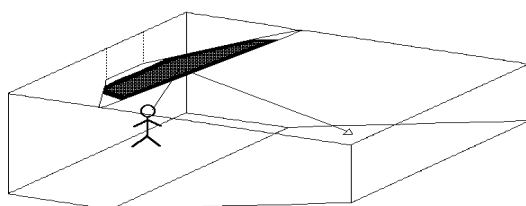


Fig.5a

Krum reflektor (snitt):

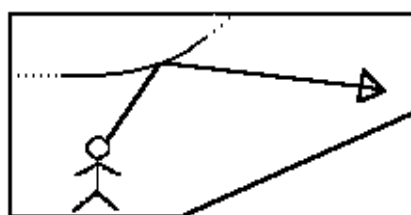


Fig. 5b

Type material i reflekterende flater kan være gips, sponplater, metall (stål/aluminium, med evt. dempemasse mot resonanser og klirr, eller massive/pussede flater av tegl, betong eller pusset Leca.

(Her er forutsatt at auditoriet er for tale/programlyd. For mer rene musikkrom må man vurdere tyngden i slike reflekterende flater nærmere, for å få tilstrekkelig bassrefleksjon, og overflatestrukturen, for å beholde maksimal refleksjon i diskanten/briiljansen).

De prosjekterende må på et tidlig tidspunkt innhente opplysninger om evt. lærrettsdimensjoner, evt. video-kanon etc., fordi det vil bli et nitidig detaljarbeid å sammenfatte alle disse elementene rundt reflektor-forkant i auditoriet. Trolig må man "ofre" en del av reflektoren for plassering av innfelt høyttaler (senter-cluster)

Slik plassering vil også eliminere fare for såkalte kamfilter-effekter som er omtalt nedenfor. Man bør da "ofre" en del av reflektoren som ikke sender lyd til de bakre, mest ømfintlige plassene. [For momenter vedr. lærrettsdimensjoner etc., se punkt 8.8.]

Bakre del av takflaten og bakvegg gir ofte ikke refleksjoner som er nyttige for tale-oppfattelsen, de kan i visse tilfelle også gi ekko, enten direkte tilbake til taler, eller som en refleksjon via både tak og bakveggen til taler. Evt. støy fra "for-sent-kommere" bakerst i auditoriet bør også dempes. Bakre del av himlingen, samt bakvegg kan derfor i utgangspunktet tenkes lydabsorberende, se Fig.6.

Absorberende arealer:

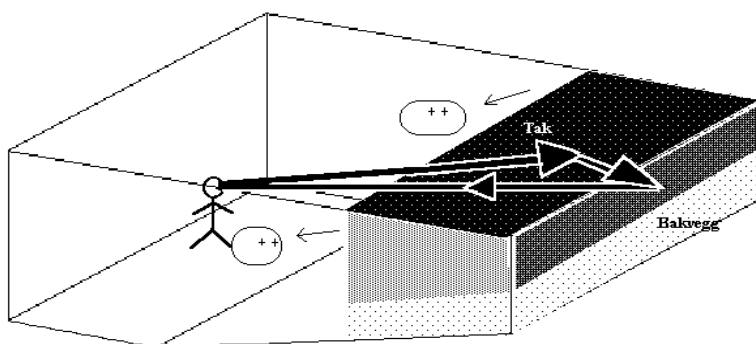


Fig.6

For helt rektangulære, nakne romformer, bør man ha noen skråstilte eller på annen måte lydoppbrytende elementer på sideveggene ved/foran podiet, for å unngå flutterekko, dvs. at lyden står og slår mellom veggene her, samt for å "skyve" lyden utover i salen, se Fig.7.

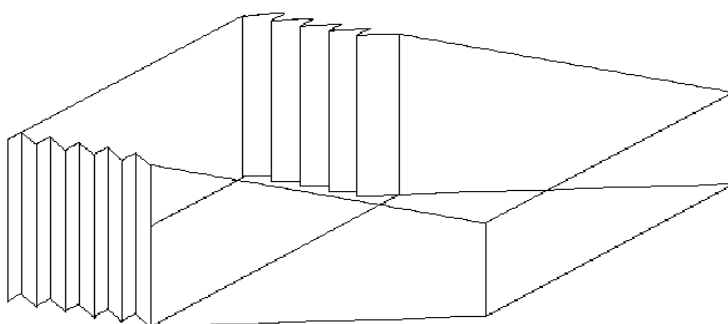
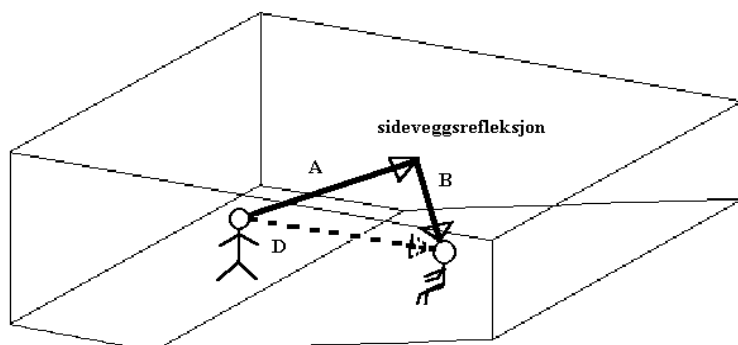


Fig.7

(Slike fenomener blir ofte lettest merkbare for taleren selv, og for de fremste plassene).



Dersom auditoriet er for bredt, og har plane/reflekerende vegger, vil de fremre tilhørerne kunne høre distinkte ekko fra sidevegg, se Fig.8.



Ekko dersom  $(A+B) - D > 15m$

Fig.8

Moderat skråstilling eller vifteform vil motvirke dette, se Fig.9.

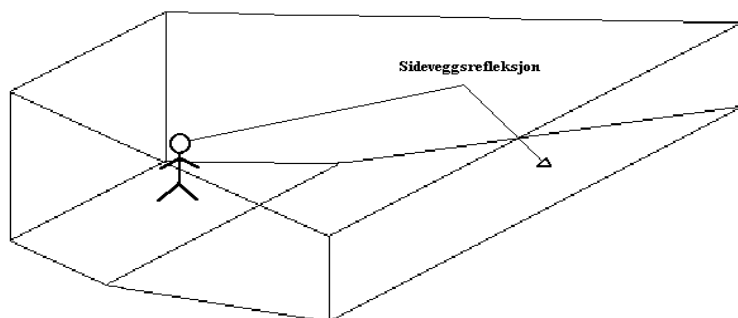


Fig.9

Ellers kan sideflatene i podiet evt. oppbrytes for å ikke gi de speilende refleksjoner som vises i Fig.8 (og Fig.9). Dette benyttes dog mest i konsertsaler, og kan virke noe negativt på taleoppfattbarheten i salen.

For å virke lydoppbrytende i det frekvensområde som er aktuelt for tale må oppbrytende elementer være avstørrelsesorden min. 0,2-0,3 meter (Tilsvarende 1/2 bølgelengde).

Tilsvarende må skråstilte elementer være skrådd min. ca.  $7^\circ$  for å hindre flutter-ekko.

(Eller halvparten min.  $3-4^\circ$  dersom begge sidevegger er skrådd.

(For musikk, som inneholder lavere frekvenser (større bølgelengder), må oppbrytende elementer være av størrelsesorden f.eks.min. 0,5 m i bredde, og min. 20 cm i utspring fra vegglivet). (PS! "Trekkspillformen" i fig. 7 er for såvidt en type oppbrytende elementer, men disse er såpass store, og vinklet gunstig og "likt", slik at de skyver lyden utover, og virker gunstig også på taloppfatbarhet.

Evt. absorberter på sidevegger på podiet vil hindre flutter-ekko mellom sideveggene, men vil drepe siderefleksjonene som er gunstig for tale, og sideveggene bør derfor ikke være absorberende rundt/foran podiet

Stolene bør være godt polstret og bør ha perforering el.lign. slik at også undersiden av klappsetene er lydabsorberende. Dette for å oppnå mest mulig like refleksjons- og etterklangsforhold uavhengig av antallet personer som er tilstede.

Krumme flater som kan gi fokuseringer må generelt unngås.

Det har i den senere tid blitt populært å tegne runde auditorier. Sirkelen er en problematisk form mhp romakustikk. For mindre rom kan slike runde romformer dog aksepteres, fordi man har så god direktelydsdekning at man ikke trenger så mye hjelp fra sideveggene. Man kan da dempe ned/absorbere disse og beholde taket godt reflekterende. For større auditorier (> ca. 100 m<sup>2</sup>) må slike sirkulære romformer eller del-former som gir fokusering unngås, da disse rommene er så store at vi trenger nyttige refleksjoner fra sideveggene. Hvis sideveggene er krumme, får vi ikke de nyttige sideveggsrefleksjonene, men fokuseringer og ujevn lydfordeling i salen.

Podiet i større auditorier bør ofte være noe større enn det som er nødvendig for ren tale/foredrag, for å kunne bruke rommet også til enklere forestillinger etc. selv om dette ikke er programmert i byggeprogram el. lign., og man bør sikre gode adkomst-muligheter, flyttbare kateter/talerstoler etc., samt at man evt. kan fjerne 1-2 rader

Særlig på mindre steder der man ikke har andre saler, vil slik annen bruk av rommet sikkert bli ønskelig. Det skal altså ikke legges inn ekstra kostnader for slik bruk, men man må påse man ikke legger fysiske begrensninger. Tilsvarende gjelder også mulighetene for feste av effekt-lys i tak etc. Dette kan gjøres ved at bærekonstruksjoner for himlinger/lys etc. gjøres i form av rør/stag etc. i standard-dimensjoner som senere også kan benyttes til oppheng av (brukers) effektlysutstyr. Evt. (lette) gallerier kan være nyttige for lampeskift etc. og disse vil som regel også være akustisk ønskelige, og de kan gi muligheter for montasje av fleksible akustiske absorbenter samt lyskastere senere.)

Disse momenter er ment som grunnlag for arkitektens foreløpige skisser. Disse skisser skal så vurderes nærmere av arkitekt/akustiker/elektro-akustiker i sammenheng med etterklingsberegningene nevnt i neste punkt.

### 6.A.3 Etterklangstid

Hvor langt bakover himlingen skal være reflekterende før man evt. går over til absorberende himling, og om det evt. i tillegg skal være noen absorbenter på bakre del av sidevegger, [se Fig.3 og 6] bestemmes etter at etterklangstiden i rommet er beregnet. [se Byggeprogram kap. 8, NS 8175 kl.C og NBI anvisning 20].

Absorbent-typer på bakvegg og evt. bakre del av sidevegg og bakre del av himling kan være mineralull eller annen porøs-absorbent, dekket med duk mot mineralfiber/-støv og evt. spiler eller perforerte plater. Andre alternativer kan være hulltegl med åpne hull og bakenforliggende mineralull, evt. upusset Leca, (forutsatt tilstrekkelig tyngde/tykkelse og puss på den andre siden mhp. lydisolasjon). I store auditorier bør man alltid plassere absorbenter i øvre/bakre hjørner av rommet, da slike hjørner ellers alltid vil sende lyd tilbake til taler.

(Type absorbent i bakre del av himlingen må vies noe omtanke. Dersom lyden fra taler faller omtrent parallelt med denne flaten, bør disse absorbentene helst ikke være av vanlig type perforerte plater (perf. gips eller perf. metall), da lyden ikke vil "se" hullene", og ikke bli absorbert så mye som produktdataene lover. (evt. må man benytte meget høy perforasjonsgrad, >30 %, og tynne plater eller perforerte plater med 2 lag spesial-duk + mineralull, og evt. oppbrytning av hulrommet over absorbenten). I slike arealer i bakre del av himling bør det derfor benyttes porøs-absorbenter (mineralull, evt. mineralfiber-plater), eller evt. vertikalthengende bafler av mineralull eller perforerte plater med tillegg av mineralull eller absorbent-duk.)

Det legges ofte for ensidig krav til bare etterklangstiden når man prosjekterer auditorier etc. I denne prosjekteringsanvisning er det i første omgang lagt vekt på gode refleksjonsforhold, med påfølgende etterklingsberegning for justering.

Gunstige etterklangstider for tale er f.eks. fra (0,6)-0,8-0,9 til 1,1-1,2 sek. for tale i auditorier med aktuell størrelse for denne anvisning (f.eks. 300m<sup>3</sup>, til 4000m<sup>3</sup>, med høyest ønsket etterklangstid for størst romvolum). Etterklangstiden bør være noenlunde jevn for frekvensområdet 100-4000 Hz for tale-/programlyd auditorier. [Se ellers NBI Anvisning nr. 20, "Romakustisk Prosjektering".]

Ovennevnte momenter gjelder først og fremst for tale/programlyd. For spesielle auditorier der det i byggeprogrammet legges noe vekt også på akustisk musikk, bør etterklangstiden være lengre, særlig i bassen, og man bør vurdere å utføre absorbentene på bak-vegg og evt. sidevegger fleksible, slik at de kan fjernes under akustiske konserter.

(Fleksibel absorpsjon ordnes enklest i form av tepper/gardiner, selv om disse ikke gir særlig endring av etterklangstiden for de lavere bassfrekvenser. Slike tepper bør være relativt tunge, som ull eller velur med min. flatevekt 0,6-0,8 kg/m<sup>2</sup>, eller evt. brannsikre kunstmaterialer, f.eks. Eckogewebes fra Elpag. Slike absorbentgardiner bør monteres foldet til 1/2 bredde og min 10 cm fra vegg, for å oppnå en viss lydabsorpsjon også i bassen. Gardinene må kunne dras helt bort/fjernes når de ikke er i bruk.)

For auditorier der man i byggeprogrammet forventer jevnlige forestillinger med elektrisk forsterkning, (utover det elektroakustiske anlegg som er nevnt i denne Anvisning), må man også vurdere endel tilleggsabsorbenter, særlig på fremre/midtre deler av sideveggene (og evt. podievegg).

#### **6.A.4 Bakgrunnstøy**

Krav til maks. støynivå fra felles tekniske installasjoner er vanligvis angitt i ventilasjonskapittelet i byggeprogrammet, evt. i punkt 29.9 Akustikk. Generelt gjelder byggeforskriftskravet/NS 8175 kl. C. for undervisningsrom.. For auditorier settes kravet ofte til **30 dB(A)** og **N-25** eller strengere krav dersom auditoriet også benyttes til forestillinger/konserter.

Støy fra spesielt teknisk utstyr inne i auditoriet bør også følge samme krav. Dette gjelder for eksempel lyskastere, vifter for kjøling av teknisk spesial-utstyr etc.

## 6.B Elektro-akustisk prosjektering

### 6.B.1 Høytalerplasseringer, generelt

Den beste høytalerplassering for taleforståelse, er å plassere høytaleren et sted der man ønsker at en vegg- eller tak-flate skal gi en nær/distinkt akustisk refleksjon fra taleren, altså max. 2-4-(6) m fra taler, f.eks. fritt hengende over taler, evt. innebygd i en reflektor-skjerm over taleren, evt. også på sidevegger dersom disse ikke ligger for fjernt fra taleren, se Fig.10.

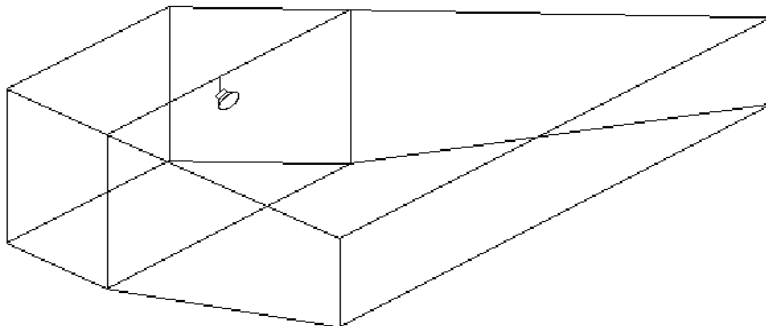


Fig. 10

Hovedhøytalerens (og mikrofonens) retningsegenskaper må utnyttes slik at man ikke får akustisk tilbakekopling til mikrofonen. Generelt bør høyttalere dessuten plasseres slik at de ikke sender for mye lyd til (fjerne) (reflekterende) flater (vegger/tak) som ikke gir nyttige refleksjoner til tilhørerne, da slike refleksjoner reduserer taleforståeligheten. Forskjellen i gangvei mellom direktelyd fra høyttaler og slike refleksjoner fra vegger/tak, bør ikke overstige 6-(8) meter.

Ved plassering av høyttalere nær/på vegg- og takflater, må man påse at høyttalere som gjengir frekvenser under f.eks.400 Hz ikke gir refleksjoner i flater slik at man får gangforskjell mellom direkte-lyden og reflektert lyd på mindre enn 2 meter, da dette kan gi såkalte kam-filtre [\*] i bass-området. Dersom høyttalere må plasseres slik, bør den aktuelle del av veggflaten utføres lydabsorberende, eller høyttalere monteres innfelt i vegg-/takflater/reflektor-skjerm. [\*Kamfilter: Ujevn frekvensgang der man får topper for de frekvenser der direktelyd+refleksjonen er i fase, og bunner når disse er i ufase. Kurven for frekvensgang for direktelyd + refleksjon viser topper og bunner med jevn avstand i en figur med lineær frekvens-skala, derav navnet kam-filter.]

For program-lyd bør man søke å få lyden lokalisert til lerretet.

Høyttalere bør generelt festes med braketter el.lign. som gjør at de enkelt kan vinkles/tiltes for at lydstrålingen kan rettes mot bakre del av tilhørerarealet. Generelt bør høyttalere ikke festes mekanisk direkte til bygnings-skroget der det kan være fare for struktur-lyd-overføring til andre deler av bygget. For en-sjikt, evt. massive veggkonstruksjoner bør man derfor vurdere vibrasjons-isolerende oppmontering.

Høyttalergruppens eksakte plassering må beregnes spesielt i hvert enkelt tilfelle. Skisse for høyttalerlay-out skal angis av RIE/EI.-akustikk-rådgiver i tilbudsmaterialet. Tilbyderen skal deretter beregne og detaljprosjekttere den høyttaler-lay-out som er nødvendig for å oppnå de angitte systemkrav.

For større auditorier eller andre mer komplekse anlegg, skal evt. merarbeid for 2-3 alternativer for høyttalerplasseringer, for å tilpasse rommets arkitektur og forbedre lytterforholdene, være medtatt i pristilbudet. Beregningene av lyddekning etc kan utføres i programmer som Odeon, CATT eller Ease.

Beregningene bør utføres både for direktelyd og reverberant lyd, ut fra romdata overlevert fra arkitekt, evt. akustiker. Kopi av rapport med beregningsfilene, inkludert opplysninger om set-up etc. for programmet skal oversendes Statsbyggs akustiker.

Det bør benyttes høyttalere med rettet stråling; flerveiskombinasjoner med horn, eller evt. søyler, slik at strålingen til mikrofon reduseres og at man begrenser overlap mellom dekningsområdene for de forskjellige høyttalene, og unngår stråling mot ugunstige flater.

Søylehøyttalere benyttes dog mest bare til tale.

PS! Søylehøyttalere skal alltid plasseres stående, og det krever da ytterligere høyde.

Vanlige Hi-Fi høyttalere er generelt for rundtstrålende til bruk i slike anlegg. De kan bare vurderes som alternativ for programlyd alene i små og godt dempede auditorier

## 6.B.2 Prinsipløsninger, høyttaler-lay-out

### 6.B.2.a Felles anlegg for tale- og programlyd

#### 6.B.2.a.1 Sentercluster (+ evt. Sidehøyttalere)

"Cluster" betyr her en "klase" med høyttalere plassert på omtrent samme sted, her i senter over/foran podiet). Denne løsning er prinsipielt den beste, og anbefales der man har stor takhøyde, og ikke for dypt podium, slik at man kan benytte samme lokalisering for tale- og programlyd. [se Fig.11]. Plassering av sentercluster i forhold til video-kanon og lerretter må vurderes spesielt, se også punkt 8.8.

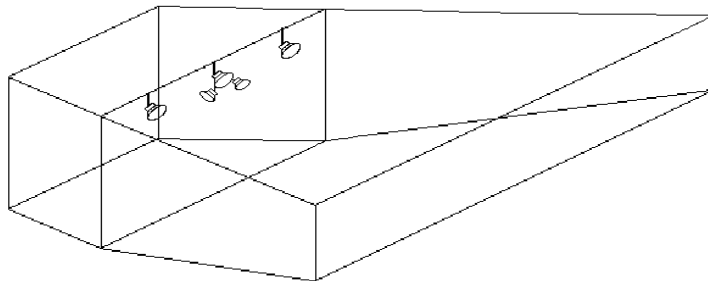


Fig.11

Tale gjengis i mono via senterclusteret (ikke i sidehøyttalene). Ofte må det benyttes min. 3 høyttalere i senterclusteret, med svak vinkling høyre/venstre, samt tilting (vinkling i vertikal-planet, rettet mot bakre tilhørere), for å oppnå tilstrekkelig dekning av hele tilhørerarealet.

Slike høyttalere som monteres "på samme sted", i et cluster bør helst plasseres over hverandre, ikke ved siden av hverandre, dette for å unngå tidsforsinkelser/kamfiltereffekter mellom dem. Øret er mindre ømfintlig for feil-lokalisering opp/ned enn sideveis. Man kan derfor godt akseptere en høyttaler over taler og fremdeles lokalisere til taleren. Dersom senter-clusteret er plassert uheldig høyt, må man dog vurdere tidsforsinkelse (delay) på disse høyttalene for tale, slik at de ikke gir ekko i forhold til den akustiske direktelyd på de fremre radene. Da må tidsforsinkelse benyttes for senter-clusteret)

Programlyd-avspilling i mono kan i noen tilfelle skje via overnevnte senter-cluster-høytalere. Vanligvis er det dog krav om stereo-avspilling, og da må sidehøytalere benyttes. Som et omtrentlig utgangspunkt foreslås sidehøytalere da plassert i overgangsonen mellom podium og tilhørere, ca. 1/4 av rombredden fra sideveggene, rettet mot bakre del av tilhørerne.

Avstand mellom sidehøytalere må ikke overstige (6)-8m for å ikke ødelegge stereo-bildet.

For smale rom kjøres stereo-lyd via sidehøytalene alene. For bredere rom vil man neppe kunne få riktig stereo-bilde i store deler av salen. For å oppnå noenlunde jevn lyddekning kan mono-signal da kjøres som tillegg via senterclusteret. Anlegg av denne type må derfor ha separate volumkontroller/forsterkere for sidehøytalere og sentercluster (L+R).

(Det kan bemerkes at løsningen med sentercluster + sidehøytalere nok ikke er så vanlig i bruk i auditorier, men det kan være en fornuftig løsning for rom som er så store at man sikrer programlyd lokalisert til lerret selv ved høytalerplassering så langt frem som i fig. 11. Løsningen gir en fleksibel måte å ordne både lokalisering til taler og stereo-bilde, samtidig som man kan unngå de uheldige samvirkningene man ville få dersom man f.eks. sendte mono-tale via de 2 sidehøytalene alene, nemlig kamfilter og utfasinger).

For lokaler med spesielt lange etterklangstider og evt. lave takhøyder (<3,5m) anbefales ikke løsninger med sentercluster.

For spesielt problematiske større auditorier med spesielt lav takhøyde, må man vurdere programlyd via fordelte takhøytalere (jmf. 8B.2.b.3) (og da i mono). Dette må ansees som en nødløsning, og slike romformer bør helst ikke prosjekteres av arkitekt etc.

### **6.B.2.b Separate anlegg for tale og programlyd**

Programlyd avspilles via 2 høytalere på hver side av lerretet på podieveggen, se Fig.12;

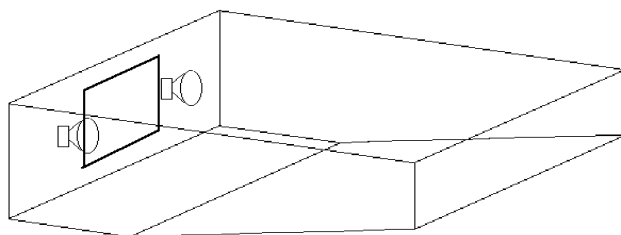


Fig.12

evt. på sideveggene i podiearealet dersom avstanden mellom disse ikke er over 6-8 m. (Ellers vil man få for bredt lydbilde for å oppfatte stereo, og feil-lokaliseringer også for mono-avspillinger.) Evt. kan høytalene plasseres i tilsvarende posisjoner i tak over/på hver side av lerretet. Siden det nå ikke skal kjøres talelyd over dette anlegget, kan man plassere dem for maksimal lokalisering til lerretet, og man behøver ikke tenke på akustisk tilbakekopling til mikrofoner. Høytalene må plasseres så høyt at de ved å tiltes litt nedover er rettet mot de bakerste benkene.

### Talelyd:

Da disse høyttalerne nå bare skal avspille tale, behøver de ikke å gjengi så lave frekvenser, og de kan dermed være mindre. Talelyd gjenngis i mono. Det finns 3 alternativer mhp plasseringer av slike separate tale-høyttalere: (program-lyd er hele tiden forutsatt som i fig. 12).

#### 6.B.2.b.1 *Talelyd via sentercluster*

Plassering og momenter vedr. sentercluster-høyttaler er angitt i punkt 6B.2.1 over.

Siden disse høyttalerne nå bare skal betjene talelyd, kan de være av noe mindre dimensjoner enn dersom man kjører både tale- og programlyd via senter-cluster-høyttalerne, se fig.13.

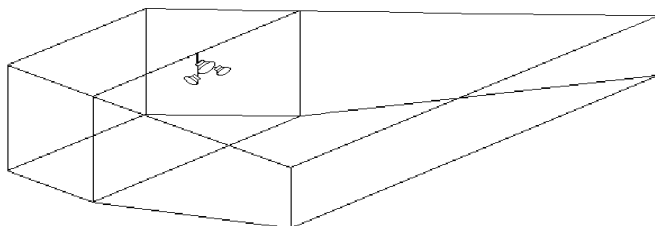


Fig.13

#### 6.B.2.b.2 *Talelyd via høyttalere på rekke over/foran podiet*

Se Fig.14.

(lavohmig eller 100 V overføring)

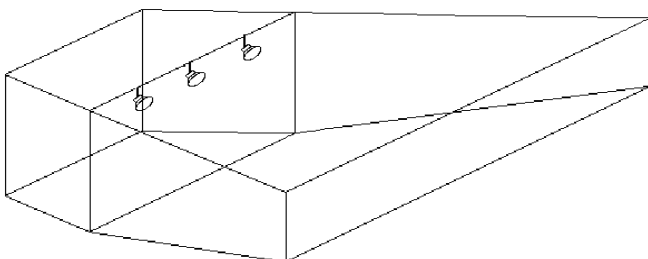


Fig.14

#### 6.B.2.b.3 *Tale-lydanlegg via fordelte høyttalere over tilhørerarealet*

Se Fig. 15.

(oftest 100V overføring, små høyttalerelementer).

Benyttes kun for lange, smale eller lave rom med takhøyde <4m, ofte med flatt gulv, eller der man har mange uregelmessige former og "avlukker" som vanskelig kan dekkes fra senter-cluster, eller i romakustisk uheldige/vanskelige lokaler med uheldig lang etterklangstid.. (Slike romformer bør dog unngåes av arkitekten).

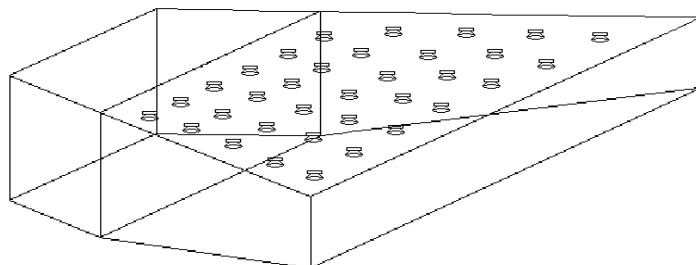


Fig.15



For et fordelt høyttaleranlegg skal det brukes moderat store høyttalere med god spredning av diskant. Spredningsvinkel for slike små-høyttalere er ofte ca. 90 grader, noe mindre jo mer effekt høyttaleren gir.

Det skal prosjekteres med en viss overlap mellom de forskjellige høyttalernes dekningsarealer anslagsvis 20 % overlap).

Som et foreløpig anslag kan man sette at avstanden mellom høyttalerne skal være  $2*(h-1,2)$ , der h=takhøyden.

Evt. takmonterte høyttalere over podieområdet/taler-/mikrofonplasseringer må kunne koples ut ved tale fra det området, men koples inn igjen ved programlyd el. lign.

RIE skal angi og tegne inn et foreløpig antall takhøyttalere for fornuftig dekning av rommet. Nøyaktig antall høyttalere som er nødvendig må prosjekteres/kontrolleres av tilbyder, ut fra totalkravene til anlegget, og opplysninger av hvor det er plassert talere/mikrofoner/tilhørere etc. Det må sikres at trafo-ene for slike fordelte høyttalere er slik konstruert at de ikke reduserer høyttalernes ytelseskrav.

Fordelte høyttalere gir god lyddekning og mindre uønskede refleksjoner til vegger og tak, samt mulighet for å spille ved relativt lavt totale lydtrykk.

Det siste kan være viktig dersom man har uheldig dårlig lydisolasjon til naborom. (uheldige foldevegger el.lign.) Ulempene med fordelte høyttalere i tak er altså særlig feil-lokaliseringer, samt faseproblemer mellom de forskjellige høyttalere, og dermed farging av lyden, og at kvaliteten for slike høyttalere generelt er lavere enn for større hovedhøyttalere.

For store rom med avstand fra taler på over (6)-8-10 m blir tidsforsinkelse (delay-enheter) nødvendig for fordelt/spredt høyttaleranlegg i tak, for å sikre riktig lokalisering til taler.

(Enkelte setter dette så strengt at de prosjekterer tidsforsinkelse i alle tilfelle der veilengden mellom høyttaler og lytter er mindre enn mellom taler og lytter.)

### **6.B.2.c Sammensatte høyttalerkonfigurasjoner**

Hybride løsninger kan vurderes, f.eks. senter-cluster (evt. + sidehøyttalere) for et hovedrom med god takhøyde, og med "full"-høyttalere i himling under mezzanin, balkong el.lign. eller for andre arealer som dekkes dårlig av hovedhøyttalerne. Disse "full-høyttalerne" behøver ikke gjengi så mye bass, og kan dermed være mindre og enklere enn hovedhøyttalerne. Dersom gangforskjellen mellom lyden fra hoved-høyttaleren og full-høyttalerne er mer enn anslagsvis (4)- 6 m, bør slike "full-høyttalere" utstyres med tidsforsinkelse, slik at lyden lokaliseres til hovedhøyttaler/taler.

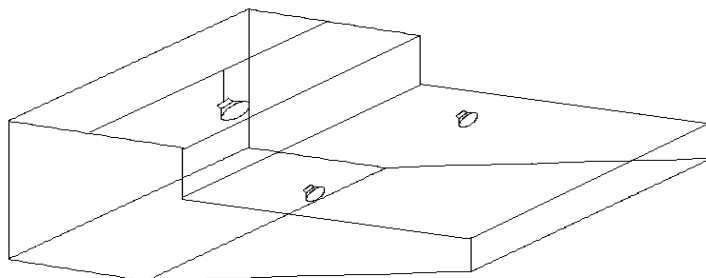


Fig.16



### **6.B.3 Evt. separat basshøytalere**

Sub-bass-løsninger kan vurderes for program-lyd, og man kan da ofte gå ned noe på dimensjonene av hovedhøytalene. Plassering av sub-bass-høytalere kan være relativt fri. Den bør plasseres noenlunde nær hovedhøytalere/podium/lerret, men til og med plassering under amfi (med åpninger ut) kan vurderes. Sub-bass-høytalere plasseres i kinoer ofte bak lerret, og kjøres generelt i mono (L+R).

Generelt må det sjekkes at plasseringene av sub-basshøytalere ikke gir generende klirr eller vibrasjoner i konstruksjonene eller strukturlydoverføring til andre rom som ved "normal" spilling over anlegget gir nivåer i evt. naborom som bryter byggeprogram eller forskrifter.

Evt. surround-høytalersystem, med 4-5 kanaler medtas ikke, for generelle auditorier, dersom det ikke er uttrykkelig nevnt i byggeprogrammet.

## 7 Samlede tekniske krav til elektro-akustiske anlegg i auditorier

TALEANLEGG	PROGRAM-LYD	EVT. LITE MUSIKKANLEGG	
<b>LYDSTYRKE</b>			
<u>Totalt lydtrykk:</u>			
dB (SPL)	<b>80 dB</b>	<b>90 dB</b>	<b>100 dB</b>
(midlere lydtrykknivåer, dvs. fast, uveiet)			
(maks. nivåer på 10 dB høyere i korte perioder)			
Variasjon over tilhørerarealet: +/- 3 dB SPL			
<u>Direktelydnivå:</u>			
dB(SPL)	<b>80 dB</b>	<b>85 dB</b>	<b>95 dB</b>
Variasjon over tilhørerarealet: +/- 4 dB SPL			
<b>FREKVENSSOMRÅDE:</b>			
	<b>125-12.000 Hz</b>	<b>80- 15.000 Hz</b>	<b>50-15.000 Hz</b>
<p>Krav til frekvensgangen er flat kurve mellom 80 Hz og 2 kHz med 3 dB/okt. dempning over og under. Gjennomsnittsavviket fra ønsket frekvenskurve skal ligge innenfor +/- 3 dB, med standardavvik &lt; 3dB.</p> <p>Nivåene skal kunne oppnås kontinuerlig og uten hørbar forvrengning. Total forvrengning skal under disse omstendigheter ikke overstige 1%. Anlegget skal i 2 kHz-oktavbåndet gi en direkte lydekning med variasjoner innenfor +/- 3 dB.</p> <p>Høytalerne skal ha kontrollerte og dokumenterte retningsegenskaper. (Dette gjør at Hi-Fi høyttalere til "hjemmebruk" oftest ikke er anvendelige i disse sammenhenger, selv hvor "gode" de er.)</p>			
<b>TALEOPPFATTBARHET:</b>			
<u>Artikulasjonstap for konsonanter:</u>			
<b>Alcons &lt;7%</b> (11% for større saler)			
<u>Speech Transmision Index, STI og</u>			
<u>Rapid Sepeech Transmsion undex, RASTI:</u>			
<b>STI/RASTI &gt;0,6</b> (>0,5 for større saler)			
(Merknad, for å redusere stråling til podieområdet, kan disse kravene fravikes for de første tre radene).			
<b>ANDRE KRAV:</b>			
<u>Overstyringsmargin</u>			
10 dB			
<u>Egenstøy i anlegget:</u> (sus+brum+jording + RF-støy)			
Med alt utstyret påslått, men signalgivere som CD-spiller, selve mikrofonen AV, (men tilkople) og evt. andre program-kilder tilkople, men i STOP, skal nivået målt på nærmeste tilhørerplass ikke ligge over 20 dB(A) og N-15.			
<i>For store musikkkanlegg (kultursaler) må kravene til egenstøy lempes anslagsvis 5-7 dB.</i>			

(Dersom samme anlegg benyttes både til tale og programlyd/musikk, gjelder frekvenskravene for programlyd, men da bør mikrofon (og eller) –mixer etc. ha muligheter for basskutt, ca.  $-12$  dB/oktav under 150 Hz.

## 8 Krav til de enkelte deler av det elektro-akustiske anlegg

Hovedkravet er at komponentene samlet skal oppfylle systemets totalkrav nevnt over. Allikevel inkluderes her endel momenter om hver enkelt komponent. Tilbudsbeskrivelsen skal være så detaljert at det er mulig å sjekke om disse krav for hver enkelt komponent er oppfylt.

### 8.1 Føringsveier

Linjesystem og føringsveier må dimensjoneres tilstrekkelige for å gjøre rommene hensiktsmessige for de aktuelle typer bruk. For større auditorier bør det installeres trekkør, evt. også linjesystem mhp konferanser, paneldebatter og andre aktuelle arrangementer og lydlinjer til evt. lydkontrollrom el.lign andre steder i huset.

### 8.2 Mikrofoner, miksemuligheter og volumstyring

Som et utgangspunkt skal det, i et stort auditorium kunne tilkoples:

- 1 trådløs mikrofon med diversity
- 1-2 kroppsborne mikrofoner
- 1-2 dynamiske retningsmikrofoner (evt. elektret), kardioid/nyre av god kvalitet for gulv-eller bord-stativer, derav evt. 1 PZM-mikrofon.

For mindre auditorier er 1-2 mikrofoner tilstrekkelig, hvorav helst en trådløs med diversity.

Kablene skal være balanserte med XLR-kontakter og phantom-matning.

Dersom antall samtidig åpne mikrofoner kan overstige f.eks. 2-3, må tiltak (gating/automatisk volumkontroll el.lign.) medtas for å redusere sus slik at krav til egenstøy overholdes.

Eksakte mikrofontyper må velges ut fra bruk/plassering i forhold til taler/høytalere, og særlig ut fra retningssegenskaper for å unngå akustisk tilbakekopling ("feedback"/hyling). Kroppsborne mikrofoner gir redusert fare for slik tilbakekopling, men kan ha noe mer "unaturlig" klang.

I tillegg skal minst 4 programkilder kunne tilkoples (evt. dog ikke nødvendigvis samtidig). Det må være separat tonekontroll for alle innganger. I endel tilfelle bør det egentlig ikke være behov for utjavnere (equalisere). Som opsjonspriser skal tilbudet dog inneholde alternativer for 16-bands og 1/3 oktav equalisere for alle effekttrinn, og separate slike equalisere for tale og programlyd, for evt. supplering dersom man finner behov for disse ved innreguleringen. Det skal derfor settes av rack-plass til slike equalisere.

Kun volumkontrollene for hver mikrofon, og AV/PÅ skal normalt være tilgjengelig for betjening (de øvrige skal dekkes med låsbart lokk). Lydkontrollen må stå hensiktsmessig plassert slik at både selvbetjening og assistert kjøring er mulig. Alle kanaler skal være tydelig merket.

For større anlegg bør det legges opp til automatisk og manuell mikrofonmiksing. Automatisk mikser må være utbyggbar til ca.6 mikrofoner og manuelt for 8-16 mikrofoner. I generelle styrepaneler integreres mulighet for nivåkontroll +/- 6 dB i forhold til forholdsinnstilt nivå.

### 8.3 Forsterker

Forsterkerne skal dimensjoneres av tilbyder ut fra ovennevnte totale systemkrav.

### 8.4 Montasje/sammenkopling/kjøling

Generelt skal alle lydsignaler som føres mer enn 3-5 m være balanserte. Det kan ordnes internt i utstyr eller i eksterne enheter som skal være inkludert i enhetsprisene. Standard linjenivå i anleggene skal være +4 dBU med minimum takhøyde +20 dBU. Linje for programuttak i uttakspanel (phono) behøver ikke å balanseres. Mikrofonoverføringer skal være lavohmige.

Normalt benyttede kontakter skal være 3-pins XLR.

IEC-standarder følges der slike finnes.

Kobling av lydkontakter utføres i hht. alminnelig europeisk praksis, jmf. NRK/EBU. (IEC 268-12: Balansert: 1=skjerm, 2= +, signal, 3= -, retur).

Dersom amerikansk standard for balansert tilkopling må benyttes (for enkelte fabrikater) (1=skjerm, 2= -, retur, 3= +, signal), må dette klart angis på utstyret/tilkoplingspunktene.

For tilkopling av alminnelig konsumentutstyr med ubalanserte forbindelser, benyttes ofte "phono"- kontakter (RCA). For overgang fra slikt utstyr til XLR, benyttes IEC 268-12 (1=skjerm, 2= +, signal, 3= skal forbindes til 1 ved tilslutning av balanserte apparater.) XLR-kontakter utenom rack skal ha lås. Alle kontakthus skal ha metall som basismateriale.

Utstyrsrack forutsettes montert slik at det er adkomst både forfra og fra minst en av sidene. Racket skal leveres med nødvendige festeinnretninger, kabelføringssystemer, sokkel, topp, dører, vegger osv. Rackene skal ha utforming tilpasset interiøret forøvrig, og gjennomsiktig, låsbar dør foran.

Racket skal leveres med intern, isolert og merket jordskinne for signal-referansejord. (SRJ). Racket skal være basert på 19 " montering. For utstyr som ikke er rack-monterbare i seg selv, skal det medtas spesielle tilpasninger for rack-montasje av disse. Racket skal ha 30 % overkapasitet utover det som er del av leveransen.

Dersom vifter el.lign. er nødvendige for kjøling, skal slike inkluderes. Disse skal være støysvake vifter montert på en slik måte at støyen i minst mulig grad sjenerer (Maks 30 dB(A) og N-25 på nærmeste tilhørerplass). Alle enheter med mekanisk luftkjøling skal ha filter på luftinntaket.

## 8.5 Kabling

### Generelle kabelkrav:

#### **Lavnivålinjer:**

- Revolverte par
- Individuelle parskjermer med jordtråd
- Innbyrdes isolerte skjermer
- Ledertverrsnitt  $>0,22 \text{ mm}^2$ , Cu
- Parkapasitans (1 kHz)  $<80 \text{ pF/m}$

#### **Høytalerkurser (høyohmig fordeling)**

- Ledertverrsnitt  $> 0,75 \text{ mm}^2$ , Cu
- Mangetrådige ledere (min. 20 tråder/ $\text{mm}^2$ )

#### **Høytalerkurser (lavohmig fordeling):**

- Ledertverrsnitt  $>1,5 \text{ mm}^2$ , Cu  
(økes dersom avstand forsterker-høytaler  $>10\text{m}$ ,  
 $2,5 \text{ cm}^2$  holder for de fleste situasjoner)
- Mangetrådige ledere (min. 20 tråder/ $\text{mm}^2$ ).

#### **Teleslyngeledning:**

- Ledertverrsnitt: anslagsvis  $1,5 \text{ mm}^2$   
(Beregnes ut fra antall tårn i slyngen)

#### **Antennekabel (trådløs mikrofon)**

- RG 58 eller tilsvarende
- 50 Ohm (+/- 3 Ohm) - evt. 75 Ohm dersom utstyret krever det.
- Dempning  $< 11 \text{ dB}/100\text{m}$  v/50 MHz
- Kapitans  $< 105 \text{ pF/m}$  v/1kHz

#### **Jordledning (SRJ)**

- PNL  $16 \text{ mm}^2$  hovedtilførsel, helst gul/rød
- PNL  $6 \text{ mm}^2$  interne forbindelser, helst gul/rød Solid

kobberledning med tilstrekkelig isolasjon, Motstand  $< 0,1 \Omega$

***Dersom tilbudt utstyr krever andre kabelegenskaper, må kabeltypene tilpasses.***

Alle mikrofon og signal-kabler skal bestå av individuelt skjermede og revolverte trådpar (slaglengde/revolveringslengde maks. 2,5 cm) med separate isolerte skjermer for hver kurs. Ved hvert koblingspunkt skal det settes igjen tilstrekkelig kabeltamp til å nå koblingspunktet på en ryddig måte og til å gjøre arbeidet om igjen minst 2 ganger.

Kabler med forskjellige typer signaler må føres med mest mulig separate føringsveier. Kabler med samme signal samles i bunter. Lavnivå lydlinjer samles på den siden av bru/kanal/bane som ligger lengst unna el-kraft-kabler. Kabler for lavnivå lyd skal ikke dele rør med andre kabler.

Kabler som bærer lavnivå lyd signaler skal føres min. 1m fra thyristordempede lyskurser eller sterkstrømskurser sikret høyere enn 16A eller med høyere spenning enn 400V. Krysninger kan foregå med mindre avstand, men bare når de utføres i rett vinkel.

## 8.6 Jording

Man skiller mellom 2 betegnelser: Sikkerhetsjord, og Signal-referanse-jord (SRJ).

[I prinsippet er det 3 forskjellige typer jordingsmetoder (se Davis "Sound System Engineering" s.393):

- "Floating signal" jording  
(chassis for hver komponent er forbundet med sikkerhetsjord, signaljord er

koplet sammen for alle komponenter, men "svever fritt", og er dermed ikke tilkoplet "egentlig" jord noe sted. (Kan benyttes i meget små systemer).

- "Single point signal" jording (med undertyper: stjerne og zone-jording). Dette system anbefales for de typer anlegg som er beskrevet i denne anvisning, og vil bli behandlet nærmere senere.
- "Multiple point signal"- jording. (Signal-jord for hver komponent føres separat til referanse-jord. Dette er den enkleste metode, men den anbefales ikke, særlig der man kan forvente omkoplinger av utstyr/anlegg el.lign.)

For de typer anlegg som er behandlet i denne anvisning, skal altså benyttes **"Signal Point"-jording**. Det skal da påses at anleggene kun får en-sidig jording, slik at jordsløyfer unngås. Dette er viktig for å gjøre anlegget fritt for egenstøy og immunt mot ekstern støy. Få montører og elektroentreprenører er klar over viktigheten av dette.

Dessverre kan den interne utførelsen av jording i forskjellige utstyrstyper variere. Dette må sjekkes av leverandør. Hver enkelt utstyrsenhet må gjennomgås for å sørge for at sikkerhetsjord og signaljord er skilt fra hverandre. Phono-kontakter må ofte isoleres fra gods m/trafo.

Signaljord og sikkerhetsjord skal kobles sammen kun på ett sted, og det er normalt ved byggets hovedtilførsel. De elektroakustiske anleggene bør normalt ha separat jordleder tilbake til hovedfordeling.

(For mindre lydanlegg kan imidlertid dette felles jordingspunkt plasseres nærmere.) Dersom bygget har et signal-referanse-jordsystem (SRJ) for andre anlegg, er det naturlig å benytte dette for signaljording av lydforsterkningsanleggene. (Ikke benytt telefonsentral-jord eller "kraftselskapets jord", de er ofte potensielle årsaker til interferens fra utstyret som er koplet til den.)

Større fordelinger, rackgoods, broer, kanaler og andre bygningsfaste metallenheter skal ikke jordes til SRJ, men til generell sikkerhetsjord.

Mindre paneler og innfellingsbokser plassert rundt omkring i anlegget skal lages av metall. Kontakter monteres slik at ingen av de signalførende deler (også jord og skjerm) har ledende forbindelse til panel eller innfellingsboks. Alle kabler kobles direkte til kontaktene. Alle ledere (også jord og skjerm) holdes adskilt. Disse panelene behøver ikke nødvendigvis jordes, ihvertfall ikke til SRJ.

Skjermer og revolvering skal følge ledere helt frem til koblingspunkt (<20mm) og det må treffes foranstaltninger som hindrer skjermer å komme i metallisk berøring med hverandre eller andre metalldele. Dette gjelder også der kabel termineres direkte på utstyr.

I konsoller og racks bør jordingen skje så nær input som mulig.

Spesielle jordproblemer kan oppstå fordi video og fellesantenne/kabel-TV formidles ubalansert, med skjermer som er tilfeldig jordet. Slike evt. problemer må løses i hvert enkelt tilfelle. For evt. utstyr som bruker senere bringer inn, bør man sikre at sikkerhetsjord og signaljord ikke er sammenkoplet. Evt. må man bryte en av jordforbindelsene (fortrinnsvis signaljordforbindelsen for å opprettholde personsikkerheten).

## 8.7 Styring

De fleste auditorier av en viss størrelse etc. bør ha et styresystem som samordner og kontrollerer alle tekniske funksjoner for rommet.

Følgende parametre må normalt kunne styres fra separat styre-enhet:

- Taleforsterkning PÅ/AV
- Programlyd PÅ/AV
- Valg av programlydkilde (evt. miksing)
- I noen tilfelle valg av en av flere mikrofoner.
- Kontroll av programlydnivå (evt. også taleforsterkningsnivå, maks +/- 6 dB)

Styrepanel for elektro-akustisk anlegg (og AV-anlegg) skal plasseres brukervennlig på talerstol og kateter.

Trykk-knapper skal ha enkel/entydig tekst på norsk, og lys eller lignende tilbakemelding på at knappen er aktivisert.

Lay-out for styretablå skal sendes RIE for godkjenning før produksjon.

## 8.8 Momenter mhp. visuelt AV-utstyr, lerreter

I de fleste litt større auditorier etc. skal det ofte, i tillegg til det elektro-akustiske anlegget, installeres visuelt AV-utstyr som lerreter for film/dias/overhead og evt. video-kanon, oftest som brukerutstyr. Ofte ønsker alle disse anleggene en plassering som vanskeliggjør optimale plasseringer av høyttalere og lydreflektorer for akustisk tale. Det er derfor viktig at man allerede tidlig i prosjekteringen vurderer nødvendige lerrets-høyder etc., slik at man unngår å måtte kutte ut en reflektor over/foran taler i siste liten, fordi man plutselig ser at dette areal må benyttes til lerret/skytevinkelelign. Dersom man tar hensyn til alle de forskjellige AV-midlenes behov på et tidlig tidspunkt, kan man vurdere de forskjellige behov opp mot hverandre og dermed sikre brukbare forhold både for bilde og lyd.

Ønsket billedstørrelse:

- Et standard videobilde har bredde-/høyde forhold 4/3. Bredden på bildet bør ikke være mindre enn 1/8 av den største betrakningsavstanden, og ikke større enn 1/2 av gjennomsnittlig betrakningsavstand. For et auditorium der nærmeste tilskuer sitter 4 m fra lerrett/skjerm, og den som sitter lengst unna sitter 20m fra, vil det si  $2,5 < b < 6,0$ m.
- For et videobilde vil et lerret med bredde  $b=4,0$  m få en høyde på  $h=b*3/4=3,0$ m. Underkant av bildet må i praksis ofte ligge min. 1,0 m over gulv. Dersom lerretet forutsettes å henge foran tavla, vil et bilde med høyde 3,0m kreve en fri vegg høyde fra gulv på min 4,0m før en kan montere akustiske refleksjonsflåter el.lign.
- I tillegg må siktlinjer for tilskuere og prosjeksjonsmidler vurderes. Montasjehøyden overkant prosjektør skal være mest mulig eksakt den samme som overkanten på bildet.
- Andre projiseringstyper, som film, overhead, stående eller liggende dias, flere bilder ved siden av hverandre (multivisjon), samtidig bruk av flere presentasjonsformer (f.eks. tavle + lerret) må klarlegges på forhånd, og vurderes spesielt.

Ofte er det visuelle AV-utstyret brukerutstyr, mens det elektro-akustiske anlegget er byggetstyr. Det bør tilstrebes at begge entrepriser prosjekteres av samme person, slik at godt samspill oppnås.



## 8.9 Sammenkopling med audiovisuelt utstyr

Det må være mulig å kople lyden fra de visuelle mediene til det elektro-akustiske anlegget.

- **Video** (De forskjellige videokildenes lyd følger vanligvis bildet i videovelgeren)
- **Dias/lyd-programmer** ("Multi-visjon")
- **Tradisjonell film m/lyd.** [se ellers punkt 4)]

## 8.10 Plassering av utstyr

For mellomstore auditorier forutsettes alt utstyr montert i forbindelse med podium.

Kun noen store auditorier forutsettes å ha et kontrollrom, normalt lokalisert bakerst i auditoriet. Disse kontrollrommene ansees mest som sikker plassering av utstyret, og man kan ikke foreta kvalitets-kjøringer av lyd herfra, selv med evt. åpningsbart vindu (se 6.A). I evt. kontrollrom skal medtaes 2 monitorhøytalere for monitor av tale-/programlyd fra auditoriet.

For større kultursaler forutsettes plasseringsmulighet/tilkopling av mikser ca. 1/2-2/3 bak i salen, i tillegg til evt. kontrollrom.

## 8.11 Teleslynge

Selv om infra-røde anlegg kan gi enklere installasjon skal det installeres teleslynge i alle auditorier med lydforsterkningenanlegg, da de hørselsvekkedes organisasjoner klart foretrekker denne løsningen.

De kan da benytte sitt eget høreapparat som mottaker direkte. Kun i tilfelle med ekstreme problemer mhp overhøring mellom naborom (der oppdeling/faseforskyving av signale er forsøkt), spesielt høyt nivå for elektromagnetisk bakgrunnstøynivå, kan infra-rødt anlegg ansees som et alternativ til teleslynge.

Teleslyngeanlegget skal overføre tale og programlyd i mono, gjerne noe komprimert mhp dynamikkområde, og dimensjoneres for **0,1 A/m +/- 3 dB** (-20 +/- 3 dB re. 1 A/m) for 80 % av tilhørerarealet.

Teleslyngeanlegget skal prosjekteres etter heftet:

"Telesynger. Kvalitetskrav og kontrollmålinger" fra

**Rådet for tekniske tiltak for funksjonshemmede**, RTF-S, postboks 124 Blindern 0314 OSLO.

Dette heftet inneholder også de nordiske standardene for spesifikasjon og målinger av slike teleslyngeanlegg, med krav til toleranser og hint om prosjekteringen.

Vedr. dokumentasjon/oppslag om teleslynge, se punkt 8.12.

Jmf. dette hefte: skal det "fastlegges et område (areal) hvor den magnetiske feltstyrken ligger i området 15-23 dB relativt 1 A/m (Specified magnetic field area) innenfor dekningsarealet er kravet at bakgrunnstøyen skal være minst 25 dB lavere enn normal feltstyrke, dvs. minst 45 dB lavere enn 1 A/m (Noise Level)."

I leveransen skal inngå en enkel feltstyrkemåler med ørepropper for brukers sjekk av at teleslyngeanlegget virker. Evt. ytterligere hørestaver etc. ansees som brukerutstyr.



## 8.12 Dokumentasjon/Opplæring/Skilting/Merking

Skjematisk oversikt over lydanleggets oppbygging skal være slått opp på vegg i kontrollrom eller på lignende godt synlig sted nær utstyret/rack.

Komplett dokumentasjon skal inneholde fullstendig oversikt over anleggenes oppbygning og funksjon, og en lettfattelig innføring på norsk. Leverandøren gjøres ansvarlig for at all anleggsdokumentasjon korrigeres slik at det er fullstendig i overensstemmelse med det leverte anlegg. Dokumentasjonene skal, i tillegg til informasjon fra/om leverandør inneholde produktdata for hver enkelt komponent fra andre leverandører/importører, med deres adresser etc. Det skal leveres koplingstabeller/skjemaer for alle koplingspaneler/racks.

Dokumentasjonen skal overleveres systematisert på papir og digitalt format etter nærmere avtale med Statsbygg.

Opplæring i bruk av anlegget skal skje ut fra overnevnte dokumentasjon. Denne skal i seg selv være tilstrekkelig for å kunne sette seg inn i anlegget, og muntlig tilleggsinformasjon skal gis til min. 3 personer fra brukeren.

Merking:

- Alle apparater skal merkes tilstrekkelig til å vise enhetens funksjon og plass i totalsystemet.
- Alle betjeningsknapper skal merkes entydig.

Det skal ikke være tvil om eksakt hvilken funksjon hver enkelt knapp har. Der ikke standardmerking er tilstrekkelig, skal den suppleres med entydig, pen og varig tilleggsmerking. Kildeanvisninger skal være i klartekst eller vha lettfattelig og gjennomført referansesystem. Tilleggsmerking skal være på norsk.

***Det kan skilles mellom informasjon beregnet for daglig bruk og informasjon som er mer teknisk rettet for vedlikehold etc.***

Vedr. merking av teleslyngeanlegget:

Ved inngang til lokalet skal det settes opp en plakat som viser at det er installert teleslyngeanlegg, sammen med en skisse over det spesifiserte dekningsarealet og navn, adresse og telefonnr. til person som er ansvarlig for at teleslyngeanlegget er i orden.

## 9 Entreprisen

I entreprisen skal inngå detalj-prosjektering av elektro-akustiske komponenter som er nødvendig for å oppnå systemkravene, innebefattet tilbakemelding om evt. nødvendige endringer i RIEs oppsett, komplett levering og montering, samt dokumentasjon/opplæring/skilting/merking, 3 mnd prøvetid, og elektro-akustiske ettermålinger.

Dersom leverandøren av det elektro-akustiske anlegg ikke er autorisert elektroinstallatør, skal det i hans tilbud være medtatt kostnader med å få husets elektroinstallatør til å sjekke oppkoplingen og foreta tilkopling i el-skap etc.

Dersom tilbudsmaterialet inneholder både brukerutstyr og punkter for AV-utstyr som skal betales av bruker (brukerutstyr), skal dette klart angis for hvert av disse punktene, og de skal klart summeres hver for seg.

Følgende moment skal være medtatt i tilbudsmaterialet:

***"Dersom man ut fra prøveperiode og/eller ettermålinger finner feil eller mangler i forhold til kravspesifikasjonene, skal entreprenør utbedre disse og foreta nye målinger til forholdene er akseptert og formell overtagelse kan finne sted".***

Dersom RIE eller annen detaljprosjekterende for elektro-akustiske anlegg ikke har lagt forholdene til rette for at entreprenør kan oppfylle overnevnte krav, eller har unnlatt å medele disse (eller senere omforente) krav til entreprenør, eller å meddele til Statsbygg at praktiske forhold gjør det umulig å oppfylle overnevnte krav, skal det være hans ansvar å foreta overnevnte utbedringer/ettermålinger.

#### SERVICE

I tilbudet skal angis en opsjon på service etter garanti-tiden, som Statsbygg (evt.) kan anbefale overfor bruker. Denne pris skal ikke inngå i tilbudssummen. Garanti-tid starter først etter formell overtagelse, dvs. etter prøveperioden på 3 mnd.

## 10 Ettermåling

### 10.A Bygningsmessig (+VVS)

- Lydisolasjon (til naborom og til korridor)
- Etterklangstid
- Evt. RASTI/STI, taleforståelse fra taler til mottaker ( gjerne vha MLSSA/WinMLS eller tilsvarende analyser ut fra målt impuls-respons).
- Bakgrunnstøy (Ventilasjonsstøy etc)

### 10.B Elektroakustisk

(Kostnadene medtas i anbudet/tilbudet for anlegget, og RIE skal kontrollere måleresultatene.)

- Frekvensrespons på 2 relevante lytterposisjoner, omtrent midt i sal og på 3.siste rad.
- Sweep med sinustone for å sjekke hørbare resonanser/klirr (f.eks. fra test CD) (noter det hørbare resultat, med kommentarer om evt. hørbare resonanser eller dip´er eller klirr/ulyder i selve høyttalerkabinetter eller konstruksjonene.
- Enkel sjekk av at alle høyttalere er koplet i fase.
- Enkel oversikt over jevnhet (rosa støy (CD) måling på 6 posisjoner spredt jevnt utover i salen
- RASTI/STI, taleforståelse fra taler m/mikrofon til mottaker (gjernvha MLSSA el. tilsvarende analyser ut fra målt impuls-respons), utføres gjerne sammen med overnevnte måling for rommet uten elektro-akustisk anlegg.
- Teleslynge, jmf. Hefte: "Teleslynger", se over. Måleutstyr for enkle overslagsmålinger kan lånes fra Statsbyggs akustiker

## 11 Kostnads-database

For oppdatering av Statsbyggs database vedr. kostnader for elektro-akustiske anlegg skal RIE påse at priser etc. oversendes Statsbygg (Akustiker).

## 12 Henvisninger

Andre aktuelle veiledninger innen tilgrensende emner:

PA 0802 Tverrfaglig merkesystem (TFM)

Relevant faglitteratur, lover, forskrifter, standarder etc:

Don +Carolyn Davis: "Sound System Engeneering", Howard W.Sams, 1987 (div. of Macmillan Inc., 4300 Wst 62nd Street, Indianapolis, IN 46268 USA)

E.F. Vance: "Shielding and Grounding Topology for Interference Control" EMP Interaction Note 306, S.R.I. International, Menlo Park, California, April 1977.

Eddy Bøgh Brixen, Jan Voetmann: "Praktisk Elektroakustik", Teknisk Forlag a/s, København, ISBN 87-571-0985-0

Krokstad, A (NTH, teleteknikk/akustikk): "Lydforsterkningsanlegg for auditorier".

Delrapport 1 til Statsbygg. Høytaler og høytalerplasseringer Beregninger på alternative løsninger.

Norges Byggeforskningsinstitutt (NBI): Anvisning nr. 20, "Romakustisk prosjektering".

Byggeforskriftene/NS 8175 "Lydforhold i bygninger. Lydklasser for ulike bygningstyper" 2.utgave april 2005.

"Teleslynger. Kvalitetskrav og kontrollmålinger" fra Rådet for tekniske tiltak for funksjonshemmede, RTF-S, postboks 124 Blindern 0314 OSLO.

Aktuelle standarder:

IEC 50 International Electrotechnical Vocabulary

IEC 50(801) Recording and reproducing of sound and video (1975)

IEC 118 Hearing Aids (11 deler)

IEC 169 Radio-frequency connectors (22 deler)

IEC 189 Low frequency cables and wires with p.v.c. insulation and p.v.c. sheafth (7 deler)

IEC 268 - Sound System Equipment

IEC 268-1 General (1985)

IEC 268-2 Explanation of general forms (1971) + Amendment No.1 (1975)

IEC 268-3 Sound System Amplifiers (1969) + Amendment No.1 (1978)

IEC 268-3A First supplement (1970) + IEC-268-3B Second supplement (1977)

IEC 268-3 Third supplement (1978)

IEC 268-4 Microphones (1972)

IEC 268-5 Loudspeakers (1972) + IEC 268-5A First supplement (1980)

IEC 268-6 Auxillary passive elements (1971)

IEC 268-7 Headphones and headsets (1984)

IEC 268-8 Automatic gain control devices (1973)

IEC 268-9 Artifical reverberation time delay and frequency shift equipment (1977)

IEC 268-10 Programme level meters (1976) + IEC 268-10A First supplement (1978)

IEC 268-11 Circular connectors for interconnection of sound system components (1981)

IEC 268-12 Circular connectors for Broadcast and similar use (1975)

IEC 268-13 Listening tests on loudspeakers (1985)  
IEC 268-14 Circular and elliptic loudspeakers;  
outer frame diameters and mounting dimensions (1980)

IEC 268-15 Preferred matching values for the interconnections of sound system components (1978) + IEC 268-15A First supplement:  
Power supply feeding arrangements for microphones 81982).

IEC 268-16, IEC 268-17  
IEC 764 Sound transmission using infra-red radiation (1983)  
IEC publikasjon 225 octave, half-octave and third octave band filters intended for the analysis of sounds and vibrations  
IEC publikasjon 651 Sound Level Meters  
IEC 914 Conference Systems  
NS 3150 Lydisolerende dører  
NS 3240 Lydisolerende vinduer. Lydklasser.  
NS 4804 Måling av absorpsjonsfaktorer i klangrom  
NS 4814 Måling av støy med lydnivåmåler  
NS 8171 Lydforhold i bygninger. Bestemmelse av luftlydisolasjon og trinnlydnivå.  
NS 8172 Lydforhold i bygninger. Måling av lydnivå fra tekniske installasjoner.  
NS 8173 Lydforhold i bygninger. Måling av etterklangstid i rom .  
IEC-standard for RASTI

---

Denne veiledningen ble opprinnelig utarbeidet av Statsbygg v/akustiker Tor Halmrast, med verdifull bistand av NTH/teleteknikk/akustikk v/ prof. Asbj. Krokstad, og IGP (nå COWI), Tr.heim v/Frode Bye, som en del av et FoU-prosjekt i Statsbygg-regi i 1978.

---