

Teknisk rapport

INGENIØRFAGLIG SYSTEMTENKNING

Theodor Høitomt Dahl, Kevin Santana, Lena Sæther, Mohammed Hossein Jafari, Basel Al-Ibrahim

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	4
Forord	4
Del 1 – Kravspesifikasjon	5
Del 2 – Teknisk rapport	10
1. Innledning	10
1.1 Mål	10
1.2 Bakgrunn for tema	11
1.3 formål og tilnærming	12
1.4 problemstilling	12
1.5 Dekomponering av problemet	13
1.6 omfang og avgrensning	13
2. Teori	14
2.1 Hva er lyd	14
2.2 Antakelser	15
2.3 Området	15
2.4 Kritiske punkter i bygget	16
2.5 Lydisolasjon	18
2.5.1 Luftlydisolasjon	19
2.5.2 Trinnlydisolasjon	20
2.5.3 Lydoverføring	21
2.6 Roewmakustikk	22
2.6.1 Generelt	22
2.6.2 Etterklangstid	23
2.6.3 Egenfrekvenser	25
3 Krav om lyd og vibrasjon	26
3.1 Generelle krav om lyd	26
Kontorer	27
Kantine	29
Undervisningslokale	29
Produksjonslokale	33
3.2 Generelle utfordringer med vibrasjon	35
Kran	35
Vibrasjon fra maskiner	36
4 Analyse av bygget	37
4.1 Produksjonslokale	37
Planlegging	38
Maskiner	38
Oppbygging av produksjonslokalet	38
Lydabsorbenter	38

4.2 Kontor	40
Innervegger/skillevegger mellom kontorer	40
Overgang mellom innervegg til kontor og korridorvegg	41
Overgang skillevegg-himling kontorbygg	42
Dører til kontorlandskapet	42
4.3 Undervisningsrom	43
Innervegger/skillevegger mellom kontorer	43
Overgang mellom skillevegg og korridorvegg	44
Overgang skillevegg-himling undervisningsrom	44
Dører til undervisningsrom	44
4.4 Lager	45
Innervegger/skillevegger mellom lager	45
Overgang mellom skillevegg og korridorvegg	46
Overgang skillevegg-himling undervisningsrom	46
5. Artikkel	47
6. Plakat.....	49
7. Kilder	50
8. Figurligste	51

Sammendrag

Teknisk tresenter har som mål å sette opp et lokale som skal kombineres som et produksjonslokale, samtidig som det skal benyttes som et kontor og undervisningsbygg. Produksjonslokalet skal benyttes i forbindelse med produksjon av husmoduler. Alle modulene vil kunne bli produsert, testet og lagret på denne plassen. Ettersom bygget har mange ulike bruksformål, vil det være et bredt spekter av støykilder.

For at bygget skal oppleves som behagelig med tanke på et rolig og komfortabelt inneklima, er det viktig at det er gode lydforhold i de ulike bruksområdene. Denne oppgaven baserer seg derfor på å sikre at lydbildet oppleves som behagelig for brukerne i bygget, slik at arbeidsro og sikkerhet opprettholdes.

Forord

Denne tekniske rapporten er skrevet av gruppe 2 i faget ingeniørfaglig systemtenkning. Faget tilhører byggingeniørstudiet ved NTNU Trondheim. Faget blir utført i siste semesteret i det 3 årige bygg bachelor studiet og går på våren parallelt med bacheloren.

Gruppe 2 vil rette en takk til Jomar Tørset som er ansvarlig for emnet TBYG3021-INGENIØRFAGLIG SYSTEMTENKNING og som har gitt oss denne oppgaven. Vi vil også rette en takk til de ansatte på E-bygget som har hjulpet oss på veien og svart på våre spørsmål.

Oppgaven har vært veldig utfordrende ettersom ingen på gruppen har vært inne på et slikt tema før. Selv om oppgaven har vært utfordrende har vi som gruppe lært mer om temaet og hvordan det er å samarbeid, noe som har gjort faget spennende og gitt oss muligheten til å fordype oss i en problemstilling som vi synes er relevant og viktig.

Vi vil også rette en takk til bedriftene som har hjulpet oss på veien, som blant annet Rennebu Bjelke.

Del 1 – Kravspesifikasjon

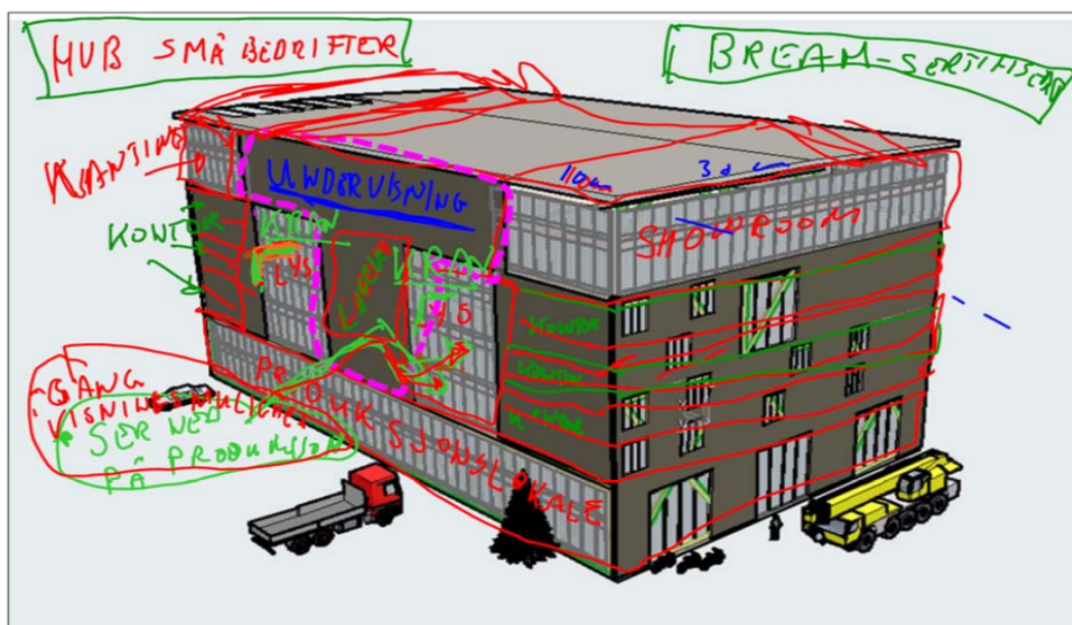
Ingeniørfaglig systemtenkning TBYG3021

Gruppe 2 ved Kevin Santana, Theodor Dahl, Lena Sæther, Mohammed Hossein Jafari og Basel Al-Ibrahim.

Generelt om oppgaven

Grappa har fått i oppgave å se nærmere på Treteknisk senter på Støren, da spesielt med tanke på lyd i bygget. Senteret vil bestå av 8 etasjer der de første 2 etasjene vil brukes til produksjon av ulike modulelementer, mens 3-6 etasje vil prosjekteres med tanke på lager og kontorer. Sjuende og åttende etasje skal utformes med tanke på plass til undervisning, kantine og showrom.

En eventuell utfordring det må tas hensyn til vil være en kran på 15 meter som skal henge fra taket i sjette etasje og helt ned i produksjonslokalet. Denne skal kunne brukes for testing av moduler og diverse andre tunge konstruksjoner, noe som kan føre til utfordringer i forhold til lyd og vibrasjoner.



Figur 1

Viser en 3D-konstruksjon av hvordan bygget i sin helhet er tenkt til å se ut. Store deler av både innsiden og utsiden vil være preget av mye tre, da dette gjenspeiler hva bygget skal brukes til.

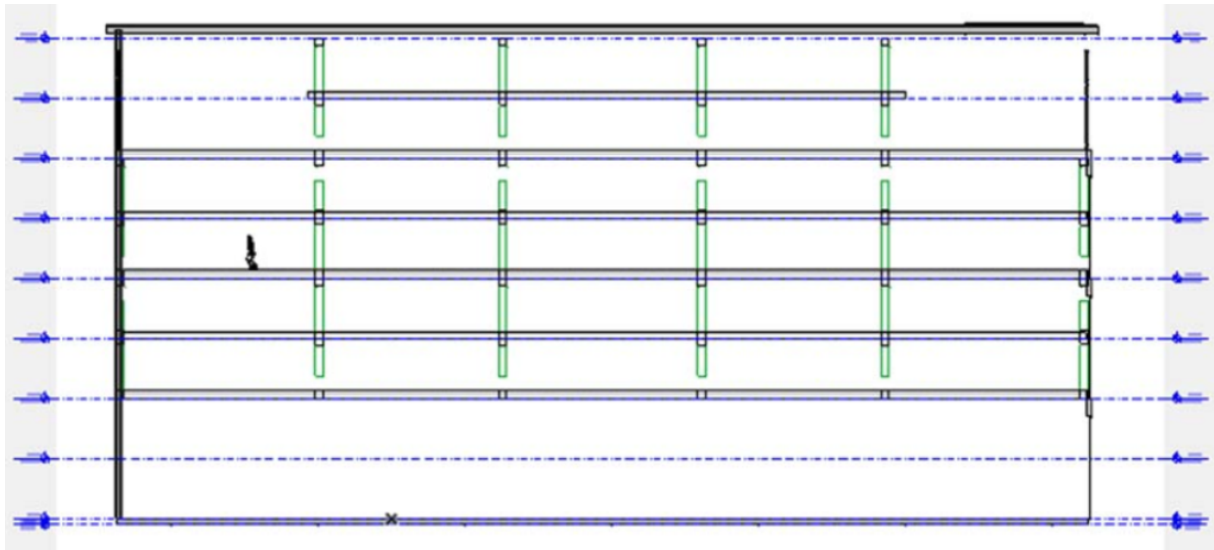
Målet med oppgaven vil være noe opp til gruppen å tolke, så lenge vi forholder oss innenfor rammene til gitt oppgavetekst. Det vil da her være aktuelt å forholde seg innenfor temaet lyd, samt at man prosjekterer løsninger og svar spesielt med tanke på det Tretekniske senteret. Da dette er et noe spesielt bygg med tanke på utforming, vil det være aktuelt å gå i dybden på blant annet ulike bruksområder og krav i henhold til forskriftene.

Problemstilling

På bakgrunn av gitt informasjon og kunnskap gitt i timer og forelesninger, ønskes det å ha et noe miljøvennlig aspekt i prosjekteringen. Med tanke på kontakt med eksterne vil gruppen derfor forsøke å velge aktører i trøndelag og Størens nærområde, så langt dette er mulig. Selv har gruppen satt seg ulike aktuelle problemstillinger, som blant annet inneholder følgende punkter:

- Kartlegge lydkilder i produksjonslokalet
- Ta hensyn til ulike miljøaspekter
- Transport og leveringsmuligheter
- Lydisolering i vegger, dører og vinduer
- Finne ut hvor mye støy som kan komme innenfra/utenfra
- Finne ut hvilke krav forskriftene stiller iht. lyd
- Hvilke detaljløsninger som kan utarbeides og brukes i ulike rom
- Vibrasjonsdanning og dekke i øverste etasje

Da gruppa ønsker å inkludere flere av ovennevnte problemstillinger i prosjektet, har vi valgt å samle endel av de til en og samme problemstilling. *Gruppen har derfor sammen blitt enige om at de ønsker å utforme forslag/detaljløsninger i form av ulike typer lydisolering, da med tanke på forskjellige bruksområder i bygget.* Det vil her tas hensyn til at et kontor vil ha andre behov enn et produksjonslokale i henhold til lyd, samt at det ønskes å kartlegge ulike kilder som kan føre til støy både innenfra og utenfra. Det Tretekniske senterets plassering vil dermed ha mye å si med tanke på aktuelle lydkilder sett utenfra.



Figur 2

Bygget vil bestå av 8 etasjer med forskjellige bruksområder innad i etasjene, deriblant produksjonslokaler og undervisningsrom. Dette vil føre til at bygget må prosjekteres med tanke på forskjellige krav i henhold til forskrifter og regelverk.

Oppgavens samfunnspåvirkning

Samfunnsmessig vil dette kunne ses på som et stort løft for Støren generelt, da det Tretekniske senteret vil huse både produksjonslokaler, kontorer og undervisningsrom. Bedriftsmessig vil det tretekniske senteret føre til at bedriftene på Støren vil kunne gi et mer miljøvennlig og kortreist tilbud til nærområdene rundt. I disse klimatider vil det ikke bare være en stor fordel for miljøet, men også med tanke på kostnader i forhold til transport og logistikk.

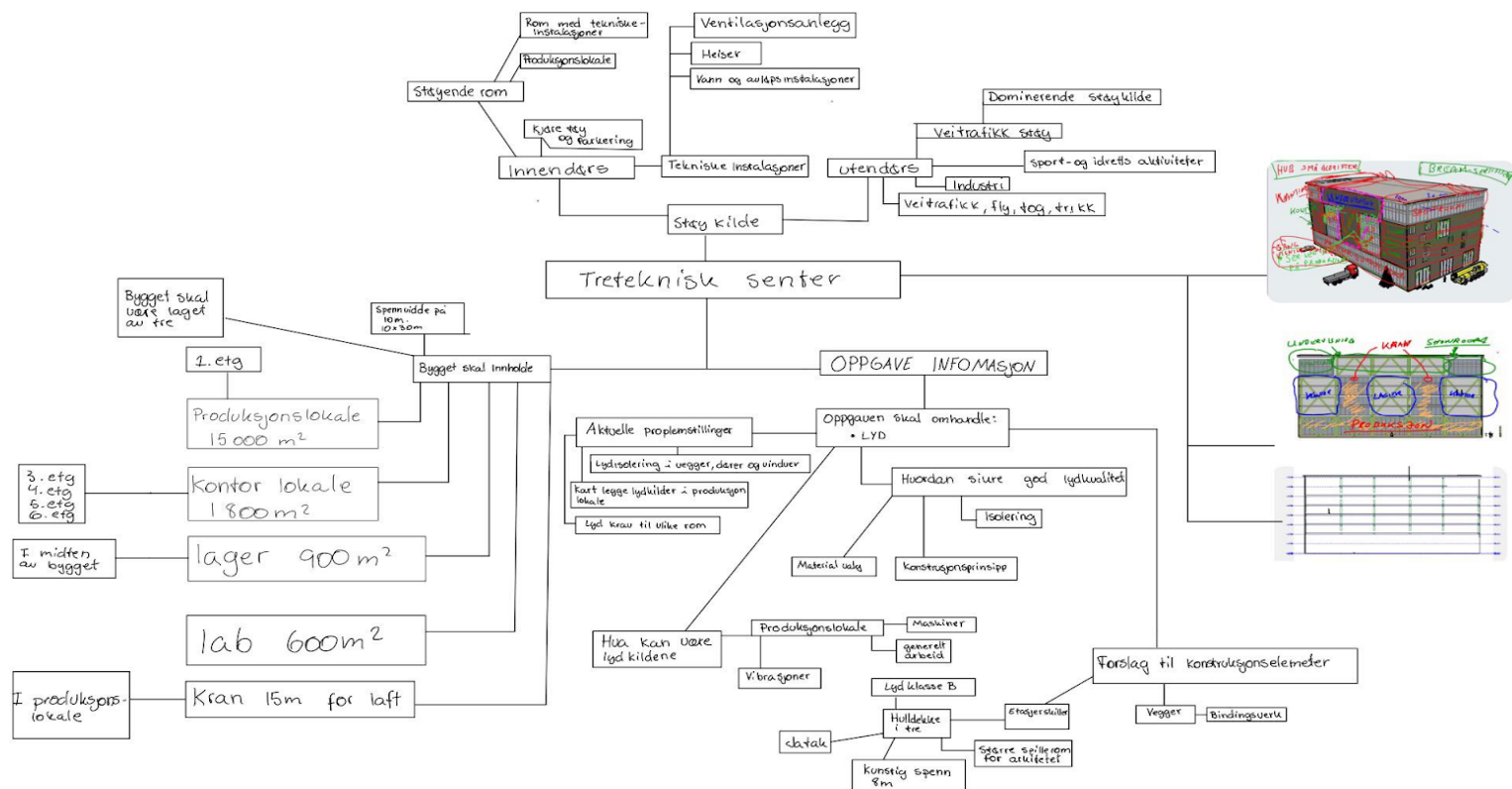
Dersom foreslåtte løsninger skulle bli aktuelle for utbyggingen av senteret, vil det også være aktuelt at disse elementene kan hentes i nærområdene. Det vil dermed også bli aktuelt for gruppen å se nærmere på kvalifiserte bedrifter som kan utøve denne tjenesten innad i fylket. Så langt har utvalgte medlemmer klart å få kontakt med det eksterne firmaet Rennebubjelken. De kunne ikke love at de kunne bidra med selve lydisoleringen, men skulle se hva de kunne få til med tanke på problematikk i forhold til vibrasjoner. Det kunne også bli aktuelt å installere trebjelker fra firmaet deres, men da var de avhengige av å vite hvor store spenn bygget ville ha konstruksjonsmessig.

Innovasjonsfase

De 2-3 første ukene har gruppen fokusert på det som kalles innovasjonsfasen. Gruppen har brukt tid på å sette seg inn i oppgaven, blitt enige om hvordan oppgaven bør løses, diskutert forskjellige temaene og drøftet forskjellige problemstillinger som kan være aktuelle for oppgaven.

Under er det vedlagt et tankekart. Bruken av tankekart gjør det lettere å få oversikt over oppgaven. Tankekartet er en oversiktlig metode for å samle det aller viktigste informasjonen på et mindre areal.

Tankekartet tar for seg ideene, informasjon og innhentet data som gruppen har kommet med under innovasjonsfasen.



Figur 3 Tankekart

Formål

Formålet er at gruppe 2 i faget TBYG3021 ingeniørfaglig systemtenkning utarbeider en prosessrapport, samt en teknisk rapport.

Gruppen ønsker å benytte seg mye av Byggforsk da disse har mange preaksepterte løsninger som kan være aktuelle å benytte seg av. Det ønskes også tett oppfølging av regelverket i henhold til TEK17, da dette gir klare føringer av hva som må tas hensyn til.

Gruppen stiller seg relativt fritt til å utvikle løsninger etter eget ønske, så lenge disse er i samsvar med eksisterende krav og forskrifter. Det er likevel et ønske om å få best mulig resultat med tanke på lydisolering, slik at eventuelle bedrifter skal kunne benytte seg av den gitte informasjonen dersom de skulle ønske dette. NTNU vil også kunne stille seg fritt til å benytte informasjonen i sluttresultatet til undervisning.

Teknisk rapport

Formålet med den tekniske rapporten er å undersøke lydutfordringene på treteknisk senter på Støren. Rapporten skal ha konkrete forslag og henvise til Byggforsk eller andre veilednings forskrifter. Forslagene skal være gjennomførbare og gi forslag til ulike løsninger som kan bli brukt.

Prosessrapport

Prosessrapporten sitt formål er å vise frem hvordan gruppen har jobbet og hvordan den tekniske rapporten har blitt gjennomført. Prosessrapporten skal inneholde timeføring, møtereferat, SPGR målinger og diverse informasjon om hvordan gruppen har jobbet.

Del 2 – Teknisk rapport

1. Innledning

Dette er en teknisk rapport skrevet av tredjeklasse byggingeniørstudenter ved NTNU.

Oppgaven er gitt ved faget ingeniørfaglig systemtenkning TBYG3021. Oppgaven er skrevet av gruppe 2, der gruppens medlemmer er bestående av:

- Kevin Santana
- Theodor Dahl
- Lena Sæther
- Basel Alibrahim
- Mohammed Hossein Jafari

Faget ingeniørfaglig systemtenkning er på 10 studiepoeng. Der Studentene blir vurdert på 3 innleveringer. Kravspesifikasjon 25%, Prossesrapport 50% og Teknisk Rapport 25%.

Den tekniske rapporten blir delt i to deler. Del 1 er kravspesifikasjon. Her blir det lagt vekt på definering av prosjektet for videre gjennomføring. Del 2 er selveste tekniske rapporten som skrives med utgangspunkt i det som ble definert i de fire første ukene. Rapporten inneholder derfor resultater fra gruppens arbeid.

1.1 Mål

Generelt i faget har gruppen som mål å bli bedre til å samarbeide som en gruppe. Dette blir mer beskrevet i prosessrapporten. Målet for den tekniske rapporten er å komme med forslag til lydisolering for det tretekniske senteret på Støren.

Problemstillingen er å finne ulike løsninger for å sikre lydkvaliteten i bygget. Her blir det tatt utgangspunkt i tidligere prosjekter som er gjort på det “tretekniske senteret”.

For å sikre lydkvaliteten har gruppen som mål å se på hvert enkelt rom, samt finne ut hvilke krav som gjelder i henhold til dagens forskrifter. Denne rapporten omhandler derfor kartlegging av de ulike aspektene som er nødvendig for å sikre lydkvaliteten.

Det er også et mål at forslagene som blir lagt frem er miljøvennlige. Dette gjøres blant annet ved å ta hensyn til hvilket material som blir valgt og hvilke leverandører som kan levere løsningene.

1.2 Bakgrunn for tema

Byggebransjen står i dag overfor en stor utfordring når det kommer til miljø. Det er ikke til å legge skjul på at betong er en av de store syndebukkene for store deler av klimagassutslippet innenfor byggebransjen. Dette er en av grunnene til at det blir mer og mer aktuelt å benytte seg av trevirke innenfor oppføring av nybygg.

Støren har i lang tid vært et område bestående av bedrifter med kompetanse innenfor bruk av treverk i bygg. Per dags dato har miljøutfordringene fått en betraktelig stor innvirkning på valg av materialer på byggeplasser. I den forbindelsen har et firma på Støren valgt å bygge et treteknisk senter, som fokuserer på produksjon av prefabrikkerte moduler av treverk.

Hovedfokuset til det nye produksjonslokalet vil i og for seg basere seg på å produsere de prefabrikkerte elementene, men det vil i tillegg bli mulig å sette modulene sammen for testprøving. Produksjonslokalet vil hovedsakelig ta opp plassen i 1. og 2. etasje av bygget. I tillegg til produksjonslokalet i de nedre etasjene, vil det bli etablert kontorer i de øvrige etasjene, samt kantine, lager og undervisningsrom.

En følge av å ha produksjonslokalet i de nedre etasjene vil være at det fører til en del støy i bygget. Temaet for denne prosjektrapporten vil derfor basere seg på å finne ulike løsninger som kan være med på å danne et komfortabelt inneklima når det kommer til lyd på kontorlokalene, produksjonslokalet, undervisningsrommene og i kantinen.

Fresemaskiner, monteringsmaskiner og andre diverse maskiner som benyttes i forbindelse med montering av modulene lager veldig mye lyd. Dette er lyder som vil forplante seg videre i bygget dersom det ikke blir gjort tiltak for å sikre at forplantingen av lydene ikke blir stoppet. Videre i prosjektrapporten vil det derfor bli undersøkt mulige løsninger som kan være med på å minske sjansen for at støyen fra produksjonslokalet kan forplante seg videre til de andre rommene i bygget.

I tillegg til det maskinelle støyet i produksjonslokalet, skal det prosjekteres og legges til rette for en kran som skal løfte de ferdigbygde modulene. Kranen vil bli plassert i takhøyde i 6. etasje. I dette området vil det oppstå komplikasjoner i forbindelser med vibrasjoner og generell støy fra den massive kranen. Det vil derfor bli viktig å se på ulike løsninger for å minske muligheten for forplantning av vibrasjoner fra kranen videre til andre konstruksjonsdeler. Også dette problemet vil bli videre undersøkt i prosjektrapporten.

1.3 formål og tilnærming

Formålet med denne prosjektrapporten er å finne løsninger som sikrer et komfortabelt inneklima for de som arbeider både i produksjonslokalet, men også for de som skal sitte på kontorene, i undervisningsrommene og for de som skal sitte i kantina. Det er ikke noe tvil om at personer arbeider mer effektivt under behagelige omgivelser. Behagelige omgivelser innebærer derfor blant annet at støynivået i rommene ikke er for høye. Det vil derfor bli viktig å komme med løsninger som sikrer at alle minstekrav i forbindelse med lyd blir tilfredsstilt. Løsningen på problemstillingen vil i all hovedsak basere seg på å finne løsninger som vil føre til at det blir et «godt inneklima» for alle.

Prosjektrapporten vil som tidligere nevnt basere seg på å finne byggetekniske godkjente løsninger med tanke på lyd. Disse løsningene vil i all hovedsak basere seg på funn av godkjente løsninger fra Byggforskserien. Dette er løsninger som har blitt testet og godkjent, og som er kvalifiserte gode løsninger med tanke på støydempende konstruksjonsdeler.

1.4 problemstilling

Som tidligere nevnt under bakgrunn for temaet, vil bygget bli et flerfunksjonelt bygg som kombinerer mange bruksområder. En bruksfunksjon vil bestå av produksjonslokalet i den nedre etasjen, som i den forbindelse medfører høyt støynivå. De andre bruksområdene vil basere seg på stille arbeidsområder, der det er viktig at personene som arbeider får den arbeidsroen de trenger for å jobbe.

Problemstillingen for dette prosjektet består derfor av å sikre at minstekrav til lyd blir tilfredsstilt.

1.5 Dekomponering av problemet

For å sikre god lyd kvalitet vil bygget bli analysert i forhold til lyd, og deretter vil det bli lagt frem forslag til ulike tiltak som sikrer god lyd kvalitet. Under analysen av bygget skal det ses på vegger, tak og forskjellige deler av bygget i de ulike bruksområdene. Her er det viktig å få frem at dette ikke er bygg som eksisterer ennå. Derfor baserer analysene seg på det tidligere grupper har gjort og antagelser.

Analysene blir brukt som et grunnlag for de forskjellige metodene og forslag gruppen kommer frem til. Analysene skal gi indikasjoner på hvordan bygget bør bygges og hva som er viktig å ta hensyn til.

1.6 omfang og avgrensning

Denne prosjektrapporten vil i all hovedsak basere seg på at alle konstruksjonsdelene i bygget blir valgt med tanke på å redusere muligheten for at uønsket støy skal kunne forplante seg videre. Det vil derfor bli nødvendig å se spesielt på overgang mellom vegger, overgang mellom vegg-tak og støyreducerende materialer.

Oppgaven gjenspeiler et fag som er satt til 10 studiepoeng, som tilsvarer rundt 250 arbeidstimer. For at omfanget av oppgaven ikke skal bli for stort for faget, har vi valgt å se bort i fra utvendige støykilder. Ettersom bygget skal bli brukt til produksjon, er det ikke utenkelig at det vil være en del tungtrafikk fra blant annet lastebiler og trucker på utsiden av bygget. Tungtrafikken gir generelt høyere lyd ved normal kjøring, i tillegg til at det gir større belastning på bakken. Det vil derfor være nødvendig å se på valg av yttervegger og vinduer med tanke på disse støykildene. I tillegg vil de tunge kjøretøyene være med på å sette konstruksjonsdeler i svingninger. Disse vibrasjonene vil være med på å gi økt støy inne i bygget. Dette er derfor noe som bør tas hensyn til ved eventuell videre detaljprosjektering.

2. Teori

2.1 Hva er lyd

Det er viktig å ha forståelse for hva lyd er når en slik analyse skal lages. For å gi en bedre forståelse på hva lyd er har gruppen hentet generelle informasjon på hva lyd egentlig er.

Lyd oppfattes som sanseinntrykk ved hjelp av hørselen. lyd er lydbølger (trykkvariasjoner) i lufta. Mennesket er i stand til å oppfatte trykkvariasjoner som skjer fra omkring 20 ganger i sekundet til 20 000 ganger i sekundet.

Lyd kan oppstå på litt forskjellige måter. Vi har for eksempel Lydenergi. Dette oppstår som trykkvariasjoner i væske eller som vibrasjoner/svingninger i faste stoffer. En person som hopper opp å ned i et gammelt trehus vil overføre energi til gulvet. Gulvet vil derfor bli satt i svingninger og føre til flanketransmisjon.

Lydbølgene beveger seg i ulike frekvens. Frekvens er antall variasjoner på bølgene i sekundet. Denne størrelsen måles i hertz (Hz). Lydbølger med frekvens under 20 Hz kalles infralyd, mens lydbølger med frekvens over 20 kHz (kilohertz) betegnes som ultralyd.

Lyd kan bli dannet på mange forskjellige måter. Som for eksempel ved:

- Hurtige virveldannelser
- Trykkforandringer
- Støt mellom faste legemer
- Regelmessige svingninger av et legeme

Lydspredning oppstår når lydbølgene brer seg i et stoff. Dette kan skje i alle slags stoffer, men med forskjellig hastighet. Hastigheten i luft er omkring 340 m/s, og i vann er den omkring 1400 m/s.

2.2 Antakelser

Med tanke på anvendelser innen akustikk/lyd er det helt nødvendig å gjøre antakelser for å gjøre situasjonen håndterbar. Siden bygget fortsatt er i programmeringsfasen er det derfor viktig å anta hvordan situasjonen blir når bygge er ferdigstilt og lage ulike scenario som kan være relevant å ta hensyn til.

Det er antatt at bygge skal inneholde

- Produksjonslokale: 1 500m²
- Kontorlokaler: 1 800m²
- Lager: 900 m²
- Undervisning: 1 500m²
- Lab 600 m²

2.3 Området

Støren ligger 50 km sør for Trondheim og er et trafikknutepunkt hvor Dovrebanen møter Rørosbanen og E6 sørfra møter riksveg 30 fra Røros.

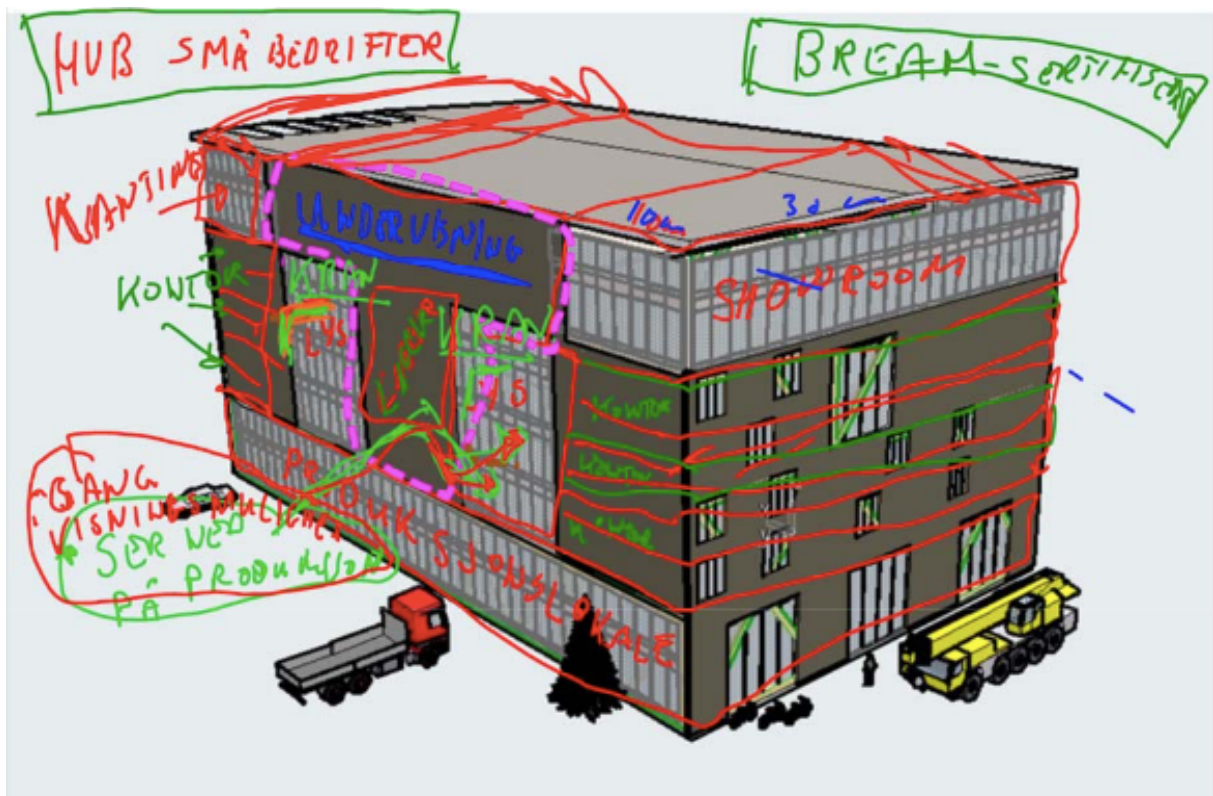
Som kommune- og regionsenter har Støren de fleste vanlige tilbud innen handel- og servicevirksomhet, men også en del industri. Blant disse gjelder norsk kylling, Støren treindustri og noe steinindustri. Støren treindustri er den største private arbeidsplassen i Midtre Gauldal og er en naturlig samarbeidspartner for Treteknisk senter.

2.4 Kritiske punkter i bygget

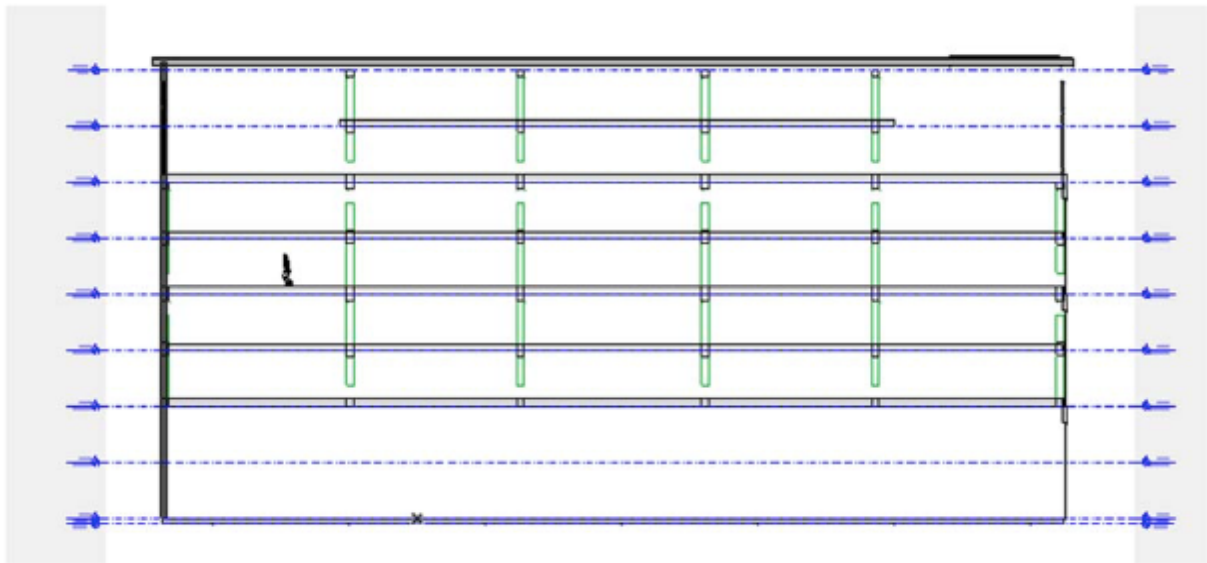
I oppgavebeskrivelsen står det at “Etter et møte med ordfører i Melhus i mai 2017 ble det klart at trebearbeidingsindustrien i Gauldal kunne være et riktig tema å forfølge. Det har vært gruppearbeid på tre siden 2016 men fra 2018 ble dette mer målrettet. «Treteknisk senter på Støren» har nå blitt det sentrale i denne utviklingsprosessen og det var 4 gruppeoppgave på dette bygget i 2019. Tre anses som et miljøvennlig materiale. Kan man i tillegg få det kortreist og med bruk av lokale leverandører så er dette ideal

Som sagt så er Støren treindustri den største private arbeidsplassen i Midtre Gauldal og er en naturlig samarbeidspartner for Treteknisk senter. I 2019 var oppgavene knyttet til Treteknisk senter «Bæresystem i tre», «Bruk av Rennebubjelken som tredekkelsning», «Isolering med bruk av flis» og «Bruk av lokale leverandører på øvrig materiell som trengs på bygget»

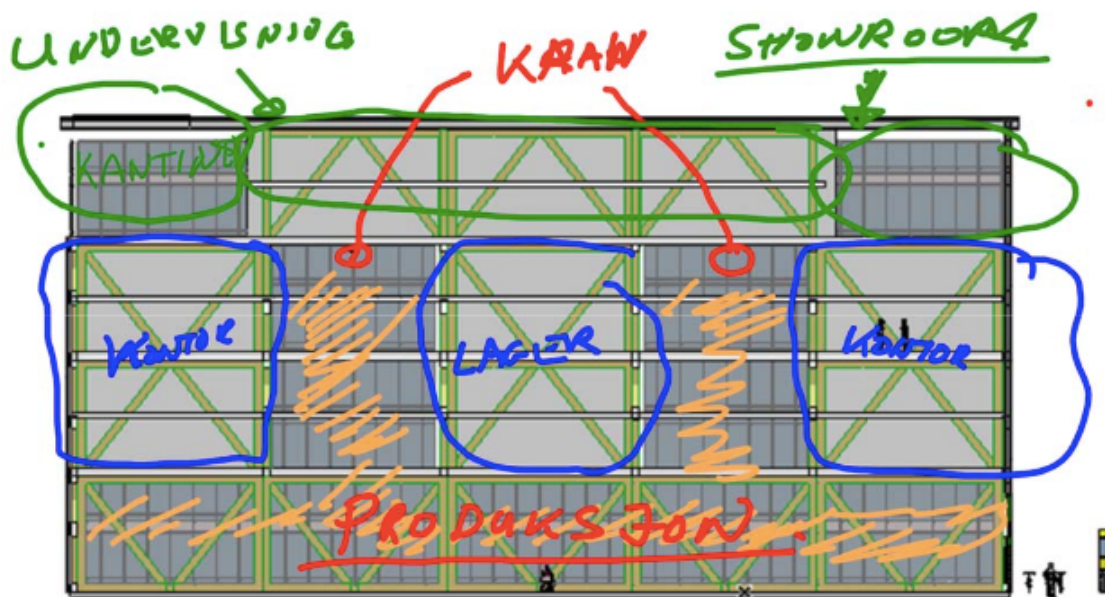
Gruppen har derfor kommet frem at det blir et naturlig valg å bygge videre på det tidligere grupper har gjort. Figurene under er gitt i oppgavebeskrivelsen. Og gruppen vil derfor bygge videre på disse, og bruke dette videre i prosjektrapporten.



Figur 4 Aksonometrisk bilde av bygget



Figur 5 Snittegning av bygget



Figur 6 Snittegning av bygget

Ut ifra figurene ser vi at bygget er prosjekt med en konstruksjon i tre. Bygget har 8 etasjer med forskjellige bruksområder.

Når det er snakk om trekonstruksjoner er det noen viktige faktorer som bør tas hensyn til. Generelt kan man sette sammen et bygg i tre med tilfredsstillende lydisolasjonsegenskaper.

Trematerialet som blir valgt er en viktig faktor. I teorien så har bindingsverkskonstruksjoner en bedre lydisoleringsevne enn massivtrekonstruksjoner.

Det er viktig å vurdere materialene som blir brukt i de forskjellige bygningsdelene. Eksempelvis kan det brukes trinnlydsplater i kritiske steder for å oppfylle de kravene som byggetekniske forskriftene stiller. Kritiske steder kan være etasjeskillere.

Det er antatt at etasjeskillerene over produksjonslokalet vil være meget kritisk. Produksjonslokalet vil ha et høyt støynivå. Og siden bygget er prosjektert med kontorer og undervisningsrom i etasjene over er det viktig at utformingen av etasjeskillerene blir nøye prosjektert i forhold til lyd.

Flanketransmisjon er en annen faktor som er viktig å ta hensyn til i dette bygget. I snl.no står det *“Flanketransmisjon, lyden energien som overføres fra et rom til et annet via flankerende konstruksjoner. I et hus med flere etasjer kan lyd som treffer veggen i et rom, få husets bærekonstruksjon til å vibrere. Disse vibrasjonene kan så få vegger i etasjen over eller under til å vibrere og derved gi lyd i rommene. Flanketransmisjonen kommer altså som et tillegg til lyden som går gjennom skillekonstruksjonen mellom rommene. Med uheldige flanketransmisjonsforhold kan virkningen av en lydisolerende skillekonstruksjon bli ødelagt.”*

Det er antatt at maskinene og arbeidet som vil foregå i 1 etasjen er veldig kritisk. Denne lyden energien fra maskinen kan derfor bli overført til bærekonstruksjonen og skape uønskede vibrasjoner som går gjennom skillekonstruksjonen og lager støy i andre rom. Det er derfor nødvendig å komme frem til en løsning som begrenser flanketransmisjon i en tilstrekkelig grad. Rapporten omhandler også knutepunkter mellom etasjeskiller og vegg.

2.5 Lydisolasjon

Lyd i bygg blir påvirket allerede i regulerings- og bebyggelsesplaner. Lydforholdene her blir påvirket av plassering, utforming, veier, trafikkanlegg og lekeplasser i forhold til bebyggelse. Tekniske installasjoner er også noe som må dimensjoneres og prosjekteres slik at de gir minst mulig støy. I denne rapporten er det ikke fastsatt hvor bygget skal stå eller gjort en detaljprosjektering av bygget. Derfor er det bare tatt med teorien og forslag bak det å sikre god lyd kvalitet og hva som må tas hensyn til.

For å sikre god lydisolasjon er det viktig å ta hensyn til disse punktene:

- luftlydisolasjon
- Trinnlyd
- lydoverføring
- romakustikk

2.5.1 Luftlydisolasjon

Når noen skriker eller spiller høy musikk sprer lyden seg via luften. Luftlydisolasjon er isolasjon mot denne type lyd. Lydbølgene som beveger seg i luften vil treffe en bygningsdel og forårsake svingninger. Noen av den innfallende lyden vil da stråle ut på mottakersiden. God luftlydisolasjon måles ved å se på forskjellen mellom utstrålt lydintensitet på sendersiden, i forhold til innfallende lydintensitet på mottakersiden. Måleenheten er desibel (dB) og kalles lydreduksjonstallet, R. Har man en høy lydreduksjonstall betyr dette at konstruksjonen isolerer bra mot luftlyd. Utfordringene slike tester har er at de ikke er 100% pålitelige. Det er ikke lett å vite hvor mye av den luftbårne lyden som vil gå gjennom konstruksjonsdelene og hva som går som flanketransmisjon.

Når slike tester gjøres på laben er det tilnærmet null flanketransmisjon, men på felt målinger kan det bli et betydelig bidrag fra flanketransmisjon. Det vil derfor være viktig å tenke gjennom løsninger og detaljer for knutepunkter, etasjeskiller-vegg. Slik at flanketransmisjonen blir begrenset.

Som et tiltak for å kvalitetssikre og for å få en realistisk tilnærming på målingene tar man i bruk veid reduksjonstall, R_w . Hovedgrunnen til dette er fordi menneskets øre ikke oppfatter alle frekvensområder like godt. Verdien blir brukt for å karakterisere luft-lydisolasjonen av bygningsdeler målt i laboratorium. R_w angir veid feltmålt reduksjonstall for en konstruksjonsdel i et ferdig bygg. Reduksjonstallet defineres som:

- $R = L_s - L_m + 10 \log(s/A_m)$
- R står for reduksjonstallet med enheten i desibel (Db).
- L_s og L_m er midlere lydtryknivå i henholdsvis senderrom og mottakerrom.
- A står for absorpsjons-overflate i mottakerrommet
- S er skillekonstruksjonens areal

Konstruksjoner som skal tilfredsstill luftlydisolasjon til klasse C er det kun veid feltmålt reduksjonstall, $R'w$, som er bestemmende. Hvis konstruksjoner skal innfri luftlydisolasjons i høyre klasser som A og B må det tas hensyn til frekvenser under 100 Hz og andre avvik som forekomme av frekvens forskjeller i lyd.

2.5.2 Trinnlydisolasjon

Lyd som oppstår fra for eksempel fottrinn og dunking blir kalt trinnlyd. Dette oppstår når bygningskonstruksjonen settes i vibrasjon og danner lyd. Dette kan oppleves ved at for eksempel naboen over har fest. Da kan man i tillegg til å høre musikken også høre lyd av at menneskene over danser i form av at himlingen vibrerer. Trinnlydisolasjon er egentlig ikke en isolasjonsstørrelse som luftlydisolasjon, men en størrelse på et lydnivå.

Hensikten med trinnlydmålinger er ikke forskjellen i lydnivå mellom to rom, men det faktiske lydtrykknivået man opplever i mottaker rommet. Her ønsker man å oppnå lavest mulig lydtrykk. Det vil si at jo lavere lydtrykknivå som måles i mottaker rommet, desto bedre isolerer mellomliggende konstruksjonsdel mot trinnlyd.

Trinnlyd måles på veid trinnlydnivå, $L_{n,w}$, i laboratoriet og feltmålt veid normalisert trinnlydnivå $L'_{n,w}$, i den ferdige bygningen. Siden vi ikke får testet trinnlyd i dette prosjektet blir $L_{n,w}$ det mest relevante å forholde seg til. Normalisert trinnlyd vil si at det er gjort korreksjoner som gjør målingene uavhengige av mottakerrommets absorpsjonsevne (møbler og plassering av diverse utstyr).

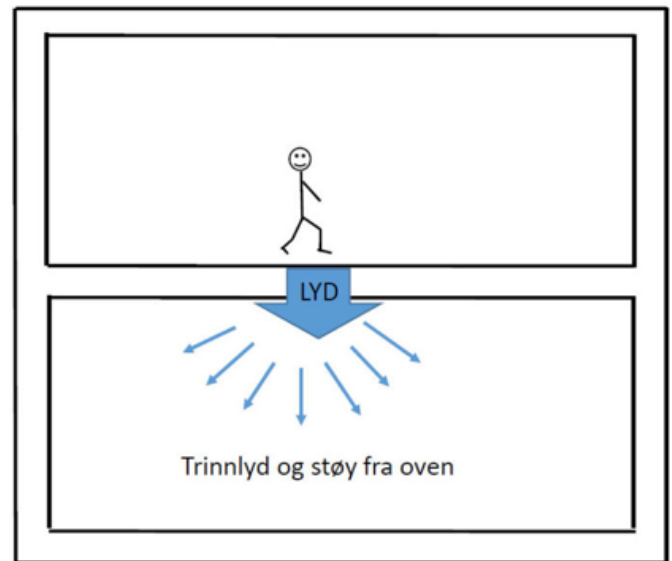
Målinger av trinnlydnivå, L_n , ved laboratorium er gitt ved:

- $L_n = L_2 + 10 \log (A_m/A_0)$
- L_2 er lydtrykknivået fra hammerapparatet i mottakerrommet hvor trinnlydnivået skal måles
- A_m er mottaker rommets totale absorpsjonsareal
- A_0 er referanse areal på 10m²

Veid feltmålt trinnlydnivå, $L'_{n,w}$ er det som må tilfredsstilles dersom etasjeskilleren skal være i klasse C. I klasse A og B er det et krav å ha med/inkludere omgjøringstallet i vurderingen.

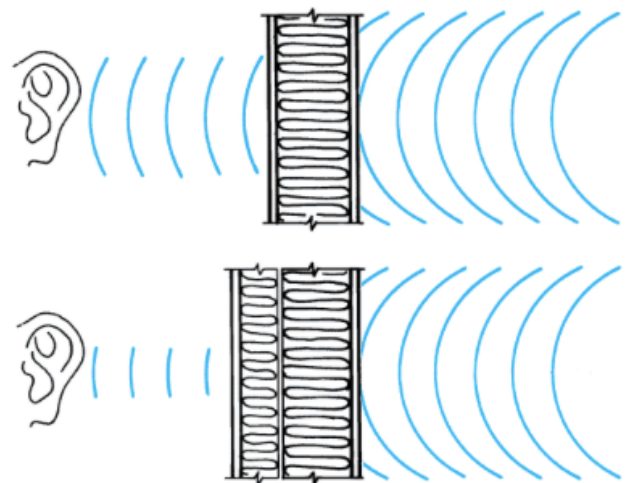
2.5.3 Lydoverføring

Det er utrolig viktig å ha forståelse på hvordan lyd kan bevege seg fra et rom til et annet. Teorien bak dette er ganske enkelt å forstå. Som tidligere nevnt finnes det luftbåren lyd (luftlyd) og strukturlyd (trinnlyd). Disse overføres gjennom bygningen på to måter. Dette skjer enten ved direkte-transmisjon eller som flanketransmisjon. Dette er da teorien, men i praksis vil lyden bli overført som en kombinasjon av flanketransmisjon og direkte transmisjon.



Figur 7

Direktetransmisjon oppstår når lyden overføres direkte gjennom skillekonstruksjoner. I teorien vil en tung skillekonstruksjon ha bedre isolasjonsevne. Dette fremkommer av at tunge konstruksjoner er vanskeligere å sette i svingninger. Konstruksjoner i massivtre vil derfor ha et større isolasjonspotensial med tanke på lyd enn tradisjonelle trebjelkelag og stendervegger.



Figur 8

Flanketransmisjon oppstår når lyden går via tilstøtende bygningsdeler. Bygningsdeler som er utette eller er mekanisk sammenkoblet er utsatt for flanketransmisjon. Dette kan også oppstå når lyden beveger seg gjennom vvs kanalene i himlingen. Dersom man ønsker å bruke massivtre-elementer i bygningen er det nødvendig å ta særskilte hensyn til dette, siden undersøkelser viser at massivtre er veldig utsatt for flanketransmisjon.

2.6 Roewmakustikk

2.6.1 Generelt

Først og fremst er det viktig å definere absorpsjonsfaktoren, a (ubenevnt). Når lyd oppstår i et rom, kan den bli reflektert eller ikke reflektert. Forholdet mellom innfallende akustisk effekt og ikke reflektert effekt kalles absorpsjonsfaktor. Når lyden ikke blir reflektert kan det antas at det skjer en absorpsjon inne i materialet og en transmisjon gjennom materialet. Figuren under er hentet fra byggforskbladet “527.300” og gir et eksempel på dette.

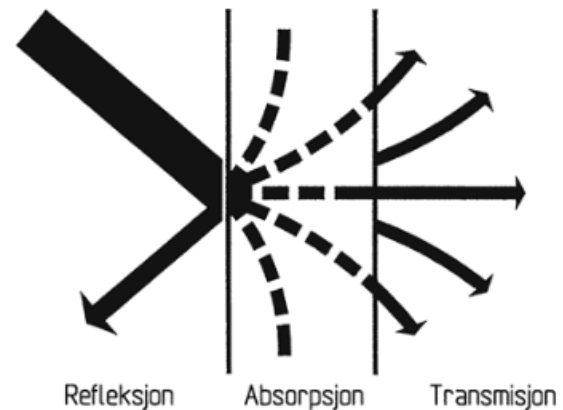


Fig. 021
Innfallende lyd fordeles i reflektert, absorbert og transmittert lyd
Figur 9 Refleksjon

Absorpsjonsfaktoren kan maksimalt være lik 1 i teorien, men i praksis kan den være større enn 1 på grunn av kantvirkninger. Et åpent vindu har en absorpsjonsfaktor på 1, mens en glatt betong vegg har en absorpsjonsfaktor på 0.

Når det er snakk om akustisk regulering (lydregulering) av et bygg er det først og fremst vurderinger og tiltak for å oppnå ønsket etterklangstid. Når lyden beveger seg i rommet blir den som oftest absorbert og reflektert fra rommets overflater, og noe forsvinner ut gjennom dører og vinduer. Hovedformålet med romakustikk er å skape så gode hørselmessige forhold som mulig i de forskjellige rommene.

I undervisningsrommet på “treteknisk senteret” er det ønskelig at lyden skal gi optimale mottakerforhold for alle tilhørere. Dersom det holdes foredrag eller forelesning kan avsenderen, som er foreleseren, snakke og mottakeren, som da er elevene, kan få med seg alt av det som blir sagt. På kontorlokalene er det mer gunstig å dempe direkte støy, samtidig som man ønsker å beholde et visst bakgrunnsstøynivå som maskerer telefonsamtaler og konferanser. I produksjonslokalet gjelder det å dempe støyen så mye som mulig.

2.6.2 Etterklangstid

I teknisk forskrift til plan og bygningsloven står det at “*Rom skal ha slike lydabsorpsjonsegenskaper at etterklang ikke vanskeliggjør oppfattelse av tale. Det må legges vekt på dette i rom som benyttes til undervisning*” for å oppnå dette er det viktig å benyttes seg av forskjellige tabeller som viser grenseverdiene for etterklangstider.

Tabellen under er hentet fra byggforsksbladet 527.300 romakustikk. Tabellen gir innføringer til høyeste grenseverdier for etterklangstid. Tabellen viser hvilken bygningstyper som må oppfylle ulike krav, type bruksrom og hvilke lydklasser som har de forskjellige grenseverdiene.

Tabell 121 a

Høyeste grenseverdier for etterklangstid (s) i hvert av oktavbåndene 125, 250, 500, 1 000 og 2 000 Hz bestemt etter NS 8173. Verdiene og merknadene er hentet fra NS 8175.

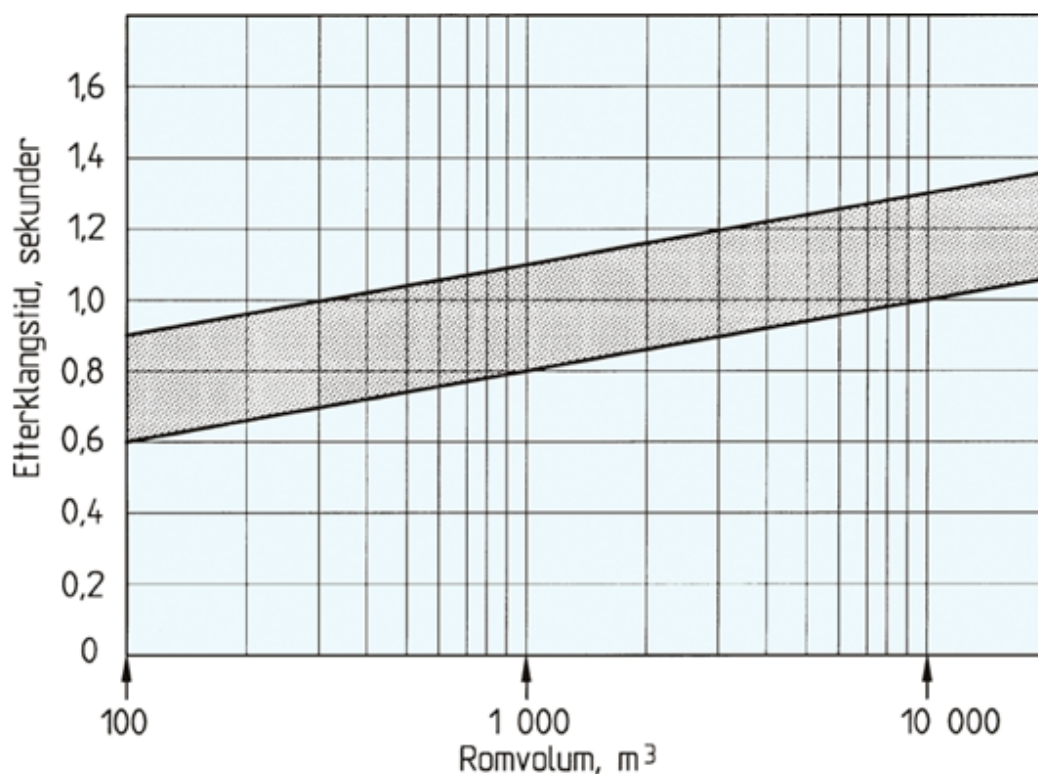
Bygningstype	Type bruksrom	Klasse A s	Klasse B s	Klasse C s	Klasse D s
Boliger og overnattingssteder	Trapperom/fellesarealer/fellesgang ¹⁾	1,0	1,0	1,3	1,3
Skoler	Undervisningsrom/klasserom/møterom ^{2) 3)}	0,6	0,6	0,8	0,9
	Undervisningsrom for syns- og hørselshemmede ³⁾	0,3	0,5	0,6	0,6
	Fellesarealer og korridor/trapperom ¹⁾	0,8	1,0	1,3	1,5
	Større auditorier/saler og andre undervisnings- og oppholdsrom ⁴⁾	Fastlegges spesielt	Fastlegges spesielt	Fastlegges spesielt	Fastlegges spesielt
	Gymsal med volum $V < 3\,000\text{ m}^3$	1,0	1,2	1,5	2,0
	Svømmehall med volum $V < 2\,000\text{ m}^3$	1,5	1,8	2,0	2,5
Barnehager og fritidshjem	Oppholdsrom	0,5	0,6	0,6	0,8
	Rom for syns- og hørselshemmede	0,3	0,5	0,6	0,6
	Trapperom/fellesgang ¹⁾	0,8	1,0	1,3	1,5
Sykehus og pleieanstalter	Trapperom ¹⁾	1,0	1,0	1,3	1,3
	Fellesarealer/korridor	0,8	0,9	1,0	1,3

Figur 10 Etterklangstid

Det legges føringer på etterklangstid i rom for tale. Som for eksempel kontorlokalene, undervisningsrom og kantine. Hovedintensjonen med dette er at personene som oppholder seg i rommet skal kunne høres og forstås med tilstrekkelig styrke og tydelighet. Det er anbefalt at slike rom har en etterklangstid på omkring ett sekund, litt kortere i mindre rom og litt lengre i større rom.

Ett rom med lengre etterklangstid ofte oppleves som at stemmene fyller rommet. Det er viktig at etterklangstiden ikke blir for langt og går ut over tydeligheten og dermed forståeligheten av talen. Arealet til rommet har stor betydning. Jo større areal et rom har, jo mer kritisk er det at etterklangstiden har optimal verdi. Frekvensområdet til rommet bør ligge mellom 125 - 4000 Hz. I tillegg bør ikke etterklangstiden variere mer en $\pm 20\%$ ved andre frekvenser i oktavbånd mellom 125 og 4000 Hz.

Figuren under viser optimalt etterklangstid i rom for tale i forhold til rommets volum. Figuren er hentet fra byggforsksbladet 527.300 Romakustikk.

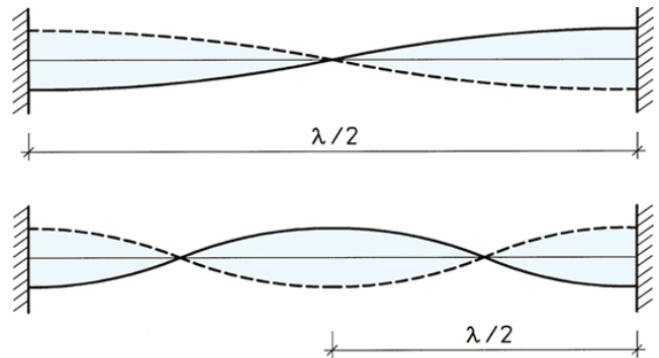


Figur 11

2.6.3 Egenfrekvenser

I et rom vil lydbølgene kunne reflekteres fra for eksempel veggen, møbler og maskiner. Når lydbølgene reflekteres vil de kunne danne interferens (samvirkning) med innfallende lydbølger.

Dette fører til at det blir dannet en stående bølge. En slik lydbølge har en halv bølgelengde ($\lambda/2$) mellom knutepunktene. Figuren viser et eksempel på en slik bølge. I knutepunktene er lydtrykket null og partikkelbevegelsen er maksimal, mens partikkelbevegelsen ved endeveggene er null og lydtrykket maksimalt.



Figur 12 Lydbølger egenfrekvens

Slike bølger kalles også for egensvingninger og hver av svingningene har en bestemt frekvens, egenfrekvensen. Når det sendes ut lyd i et rom er det egensvingningene som bærer lyden og fordeler den ut i hele rommet. Når lyden blir avbrutt kan man fortsatt høre lyden som er lagret i egensvingningene, altså etterklangen i rommet. Rommets egenfrekvens er det som bestemmer etterklangen. Hvis det er store hull mellom egenfrekvensene, vil de mellomliggende frekvensene ikke komme ut i rommet, og de vil høres veldig dårlig ut. Det er derfor viktig å ha et rom med en egenfrekvens som ligger tett og jevnt fordelt slik at det skaper en god akustikk.

Det er mulig å beregne egenfrekvens. Formelen som blir brukt er:

$$f_{\text{mp}} = \frac{c}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{n}{l}\right)^2 + \left(\frac{m}{b}\right)^2 + \left(\frac{p}{h}\right)^2}$$

Figur 13 Egenfrekvens

Mellom to vegger er egenfrekvensen de frekvensene hvor avstanden er lik en halv bølgelengde eller flerdoblet av den ($l = n\lambda/2$). Ved å se sammenhengen mellom bølgelengde og frekvens, $f = c/\lambda$, finner man uttrykket $f = nc/2l$, som er da egenfrekvensen for et endimensjonalt tilfelle. Et rom som er rektangulært kan ha egensvingninger i tre dimensjoner.

3 Krav om lyd og vibrasjon

3.1 Generelle krav om lyd

For at det skal kunne være behagelig å oppholde seg i byggverk, er det viktig at lydforholdene er tilfredsstillende. Det er derfor satt en del krav til lyd i Norske Standarder, gitt ut ifra byggets formål og bruk. Hensikten med disse kravene er å sikre at personer skal ha muligheten til å kunne arbeide, hvile, konsentrere seg, oppfatte faresignaler og liknende.

Støy kan komme av ulike typer lydformer. I TEK17 er disse beskrevet i form av:

- Luftlyd
- Trinnlyd og strukturlyd
- Romakustiske forhold, inkludert taleforståelse
- Støy fra byggtekniske installasjoner
- Støy fra utendørs lydkilder

Forskriften er ikke regulert etter egenprodusert støy i byggverket. For vårt tilfelle vil dette gjelde husholdningsapparater i kantinen, støykilder på kontorer og de maskinelle verktøyene i produksjonslokalet.

Hvor god lydisolering man sikter til i et bygg, baserer seg på hvilken lydklasse man ønsker at bygget skal være i. I dag finnes det fire ulike lydklasser man kan legge seg på. Disse går fra A til D. Her har lydklasse A de strengeste kravene til lydisolering, mens lydklasse D ikke har like strenge krav. TEK17 §13-6 operer med en anbefaling på at man legger seg på minst lydklasse C for at lydisoleringen skal tilfredsstille brukernes komfort. Ved å legge seg på lydklasse C vil man derfor ikke bli plaget av støy, men ettersom dette er den minste anbefalingen, vil mulighetene for å kunne høre tendenser til støy være tilstede. Dersom man ønsker et enda mer lydtett bygg, kan derfor løsningen være å legge seg på en høyere lydklasse. Lydklasse A og B kan derfor benyttes dersom man ønsker strengere krav til lyd enn klasse C, men vil derfor koste mer penger og vil være en vanskeligere prosjektering.

Det tretekniske senteret på Støren har flere bruksområder i bygget. Blant disse gjelder produksjonslokale, kontorer, lager og kantine. For alle disse bruksrommene gjelder forskjellige krav når det kommer til lydisolering. Ettersom TEK 17 §13-6 operer med å basere seg på lydklasse C, har vi valgt å se på lydisolering av bygget med hensyn på lydklasse C.

Kontorer

I all hovedsak er kontorlandskap lite egnet med store støykilder ettersom de ofte er forbundet med konsentrasjonskrevende arbeid. Det er derfor nødvendig å gjøre tilstrekkelige tiltak for å sikre god lydisolering i kontorene. Det er derfor en rekke krav som stilles i Norsk standard for å sikre gode arbeidsforhold i kontorene. I NS 8175 er det stilt krav til luftlydisolasjon, trinnlydisolasjon, feltmålt veid normalisert trinnlydnivå, etterklangstid, tekniske installasjoner, innendørs lydnivå fra utendørs lydkilder, lydnivå utenfor vinduer og lydnivå utenfor vinduer fra tekniske installasjoner. Hvilke krav som er gjeldende for de ulike scenarioene, baserer seg på hvilken lydklasse man legger seg på. Ettersom TEK17 §13-6 viser til at lydklasse C er tilstrekkelig for å ha et godt inneklima, har vi valgt å bruke denne lydklassen for å finne minstekravene som stilles for et komfortabelt kontorlandskap.

Luftlydisolasjon

NS 8175:2019

Tabell 31 – Lydklasser for kontorer – Luftlydisolasjon

Type brukerområde	Måle- størrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
Mellom kontorer Mellom kontor og fellesareal/ kommunikasjonsvei, som fellesgang, korridor uten dørforbindelse	$R_w' \geq$	44	40	37	34
Mellom et vanlig kontor som foran, og kommunikasjonsvei som fellesgang / korridor med dørforbindelse (se merknad)	$R_w' \geq$	34	28	24	24
Mellom møterom og et annet rom/kontorlandskap/korridor uten dørforbindelse	$R_w' \geq$	48	48	44	40
Mellom møterom og kommunikasjonsvei, som fellesgang/korridor med dørforbindelse (se merknad) Mellom stillerom/møterom/kontor og kontorlandskap med dørforbindelse	$R_w' \geq$	38	38	34	28
Mellom rom med behov for konfidensielle samtaler, samtalerom, legekontor o.l. og et annet rom, uten dørforbindelse Mellom møterom med videokonferanse og andre rom uten dørforbindelse*	$R_w' \geq$	56	52	48	44
Mellom rom med behov for konfidensielle samtaler og korridor med dørforbindelse (se merknad)	$R_w' \geq$	46	42	38	34
MERKNAD Se Tillegg C for beregning av det samlede lydreduksjonstallet for konstruksjoner med dørforbindelse for vanlige kontorer, mellom møterom og korridor, samt mellom rom for konfidensielle samtaler, legekontorer o.l. og korridor. a Med rom for videokonferanse menes her rom hvor det er tilrettelagt med faste mikrofoner og høyttalere i tillegg til skjerm for å kunne se og høre hverandre ved hjelp av kommunikasjonsteknologi.					

12.3 Trinnlydisolasjon

Høyeste grenseverdier for feltmålt veid normalisert trinnlydnivå for kontorer i de ulike lydklassene er gitt i Tabell 32.

Figur 14 Luftlydisolasjon

Feltmålt veid normalisert trinnlydnivå

Tabell 32 – Lydklasser for kontorer – Feltmålt veid normalisert trinnlydnivå

Type brukerområde	Måle- størrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
I kontorer og møterom fra andre rom og kommunikasjonsvei	$L'_{n,w} \leq$	53	58	63	68

Figur 15 Feltmålt veid normalisert trinnlydnivå

Etterklangstid

Tabell 33 – Lydklasser for kontorer – Etterklangstid

Type brukerområde	Måle- størrelse	Klasse A s	Klasse B s	Klasse C s	Klasse D s
I kontor, kontorlandskap, møtelokale ^a	$T_h \leq$	$0,13 \times h$	$0,16 \times h$	$0,20 \times h$	$0,27 \times h$
I rom for videokonferanse ^b	$T_h \leq$	$0,11 \times h$	$0,13 \times h$	$0,16 \times h$	$0,20 \times h$
a Med mindre det kan dokumenteres at det er unødvendig, skal det installeres lydutfjvningsanlegg (fordelte høyttalere) eller sentrale høyttalere med retningsegenskaper tilpasset dekningsområdet der det er behov for å sikre god taleoppfattelse og kunnskapsformidling. Dette er spesielt aktuelt ved lavt talenivå, forstyrrende støy og lange etterklangstider. Slike anlegg kan kompletteres med teleslynge eller annet tilsvarende trådløst lydoverføringsutstyr. Der det er mange rom med tilnærmet samme størrelse og brukermulighet, er det tilstrekkelig at 1/10 og minst ett av disse rommene har teleslynge eller annet mikrofonbasert, trådløst overføringsutstyr. b Med rom for videokonferanse menes her rom hvor det er tilrettelagt med faste mikrofoner og høyttalere i tillegg til skjerm for å kunne se og høre hverandre ved hjelp av kommunikasjonsteknologi.					

Figur 16 Etterklangstid

Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Tabell 34 – Lydklasser for kontorer i brukstid – Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Type brukerområde	Målestørrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
I kontor, kontorlandskap ^a , fellesareal og møterom fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i en annen bygning	$L_{p,A,T} \leq$	28	28	33	38
	$L_{p,AF,max} \leq$	30	30	35	40
I rom for videokonferanse ^b	$L_{p,A,T} \leq$	22	25	28	32
	$L_{p,AF,max} \leq$	24	27	30	34
a I kontorlandskap godtas 3 dB høyere lydnivå ved behov for lydmaskering. Se også Tillegg E om kontorlandskap. b Med rom for videokonferanse menes her rom hvor det er tilrettelagt med faste mikrofoner og høyttalere i tillegg til skjerm for å kunne se og høre hverandre ved hjelp av kommunikasjonsteknologi.					

Figur 17 Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Kantine

Kantine, restauranter, serveringssteder, spiserom og andre plasser tilegnet sosiale sammenkomster er ofte forbundet med en del støy. Disse plassene egner seg for personer som lenge har drevet med fokusert arbeid, og trenger å få lettet litt på hodet. Dette resulterer i mange tilfeller i å kommunisere med andre. Kantiner benyttes derfor til å avholde matmåltider, samtidig som det er plassen der mange personer fører samtaler med hverandre. Store kantineområder med plass til mange personer fører derfor til mange samtaler på tvers av hverandre. Resultatet er derfor et område med mange personer som høylytte støykilder.

«Grenseverdiene for slike rom, arealer og bygninger er gitt for laveste midlere lydabsorpsjonsfaktor, høyeste etterklangstid relatert til rommets høyde og høyeste innendørs A-verdi tidsmidlet og maksimalt trykknivå fra tekniske installasjoner» ref NS8175 s.35. Disse grenseverdiene er nærmere bestemt i tabellen:

Romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Tabell 37 – Lydklasser for restaurantbygninger – Romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Type brukerområde/ grenseverdi	Måle- størrelse	Enhet	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Midlere lydabsorpsjonsfaktor i restaurant, serveringssted, kantine, spiserom, pauserom o.l.	$\bar{\alpha} \geq$	–	0,30	0,25	0,20	0,15
Høyeste etterklangstid i restaurant, serveringssted, kantine, spiserom, pauserom o.l. relatert til rommets høyde	$T_h \leq$	s	$0,13 \times h$	$0,16 \times h$	$0,20 \times h$	$0,27 \times h$
Lydnivå i restaurant, serveringssted, kantine, spiserom, pauserom o.l. fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i en annen bygning	$L_{p,A,T} \leq$	dB	25	30	35	40
	$L_{p,AF,max} \leq$	dB	27	32	37	42

Figur 18 Romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Undervisningslokale

Bygninger til undervisningsformål kan oppleves på henholdsvis to forskjellige måter. Den ene måten innebærer stille individuell jobbing. Her vil det være lite dialog, og derfor god arbeidsro og lite støy. Den andre måten er gjeldende for gruppearbeid. Dette kan minne om lydforholdene i en kantine ettersom det ofte føres dialoger mellom partene om hverandre. Det vil i disse tilfeller være mange personer som fører samtaler, noe som vil føre til mange

lydkilder. Det er derfor viktig å gjøre gode akustiske tiltak i rommet, slik at det ikke oppleves som vanskelig å føre samtaler i rommet. I tillegg er det viktig med god lydisolering mellom rommene, slik at dialoger i det ene undervisningsrommet ikke forstyrrer et annet undervisningsrom.

I norsk standard for lyd er det beskrevet «*Undervisningslandskap er i utgangspunktet lite egnet for syns- og hørselshemmede og andre som har spesielle behov for gode lydforhold, konsentrasjon, uforstyrret kunnskapsformidling, for å unngå overhøring og forstyrrelse av tilstøtende arealer mv. Spesiell akustisk regulering er nødvendig for å sikre god taleoppfattelse og kunnskapsformidling og for å redusere uheldige lydforhold i undervisningslandskap*» ref. NS 8175 s. 16

I NS 8175 er det gitt en rekke tabeller som gjenspeiler kravene for lyd med hensyn på de ulike lydtekniske utfordringene. Tabellene representerer krav for luftlydisolasjon, lydklasser for spesialrom i skoler og bygninger til undervisningsformål (luftlydisolasjon), feltmålt veid normalisert trinnlydnivå (undervisningsformål), feltmålt veid normalisert trinnlydnivå (spesialrom), romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner. Disse er nærmere beskrevet ut ifra tabellene:

Luftlydisolasjon, undervisningsformål

Tabell 6 - Lydklasser for bygninger til undervisningsformål - Luftlydisolasjon

Type brukerområde	Måle- størrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
Mellom undervisningsrom ^a Mellom undervisningsrom og personalrom / fellesareal / felles oppholdsrom samt mellom personalrom og kommunikasjonsvei, som fellesgang/korridor uten dørforbindelse	$R'_w \geq$	56	52	48	44
Mellom undervisningsrom/personalrom og kommunikasjonsvei, som fellesgang/korridor med dørforbindelse (se merknad)	$R'_w \geq$	42	38	34	30
MERKNAD For å oppnå samlet lydisolasjon for en vegg med dør, se Tillegg C for beregning av det samlede lydreduksjonstallet for konstruksjonen. ^a Skoler kan ha forskjellige behov for lydisolasjon mellom undervisningsrom og grupperom. Derfor kan det være behov for analyser utfra planløsning og bruk av undervisningsrom slik at ytelsen blir den samme for de ulike funksjonene.					

Figur 19 Luftlydisolasjon, undervisningsformål

Luftlydisolasjon, spesialrom

Tabell 7 – Lydklasser for spesialrom i skoler og i bygninger til undervisningsformål – Luftlydisolasjon

Type brukerområde	Målestørrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
Mellom spesialrom som musikkrom, formingsrom, verksted, rom for kroppspøving, enkelt lydstudio eller et annet spesialrom med støyende aktiviteter, og et annet undervisningsrom /personalrom/fellesareal	$R'_{w} + C_{50-5000} \geq$	70	65	–	–
	$R'_{w} \geq$	–	–	60	52
Mellom spesialrom som nevnt ovenfor, og kommunikasjonsvei, som fellesgang/ korridor med dørforbindelse ^a (se merknad)	$R'_{w} + C_{50-5000} \geq$	60	55	–	–
	$R'_{w} \geq$	–	–	50	38
Mellom musikkrom for elektrisk forsterket musikk, slagverksrom osv. og et annet undervisningsrom o.l.	$R'_{w} + C_{50-5000} \geq$	75	75	70	–
	$R'_{w} \geq$	–	–	–	65
Mellom spesialrom som nevnt ovenfor, og kommunikasjonsvei, som fellesgang/ korridor med dørforbindelse (se merknad)	$R'_{w} + C_{50-5000} \geq$	65	60	–	–
	$R'_{w} \geq$	–	–	55	50
Mellom større undervisningsrom / auditorium ^b og et annet undervisnings- og personalrom	$R'_{w} + C_{50-5000} \geq$	65	60	–	–
	$R'_{w} \geq$	–	–	55	50
Mellom større undervisningsrom / auditorium ^b som foran, og kommunikasjonsvei, som fellesgang/korridor med dørforbindelse (se merknad)	$R'_{w} + C_{50-5000} \geq$	60	55	–	–
	$R'_{w} \geq$	–	–	50	45
MERKNAD For å oppnå samlet lydisolasjon for en vegg med dørforbindelse mellom spesialrom og korridor, eller mellom musikkrom for elektrisk forsterket musikk o.l. og korridor, eller mellom undervisningsrom, auditorier o.l. og korridor, se Tillegg C for beregning av det samlede lydreduksjonstallet for konstruksjonen. I flere tilfeller vil det være behov for doble dører eller en sluse for å oppnå grenseverdien.					
^a For rom for kroppspøving gjelder grenseverdien der det er andre undervisningsrom i samme korridor. Der det ikke er undervisningsrom i samme korridor, gjelder samme grenseverdi som mellom undervisningsrom og kommunikasjonsvei i tabell 6.					
^b Grenseverdien gjelder for rom der størrelse og utforming tilsier at det er behov for taleforsterkning.					

Figur 20 Luftlydisolasjon, spesialrom

Feltmålt veid normalisert trinnlydnivå, undervisningsrom

Tabell 8 – Lydklasser for bygninger til undervisningsformål – Feltmålt veid normalisert trinnlydnivå

Type brukerområde	Måle- størrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
Mellom to undervisningsrom/ personalrom	$L'_{n,w} \leq$	53	58	63	68
I undervisningsrom/personalrom fra fellesareal / felles oppholdsrom					
I undervisningsrom/personalrom fra kommunikasjonsvei som fellesgang/ korridor/trapperom	$L'_{n,w} \leq$	48	53	58	63

Figur 21 Feltmålt veid normalisert trinnlydnivå, undervisningsrom

Feltmålt veid normalisert trinnlydnivå, spesialrom

Tabell 9 – Lydklasser for spesialrom i skoler og bygninger til undervisningsformål – Feltmålt veid normalisert trinnlydnivå

Type brukerområde	Måle- størrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
Mellom spesialrom som musikkrom, formingsrom, rom for kroppssøving, enkelt lydstudio eller et annet spesialrom med støvende aktiviteter I undervisningsrom/personalrom/fellesareal fra spesialrom (som foran)	$L'_{n,w} \leq$	43	48	53	58
I spesialrom som foran fra kommunikasjonsvei som fellesgang/korridor	$L'_{n,w} \leq$	50	53	58	63
Mellom større undervisningsrom/auditorium og et annet undervisnings- og personalrom	$L'_{n,w} \leq$	43	48	53	58
I spesialrom som foran fra kommunikasjonsvei, som fellesgang/korridor	$L'_{n,w} \leq$	43	48	53	58

Figur 22 Feltmålt veid normalisert trinnlydnivå, spesialrom

Romakustikk

Tabell 10 – Lydklasser for bygninger til undervisningsformål og skolefritidsordning – Romakustikk

Type brukerområde	Måle- størrelse	Enhet	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
I undervisningsrom ^{a,b} , sløydsl, oppholdsrom i SFO/AKS ^f	$T \leq$	s	0,4	0,4	0,5	0,6
I undervisningsrom høyere enn 3,0 m	$T_h \leq$	s	$0,16 \times h$	$0,16 \times h$	$0,20 \times h$	$0,24 \times h$
I trapperom	$T \leq$	s	0,6	0,7	0,8	1,0
I større undervisningsrom/auditorium ^d og undervisnings- og personalrom ^e (se merknad 1)	$T_h \leq$	s	$0,16 \times h$	$0,16 \times h$	$0,20 \times h$	$0,27 \times h$
I undervisningslandskap ^{b,e}	$T \leq$	s	0,3	0,3	0,4	0,5
I undervisningslandskap ^{b,e}	$STI \geq$	–	0,80	0,75	0,70	0,60
I gymnastikksal, svømmehall ^e , rom med støvende aktiviteter, fellesareal og korridor	$T_h \leq$	s	$0,16 \times h$	$0,16 \times h$	$0,20 \times h$	$0,27 \times h$
I garderobes	$T_h \leq$	s	$0,27 \times h$	$0,27 \times h$	$0,30 \times h$	$0,33 \times h$
MERKNAD 1 Større undervisningsrom, auditorier, kultursaler, aulaer, undervisningslandskap og lydstudier krever spesiell akustisk regulering for å oppnå tilfredsstillende taleforståelighet eller andre ønskede egenskaper. Grenseverdier for etterklangtid vil derfor avhenge av bruksformålet, og etterklangtiden vil ikke alene være en tilstrekkelig beskrivende egenskap. MERKNAD 2 Grupperom og andre små rom kan ha behov for absorberende eller diffuserende elementer på vegg selv om grenseverdier for etterklangtid er oppfylt. MERKNAD 3 Rom som brukes av SFO/AKS, kan med fordel ha noe mer akustisk demping enn vanlige undervisningsrom.						
a I undervisningsrom for sang og musikk og rom der musikkaktivitet inngår i bruksområdet, kan noe lenger etterklangtid være riktig. I undervisningsrom for musikk er det nødvendig å differensiere disse verdiene avhengig av hvilken musikkform rommet brukes til, se NS 8178. b Bruk av STI er en opsjon der tilfredsstillende taleforhold ikke kan dokumenteres ved bruk av etterklangtid T . Da skal andre relevante parametre brukes i evalueringen av taleforståelighet og for å unngå overhøring mellom undervisningsgrupper over en avstand (se også definisjoner i 3.2, 3.3, 3.6 og 3.14). Grenseverdien for STI i undervisningsrom settes da tilsvarende som i undervisningslandskap. Undervisningslandskap er i utgangspunktet lite egnet for syns- og hørselshemmede og for andre med spesielle behov for gode lydforhold. Se merknad 1. c I gymnastikksaler og svømmehaller med gjennomsnittlig romhøyde over 15 m er øvre grense for etterklangtiden $T = 3,0$ s. Se i tillegg Tabell 44. d Med mindre det kan dokumenteres at det er uønskelig, skal det installeres lydutførelsesanlegg (fordelte høyttalere) eller sentrale høyttalere med retningsegenskaper tilpasset dekningsområdet der det er behov for å sikre god taleoppfattelse og kunnskapsformidling. Dette er spesielt aktuelt ved lavt talenivå, forstyrrende støy og lange etterklangstider. Slike anlegg kan kompletteres med teleslynge eller annet tilsvarende trådløst lydoverføringsutstyr. Der det er mange rom med tilnærmet samme størrelse og brukermulighet, er det tilstrekkelig at 1/10 og minst ett av disse rommene har teleslynge eller annet mikrofonbasert, trådløst overføringsutstyr. e Som ^d , men det er valgfritt om anlegget kompletteres med teleslynge eller annet tilsvarende trådløst lydoverføringsutstyr. f Med mindre det kan dokumenteres at det er uønskelig, skal det installeres teleslynge eller annet mikrofonbasert, trådløst overføringsutstyr. Der det er mange rom med tilnærmet samme størrelse og brukermulighet, er det tilstrekkelig at 1/10 og minst ett av disse rommene har teleslynge eller annet mikrofonbasert, trådløst overføringsutstyr.						

Figur 23 Romakustikk

Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Tabell 11 – Lydklasser for bygninger til undervisningsformål i brukstid – Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Type brukerområde	Målestørrelse	Klasse A dB	Klasse B dB	Klasse C dB	Klasse D dB
I undervisningsrom ^b , landskap og oppholdsrom i bygning for SFO/AKS fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i en annen bygning	$L_{p,A,T} \leq$ $L_{p,AF,max} \leq$	22 ^a 24	25 ^a 27	28 ^a 30	32 34
I musikkrom/sal/lydstudio o.l. fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i en annen bygning	$L_{p,A,T} \leq$ $L_{p,AF,max} \leq$	18 ^a 20	20 ^a 22	23 ^a 25	23 25
^a I klasse A til C måles 1/1-oktavnivåer, og det skal påvises at det ikke er spesielt forstyrrende lavfrekvente komponenter i støyen fra tekniske installasjoner. Grenseverdier i 1/1-oktavnivå er gitt Tillegg A. Se også definisjon av tekniske installasjoner i 3.14 og bestemmelser for lydnivå i 5.4. ^b Dette gjelder alle typer undervisningsrom, inkludert gymnastikksaler. For lydnivå fra tekniske installasjoner i svømmehaller, se Tabell 44.					

Figur 24 Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Produksjonslokale

Av navnet produksjonslokale inngår det at det er noe som skal produseres på dette stedet. For vårt tilfelle skal produksjonslokalet i det tretekniske senteret produsere husmoduler. Hovedsakelig vil dette være prefabrikkerte modulvegger til hus. I mange av tilfellene vil disse modulene bli oppført i tradisjonelt bindingsverk av tre. For å kunne produsere disse modulene er det derfor essensielt å ha verktøy til bearbeiding og tilpasning av treverket. Fresemaskiner, kappeverktøy og annet nødvendig utstyr er derfor en viktig faktor for å være i stand til å kunne produsere modulene. Ettersom hele husvegger på lange spenn skal prefabrikkeres, vil det bli massive elementer med stor egenvekt. Disse er derfor ikke mulig å løfte rundt med muskelmasse fra personer. Det vil derfor bli lagt til rette for at en takkran skal monteres i bygget. Når takkranen beveger på seg vil det føre til støy i form av maskinell drift, samtidig som den vil være med på å sette konstruksjonen i svingninger. Dette kan være med på å forplante uønskede vibrasjoner i bygget. Det er derfor helt nødvendig at kravene for produksjonslokalet blir fulgt nøye. Avvik fra minstekravene fra dette rommet vil kunne være med på å forstyrre alle de andre rommene i bygget ettersom produksjonslokalet med kranen strekker seg helt fra nederste etasje, gjennom hele bygget, og opp til øverste etasje. I norsk standard står det beskrevet: «Grenseverdiene for slike rom, arealer eller bygninger er gitt for laveste midlere lydabsorpsjonsfaktor, høyeste etterklangstid relatert til rommets høyde og høyeste A-veid tidsmidlet og maksimalt lydtryknivå fra tekniske installasjoner» ref NS 8175 s36. Det er derfor viktig at følgende minstekrav blir hensyntatt:

Romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Tabell 38 – Lydklasser for produksjons- og forretningsbygninger og laboratoriebygninger – Romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Type brukerområde/ grenseverdi	Måle- størrelse	Enhet	Klasse A ^a	Klasse B ^a	Klasse C ^a	Klasse D
Midlere lydabsorpsjonsfaktor i lokale for produksjon, forretning, laboratorier o.l. ^b	$\bar{\alpha} \geq$	–	0,30	0,25	0,20	0,15
Høyeste etterklangtid i lokale for produksjon, forretning, laboratorier o.l. relatert til rommets høyde	$T_h \leq$	s	$0,13 \times h$	$0,16 \times h$	$0,20 \times h$	$0,27 \times h$
Lydnivå i lokale for produksjon, forretning, laboratorier o.l. fra tekniske installasjoner i samme bygning eller i en annen bygning	$L_{p,A,T} \leq$	dB	35	40	45	50
	$L_{p,AF,max} \leq$	dB	37	42	47	52
^a Lydoverføringsutstyr skal sikre god taleforståelighet, informasjonsformidling og varsling som gitt i 6.5 og i fotnote ^a i Tabell 33.						
^b I forretninger der inventar til enhver tid har betydelig lydabsorpsjon, kan denne tas med i vurderingen av midlere lydabsorpsjonsfaktor.						

Figur 25 Romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner

Felles for alle bruksområdene/brukerrommene

Det de ulike avdelingene har til felles er at det stilles krav til lyd fra og i rommet. Ut ifra om det er rom ment for konsentrasjon, eller om det er rom ment for produksjon, har de til felles at støy er noe som skal minimaliseres i størst grad. Hvor stor grad den skal minimaliseres baserer seg på hvilken lydklasse man legger seg på. Ettersom TEK 17 §13-6 oppgir at lydklasse C gir tilfredsstillende og komfortabelt innemiljø, har vi derfor valgt å basere oss på denne lydklassen. Alle de overforliggende tabellene med ulike krav, kan derfor tas hensyn til basert på et valg om å legge seg på lydklasse C for hele bygget.

3.2 Generelle utfordringer med vibrasjon

Kran

Som tidligere nevnt i prosjektrapporten, vil det være behov for å kunne flytte på de prefabrikkerte modulene. Disse modulene veier langt over mulig løftekapasitet for mennesker, noe gjør det avgjørende å ha løfteredskaper for å kunne flytte på modulene. For å få mest mulig effektivisering av arbeidet, vil det derfor være lønnsomt å ha en kran for denne løftingen. For å kunne flytte på modulene må denne kranen kunne flytte på seg. Om det blir en kran som går på skinner festet til taket, eller om den har en annen mobil løsning er litt usikkert i denne biten av prosjekteringen. I denne delen av prosjektet vil det bli basert på at det er en kran med skinneløsning som vil bli tatt hensyn til. Ettersom kranen skal kunne forflytte seg bortover i bygget på skinner, er det derfor sannsynlig at det vil bli satt i gang vibrasjoner som følge av denne forflytningen.

Valg av kran er noe som kommer til å gjenspeile innekomforten ettersom forskjellige kranløsninger gir forskjellig lydbilde. En kran som er festet med skinner i taket, vil ha større sannsynlighet for å kunne sette dekkeelementene i taket i bevegelse. Det kan derfor være lurt å se på andre løsninger som minsker sjansen for at vibrasjoner kan forplante seg videre i bygget. Abus har i lang tid levert en rekke ulike krankløsninger der som kan være mer aktuelle. En av deres løsninger baserer seg på en endragerkran. Denne beveger seg langs to ståldragere, plassert på hver sin ende. For å redusere så mye som mulig vibrasjoner fra kranløftingen, kan derfor disse ståldragerne ha opplager i frittstående søyler. Disse søylene føres fritt gjennom hele bygget og vil ikke ha noen annen funksjon for bygget enn å være bærende elementer til kranens opplager. For å redusere ytterligere sjanse for spredning av vibrasjoner, vil disse søylene også ha egen fundamentering. På denne måten har man gjort mange sikringstiltak for å redusere sjansen for flanketransmisjon og videreføring av vibrasjoner.



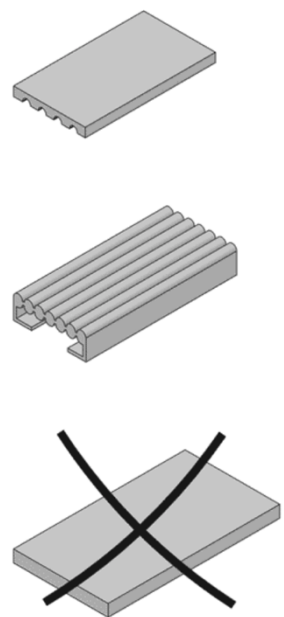
Figur 26 Kran

Vibrasjon fra maskiner

Det er imidlertid ikke bare kranen i bygget som er en mulig vibrasjonskilde. Det er heller ikke bare gjenstander i forbindelse med produksjonslokalet som kan være disse kildene. I nærmest alle rom vil det være ulike komponenter som kan bidra til å sette konstruksjonselementer i bevegelse. I forbindelse med kantinen, kan dette for eksempel være traller som kjører bortover, eller en vaskemaskin med sentrifuge. Undervisningsrommene og kontorene kan være utstyrt med musikkanlegg, som ved bruk kan føre til videreføring av vibrasjoner. Denne forplantningen av vibrasjoner kalles for flanketransmisjon eller strukturlyd. Et tiltak som kan gjøres for å minimere eller eliminere strukturlyden er ved å vibrasjonsisolere de ulike vibrasjonskildene. Vibrasjonsisolasjonen vil kunne absorbere store deler av vibrasjonsenergien, slik at den ikke videreføres til andre konstruksjonselementer.

Vibrasjonsisoleringens effekt angis vanligvis i prosentvis absorbert energi. Omlag 90% av den dynamiske kraften bør ifølge Byggforsk isoleres bort. Dette tilsvarer derfor at omlag 10% av kraften går videre ned i fundamentet. Dette resulterer i en reduksjon på 20dB på den dynamiske kraften.

En vanlig metode for å minimere høyfrekvent strukturlyd er å benytte seg av isolasjonsmatter. For at disse mattene skal fungere, må de ha en deformasjon ved lastpåføring. Størrelsen på deformasjonen varierer, og kan være så liten som under 1mm. Likevel er det helt essensielt å ha denne deformasjonen. Det er derfor ikke egnet med massive gummimatter, men heller gummimatter med rifler eller rørklamringer med riller.



Figur 27 Vibrasjonsmatter

4 Analyse av bygget

4.1 Produksjonslokale

Det er ikke noe tvil om at det er produksjonslokalet som er det mest krevende elementet i dette bygget når det kommer til lyd. Det er i dette lokalet flesteparten av støykildene er lokalisert. I tillegg til at de fleste støykildene er lokalisert der, er det også de mest høylytte støykildene som er plassert der.

I tillegg til at det er den delen av bygget som har flest og mest høylytte støykilder, er det også rommet som har størst sannsynlighet for å forplante vibrasjoner i konstruksjonselementer. Primærkilden til disse vibrasjonene vil i all hovedsak være forflytning av den mobile kranen. Likevel kan uforutsette hendelser være med på å forplante vibrasjoner. Slike hendelser kan for eksempel være at en modul bli sluppet litt for raskt ned, slik at det kjappe støter mot bakken skaper vibrasjoner.

Det er ikke utenkelig at andre mobile gjenstander også vil bli benyttet. Her er det i all hovedsak tenkt på enkle trucker. Dersom små gjenstander skal forflyttes, vil det være mer effektivt å benytte seg av en truck, sammenlignet med å bruke den store kranen. Selve kjøringen av truckene vil ikke gi store bidrag til vibrasjoner, men pålessing og avlessing, samt eventuelle uheldige sammenstøt, kan være med på å skape uønsket støy og vibrasjoner.

En målsetning for produksjonslokalet bør være å ha så lavt støynivå som mulig. Dette er ønskelig for å skape en trygg og behagelig arbeidsplass. Arbeidsplassen blir behagelig i form av at man prøver å legge til rette for best mulig arbeidsforhold. Betydningen bak å skape en trygg arbeidsplass baserer seg på at det ikke er for høyt støynivå til at varslings- og faresignaler kan oppfattes. Fra et sikkerhetsmessig synspunkt er det kritisk at alle arbeidere i produksjonslokalet har mulighet til å oppfatte faresignaler.

Planlegging

Maskiner med høyt lydnivå bør bygges inn, slik at støykildens lydnivå minimeres. I et produksjonslokale som baserer seg på bearbeiding av trevirke, er det en del maskiner som ikke vil være mobile. Store maskiner vil ha faste plasser, og trenger derfor ikke å flyttes på. Det vil derfor være viktig å se på muligheten til å bygge inn fresemaskiner, kappemaskiner ol. slik at støymengden reduseres. Et annet tiltak som kan være aktuelt for maskinene som ikke skal være mobile er egen fundamentering. Separat fundamentering anbefales for å sikre at vibrasjoner ikke har samme mulighet til å forplante seg videre i bygget.

Ettersom dette er et lokale med støyende arbeidsmiljø, stiller arbeidstilsynet egne krav til å ha hvilerom. Det blir derfor viktig å etablere egne soner som er rolige og kan benyttes til hviling.

Maskiner

En del bedrifter kan merke at støynivået på maskinene øker etterhvert som de blir brukt. For å ikke dimensjonere bygget etter den økte støymengden, kan man hindre denne økningen av støy ved faste rutiner. Den økte støymengden henger ofte sammen med for dårlige rutiner på vedlikehold av maskinene.

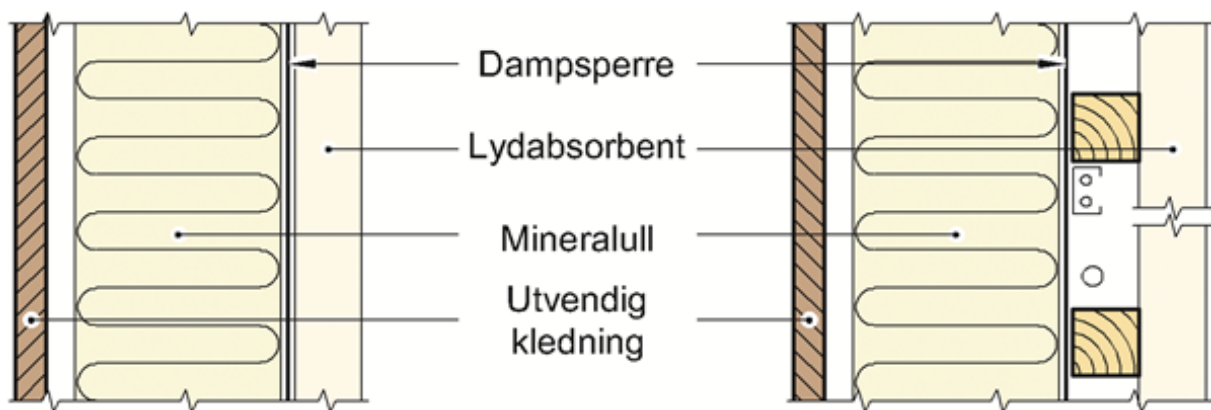
Oppbygging av produksjonslokalet

For å kunne framlegge et best mulig produksjonslokale med hensyn på lyd, vil det være viktig å gjøre riktige valg. Gulv, himling og vegger bør best mulig lydabsorberende. Den lydabsorberende egenskapen til gulv, tak og vegger har stor innvirkning på hvordan lyden blir reflektert i rommet, og har derfor stor betydning på hvordan lydbildet i rommet blir.

Lydabsorbenter

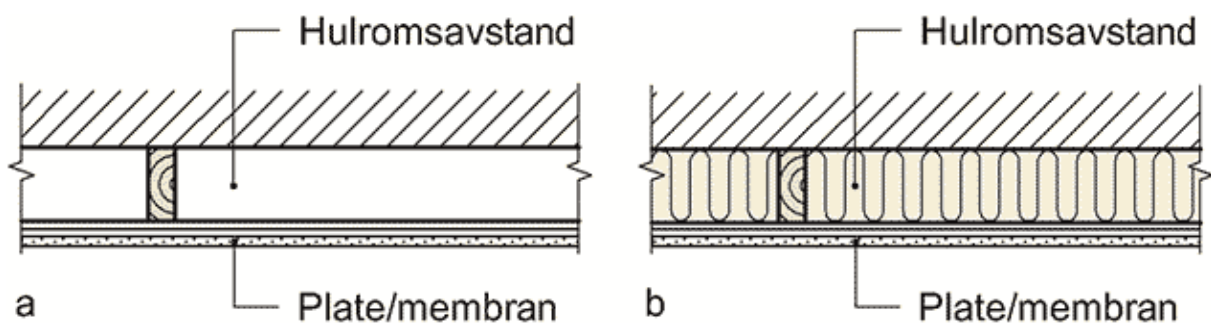
Der store støykilder blir plassert, er det viktig at det monteres lydabsorbenter. Lydabsorbenter nær støykilden er med på å redusere sterke refleksjoner av lyd fra støykilden. Disse lydabsorbentene bør hovedsakelig monteres på veggene ved siden av støykilden, men bør også monteres i himling over maskinen dersom det er mulig. Høyst sannsynlig vil deler av den tekniske installasjonen bli plassert i taket, og man mister deler av den absorberende effekten til taket. Det kan derfor være fordelaktig å montere bafles i deler av himlingen.

Plasseringen på de lydabsorberende elementene er av betydning for å optimalisere dens effekt. Høyst sannsynlig vil det være nødvendig å ha dampsperre i ytterveggene, og dens plassering i forhold til lydabsorbentene er viktig at blir riktig. For å optimalisere lydabsorbentenes effekt er det mest optimalt at de blir plassert foran dampspennen. For å unngå fuktproblematikk, kan det også være fordelaktig å montere lufting bak lydabsorbenten.



Figur 28 Lydabsorbenter

I denne type bygg vil membranabsorberende elementer være en effektiv måte for å redusere støyen i produksjonslokalet. Membranabsorbenten fungerer utmerket i området med lavfrekvente støykilder, men kan justere lydabsorpsjonsegenskapene ved å justere på platens stivhet og vekt. Hulrommet bak plata fylles med en porøs lydabsorbent, som øker spekteret på frekvenser som blir absorbert. Dette fører til at man dekker store deler av frekvensspekteret, slik at de aller fleste støykildene med ulike frekvenser får reduserte refleksjonsflater.



Figur 29 Lydabsorbenter

4.2 Kontor

Innervegger/skillevegger mellom kontorer

Når det kommer til valg av innervegger har man valget om man vil gå for plassbygde vegger eller systemvegger. Uavhengig av hva man velger, er det vanlig å benytte seg av stendere av tynnplateprofiler av stål, etterfulgt av to lag gipsplater. Byggforskserien sine anbefalinger til skillevegger i kontorbygg er satt til slike skillevegger med tynnplateprofiler av stål med en godstykkelse på 0,56mm.

Tabell 32

Lydisolasjonsegenskaper for typiske skillevegger med 12,5 mm gipsplater med flatemasse ca. 10 kg/m² og stendere av 0,56 mm tynnplateprofiler av stål, c/c 600 mm

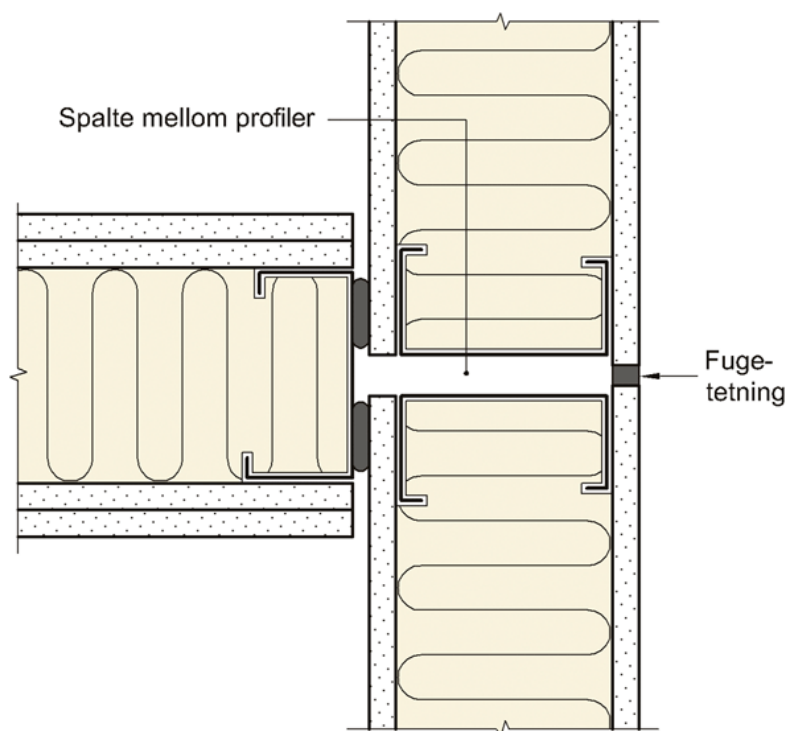
Veggtype ¹⁾	R _w laboratorieverdi dB	C ₅₀₋₅₀₀₀ dB	R' _w forventet feltverdi ²⁾ dB	Reduksjon for trestendere ³⁾ dB
E75 101 M45	41–44	–	35–38	–
E75 101 M70	43–47	–	37–41	–
E75 201 M45	45–48	-3	39–42	ca. -4
E75 202 M45	47–50	–	41–44	–
E75 202 M70	48–53	–	42–47	–
E100 101 M45	44–46	–	38–40	–
E100 101 M70	46–48	–	40–42	–
E100 201 M45	48–50	-4	42–44	ca. -4
E100 202 M45	50–52	–	44–46	–
E100 202 M70	53–55	–	47–49	–
E125 101 M45	48–50	–	42–44	–

Figur 30

Tidligere i prosjektrapporten ligger vedlagt tabell 31 som gjelder for grenseverdier for luftlydisolasjon fra NS 8175. Målestørrelsene gitt for slike rom er gitt ved $R'_w = 37\text{dB}$. For skillevegg av typen E75 101 M45 ser vi at R'_w ligger innenfor den forventede feltverdien for denne typen vegg. I denne vegg betyr 101 i all hovedsak 1+1 lag plater, og M er tykkelsen mineralullen i hulrommet. Kledningen på veggene bør være av materiale med høy flatemasse

og lav bøyestivhet for å gi gode lydisoleringsevne. På skilleveggene vil vi derfor anbefale at det blir brukt 12,5mm gipsplater, etterfulgt av 12mm sponplater og 11mm trefiberplater. For å øke lydisoleringsevnen ytterligere kan det være fordelaktig å benytte seg av to lag gipsplater på hver side av veggen. På denne måten vil man få økt masse, og dermed økt lydisoleringsevne. Overgangen fra ett til to lag gipsplater kan gi opp til 5-6 dB bedre lydisolasjon. Skillevegger mellom eventuelle møterom og kontorer med viktige samtaler vil derfor være mest aktuelle å benytte seg av to lag gips på hver side av veggen.

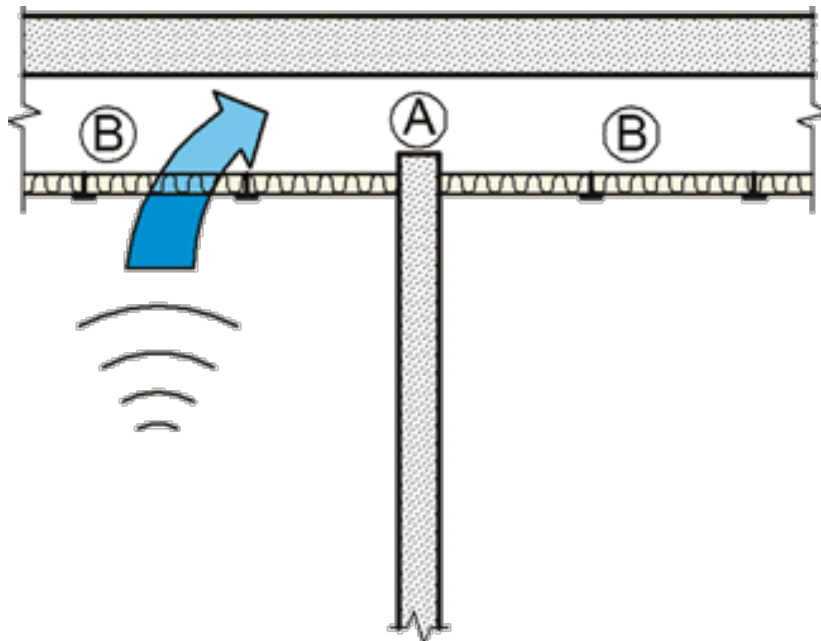
Overgang mellom innervegg til kontor og korridorvegg



Figur 31 Byggforsk 524.331

Figuren ovenfor illustrerer overgangen mellom innerveggen på kontorbyttet og korridorveggen. På illustrasjonen vises at korridorens platekledning ikke er gjennomgående fra det ene kontoret og over til det andre. På denne måten sikrer man at flanketransmisjon ikke blir overført fra det ene kontoret og over til det andre.

Overgang skillevegg-himling kontorbygg



Figur 32 Byggforsk 524.331

Illustrasjonsbildet over viser overgangen mellom kontorenes skillevegg og himling. I likhet med overgangen mellom skillevegg og korridorvegg, har det i denne løsningen også blitt tatt hensyn til at flanketransmisjon ikke skal videreføres. Dette sikres ved at himlingsplatene i de ulike kontorcellene ikke er gjennomgående mellom alle kontorene. Hver himling i kontorcellene blir brutt opp ved at skilleveggene føres gjennom himling, som sikrer god lydisolering. I himlingen er det benyttet pressede mineralullsplater, sammen med systemhimling i T-profiler. Denne metoden innebærer delvis dempet hulrom. Her vil man oppnå en R'_w -verdi mellom 32-38 dB. Dersom man ønsker ytterligere lydisolering, kan man tilføre en pålimt gipsplate over de pressede mineralullsplatene. På denne måten vil man oppnå en R'_w -verdi på 36-42 dB. Dette kan være aktuelt å benytte seg av på viktige møterom/kontorer som er ment for mer konfidensielle møter og samtaler.

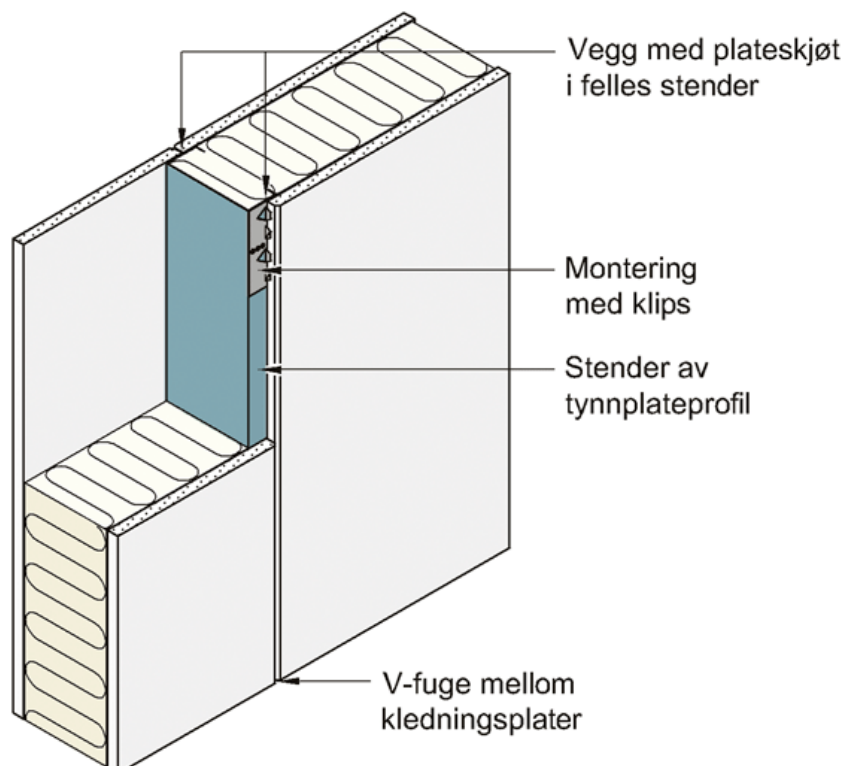
Dører til kontorlandskapet

I Byggforskserien er det angitt anbefalte verdier for dører. I byggforskbladet er de anbefalte verdiene gitt ut ifra de ulike lydklassekravene. For vårt bygg i lydklasse C er den anbefalte verdien satt til $R_w > 33\text{dB}$. Dørene må derfor bli valgt med tanke på denne anbefalingen.

4.3 Undervisningsrom

Innervegger/skillevegger mellom kontorer

I likhet med innerveggene for kontorene, har vi valgt å gå for samme oppbygging av innerveggene for undervisningsrommene. Også disse veggene vil vi anbefale at blir oppført med stendere av tynnplateprofiler i stål med godstykkelse på 0,56mm. På en annen side stilles det andre krav for undervisningsrom når det kommer til luftlydisolasjon, sammenlignet med kontorer. For undervisningsrom er det ifølge NS 8175 satt en luftlydisolasjon til R_w på 48 dB mellom de ulike undervisningsrommene. Denne verdien er gitt i tabell 6 tidligere i prosjektrapporten. For å opprettholde dette kravet, er det nødvendig å benytte seg av en litt annen type innervegg sammenlignet med innerveggene på kontorene. For å sikre god nok luftlydisolasjon er vi nødt til å ta i bruk en vegg av typen E100 202 M70. Denne er gitt i tabell 32 tidligere i prosjektrapporten. Ut ifra beskrivelsen på veggen, ser vi at det er en vegg med felles stendere (merkingen E), 2 platelag på hver side (ut ifra beskrivelsen 202) og en mineralulltykkelse på 70mm (ut ifra beskrivelsen M70). Oppbyggingen av veggen vil likne på figuren vist under, men med en liten endring i form av to kledningsplater på hver side, i stedet for ett lag.



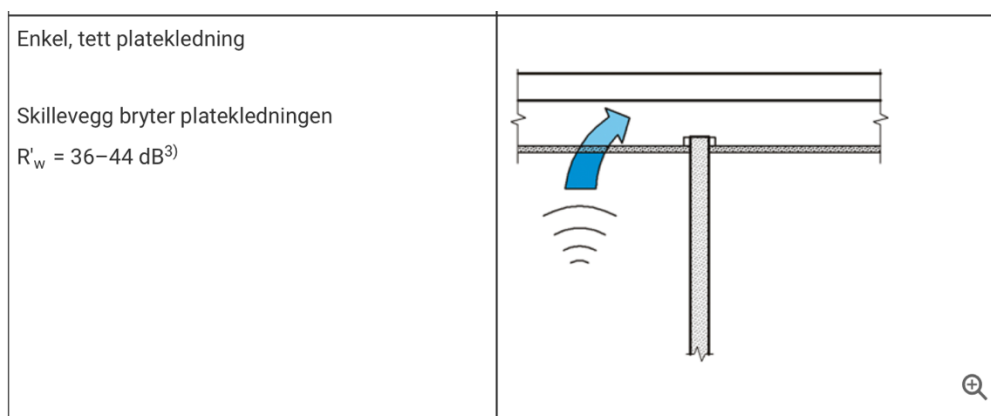
Figur 33 Skillevegg kontorer

Overgang mellom skillevegg og korridorvegg

I likhet med overgang mellom skillevegger i kontorene og korridorveggen, vil overgangen mellom skilleveggen i undervisningslokalene og korridorveggen bli lik. Dette gjøres for å sikre at hindring av flanketransmisjon, og brukes derfor som et tiltak for at støy og vibrasjoner ikke skal ha muligheten til å forplante seg videre i bygget.

Overgang skillevegg-himling undervisningsrom

Overgangen mellom skillevegg og himling i undervisningsrommene vil bli utført slik at det ikke er kontinuerlig himling mellom alle undervisningsrommene. Denne oppbrytningen av himling dannes ved at skilleveggen føres videre forbi himlingsplatene. Dette gjøres i likhet med mange andre valg at det skal hindre flanketransmisjon mellom rommene. Himlingen vil i hovedsak bestå av enkel og tett platekledning, men for å bedre luftlydisolasjonsevnen vil det bli lagt 50mm mineralull med densitet på 50-60kg/m³. Dette vil bidra til å bedre luftlydisolasjonen med 4 dB.



Figur 34 Overgang skillevegg – himling undervisningsrom

Dører til undervisningsrom

For å sikre at utvendig støy ikke høres fra innsiden av undervisningsrommet, samtidig som innvendig støy ikke høres på utsiden av undervisningsrommet, er det viktig å ha en dør med god lydtetning. Ut ifra Byggforsk sin anbefaling, anbefales det at for lydklasse C benytte dør med $R_w > 33 \text{ dB}$. Denne anbefalingen er hentet fra 524.335 tabell 11.a.

4.4 Lager

Når det er snakk om lydisolering av et lager, er bruken av lageret en vesentlig faktor. Bruken av rommet gjenspeiler i stor grad hvor mye støy som vil bli produsert der. Det er for eksempel vesentlig forskjell på støynivået på et lager som benyttes for oppbevaring av materialer til et produksjonslokale, sammenlignet med et lager for oppbevaring av husholdningsgjenstander. I lageret som brukes for oppbevaring av materialer til et produksjonslokale, vil det trolig være mye trafikk inn og ut av lageret. Her er det heller ikke utenkelig at store maskiner kjører inn og ut for å frakte varene av gårde. Ettersom det er et lager med høy trafikk, som fører til økt støymengde. I lageret for husholdningsgjenstander vil det derimot sjeldent være mye trafikk inn og ut av lageret, noe som fører til at det vil være lite støy i forbindelse med dette rommet.

Ettersom lageret befinner seg i 3, 4, 5 og 6. etasje er det derfor ikke utenkelig at disse vil bli benyttet i sammenheng med kontorlandskapene. Dette kan være lager for oppbevaring av arkiver, tekniske installasjoner og andre nødvendige gjenstander. Dette er derfor et rom som ikke er ment for varig opphold. Bruken av rommet vil være sporadisk, noe som medfører at det sjeldent befinner seg personer der. I den forbindelse vil det ikke være behov for noen spesielle sikringstiltak for å minske støynivået i dette rommet.

Innervegger/skillevegger mellom lager

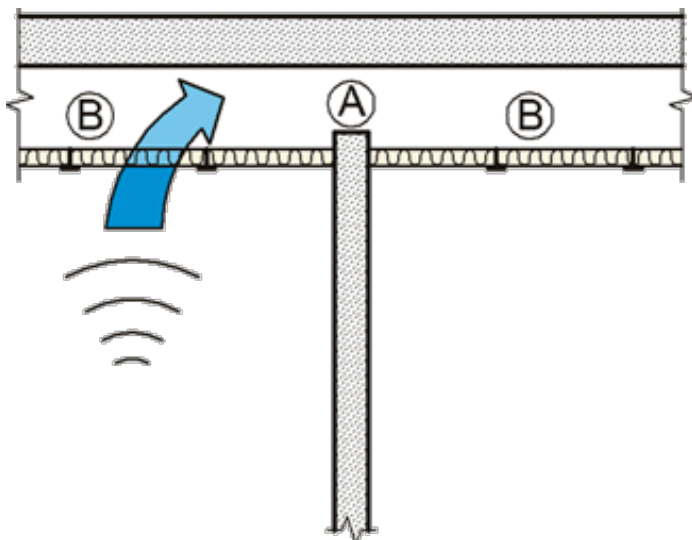
Innerveggene i lageret vil i likhet med byggets andre innervegger være bestående av stendere i tynnplateprofiler av stål. Også disse vil ha en godstykkelse på 0,56mm. På disse veggene er det ikke nødvendig å gjøre ekstra tiltak for å sikre god lydisolering, ettersom det som tidligere nevnt er ment for sporadisk opphold. Ved valg av vegger til disse rommene er det derfor mulighet for å spare penger på en billigere løsning. Av den grunn vil det ikke være lønnsomt å gå for samme type innervegg her som for kontorene. Ved å gå for innerveggen av typen E75 101 M45, opprettholdes nødvendig lydisolering for disse rommene, samtidig som det blir en pengebesparelse for prosjektet.

Overgang mellom skillevegg og korridorvegg

Overgangen mellom skillevegger og korridorvegger på lagerrommene vil også skille seg bort fra de andre løsningene som har blitt sett på. I de tidligere løsningene har det vært et stort fokus på å minimere sjansen for flanketransmisjon. I forbindelse med dette rommet er ikke risikoen for at flanketransmisjon oppstår like kritisk, og er i den forstand ikke noe som vil vektlegges å få redusert. Anbefalingen til overgangen mellom skilleveggen fra lagerrommet til korridorveggen er derfor å benytte seg av en helt normal tilslutning, uten noen form for spesielle tiltak.

Overgang skillevegg-himling undervisningsrom

Tanken om å ikke gjøre for dyre og ekstreme tiltak for lydisolering på lageret, gjenspeiles også når det kommer til valg av overgangen mellom skillevegg og himling. Selv om rommet er ment for sporadisk opphold, gjøres noen enkle tiltak som ikke er spesielt kostnadskrevende. Et av disse tiltakene er å la skilleveggene bryte himlingsplatene, slik at det ikke er kontinuerlige himlingsplater mellom rommene. Dette er et tiltak som ikke er spesielt kostnadskrevende, samtidig som man reduserer litt av muligheten for flanketransmisjon. Her vil det derimot ikke bli lagt til noe ekstra isolasjon, og hulrommet vil derfor ikke bli dempet.



Figur 35 Overgang skillevegg – himling undervisningsrom

5. Artikkel

Slik kan man lydisolere et treteknisk senter.



Studenter ved Norges tekniske naturvitenskap universitet (NTNU) har utarbeidet en teknisk rapport av lyd i et “Treteknisk senter” på Støren.

Støren har i lang tid vært et område bestående av bedrifter med kompetanse innenfor bruk av treverk i bygg. Per dags dato har miljøet fått en betraktelig stor innvirkning på valg av materialer på byggeplasser. I den forbindelse har et firma på Støren valgt å bygge et treteknisk senter, som fokuserer på produksjon av prefabrikkerte moduler av treverk.

Det nye lokalet vil by på store utfordringer med tanke på lydisolering. Det er antatt at produksjonslokalet i første etasjen vil være hovedkilden til støy. Det vil derfor være en

utfordring å lydisolere bygget slik at det er mulig å ha kontor og undervisningsrom i de øverste etasjene i bygget.

Studentene har satt seg inn i plan og bygningsloven og ved hjelp av byggforsk har de kommet frem til løsninger for det “Tre tekniske senteret”. Her er noen av løsningene fra den tekniske rapporten:

- Innbygging av maskiner i produksjonslokalet. Dette vil bidra til at støykildens lydnivå minimeres. I tillegg tar rapporten for seg at maskiner som ikke kan være mobile bør ha et separat fundament for å sikre at vibrasjoner ikke har samme mulighet til å forplante seg videre i bygget.
- Montering av lydabsorbenter. Maskiner bidrar til mye støy, og det vil derfor være viktig å redusere støyen ved å ha lydabsorbenter i himling slik at lyden maskinene lager ikke reflekteres tilbake i bygget.
- Membranabsorberende elementer er også en av de foreslåtte løsningene. Dette er en effektiv måte å redusere støyen i produksjonslokalet. Membranabsorbenten fungerer utmerket i området med lavfrekvente støykilder, men kan justere lydabsorpsjonsegenskapene ved å justere på platens stivhet og vekt. Hulrommet bak plata fylles med en porøs lydabsorbent, som øker spekteret på frekvenser som blir absorbert. Dette fører til at man dekker store deler av frekvensspekteret, slik at de aller fleste støykildene med ulike frekvenser får reduserte refleksjonsflater.

6. Plakat



Treteknisk Senter

På Støren

Treteknisk Senter

Bygget har totalt 8 etajser.
Produksjonslokalet i 1. etasjen vil by på store utfordringer med tanke på lyd. Vår misjon har vært å se på utfordringene et slik bygg vil ha i forhold til lyd og komme med forslag til hvordan dette kan løses.

For å sikre god lydisolasjon er det viktig å ta hensyn til disse punktene:

- luftlydisolasjon
- Trinnlyd
- lydoverføring
- romakustikk

- ✓ Produksjonslokale
- ✓ Undervisningsrom
- ✓ Kontorer
- ✓ Kantine
- ✓ Lager
- ✓ Showrom



Made with PosterMyWall.com

7. Kilder

https://www.byggforsk.no/dokument/512/vibrasjonsisolering_av_maskiner_og_utstyr

https://www.byggforsk.no/dokument/492/bruk_av_lydabsorbenter_i_bygninger_prinsipper_og_datasamling

https://www.byggforsk.no/dokument/424/lydregulering_og_stoeyreduksjon_i_produksjonslokaler_og_forretningslokaler

https://www.byggforsk.no/dokument/2762/lydisolering_i_kontorlokaler#tab32

<https://www.sintef.no/siste-nytt/slik-oppnas-tilfredsstillende-lydisolasjon-i-modul/>

<https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/13/iv/13-6/>

<https://naeringskommunen.no/natur/>

<https://snl.no/lyd>

https://www.byggforsk.no/dokument/192/isolering_mot_utendoers_stoey_beregningsmetode

<http://www.treteknisk.no/resources/filer/publikasjoner/teknisk-handbok/Hefte-5-Lyd.pdf>

<https://www.byggforsk.no/dokument/2595/romakustikk>

https://test.byggforsk.no/dokument/2956/524325_lydisolasjonsegenskaper_til_lette_innervegger

NS 8175

NS 8176

8. Figurligste

Figur 1	5
Figur 2	7
Figur 3 Tankekart	8
Figur 4 Aksonometrisk bilde av bygget	16
Figur 5 Snittegning av bygget	17
Figur 6 Snittegning av bygget	17
Figur 7	21
Figur 8	21
Figur 9 Refleksjon	22
Figur 10 Etterklangstid	23
Figur 11	24
Figur 12 Lydbølger egenfrekvens	25
Figur 13 Egenfrekvens	25
Figur 14 Luftlydisolasjon	27
Figur 15 Feltmålt veid normalisert trinnlydnivå	28
Figur 16 Etterklangstid	28
Figur 17 Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner	28
Figur 18 Romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner	29
Figur 19 Luftlydisolasjon, undervisningsformål	30
Figur 20 Luftlydisolasjon, spesialrom	31
Figur 21 Feltmålt veid normalisert trinnlydsnivå, undervisningsrom	31
Figur 22 Feltmålt veid normalisert trinnlydnivå, spesialrom	32
Figur 23 Romakustikk	32
Figur 24 Innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner	33
Figur 25 Romakustikk og innendørs lydnivå fra tekniske installasjoner	34
Figur 26 Kran	35
Figur 27 Vibrasjonsmatter	36
Figur 28 Lydabsorbenter	39
Figur 29 Lydabsorbenter	39
Figur 30	40
Figur 31 Byggforsk 524.331	41
Figur 32 Byggforsk 524.331	42
Figur 33 Skillevegg kontorer	43
Figur 34 Overgang skillevegg – himling undervisningsrom	44
Figur 35 Overgang skillevegg – himling undervisningsrom	46