

# Forbedring av metoder for å måle og beregne innendørs jernbanestøy

**Trygve Aasen**

Master i elektronikk

Oppgaven levert: Juli 2010

Hovedveileder: Ulf R Kristiansen, IET

Biveileder(e): Sigmund Olafsen, Brekke & Strand akustikk AS



# Oppgavetekst

Innendørs maksimalnivå i soverom på natt er ofte kritisk for dimensjonering av støytiltak mot jernbane. Støy innendørs fra tog består av to deler:

Luftoverført støy gjennom vegg, vinduer og ventiler  
Strukturoverført støy gjennom bakken og huskonstruksjonen

Det er meget viktig å vite hvilken overføringsvei som gir størst bidrag for å kunne gjennomføre riktige tiltak mot jernbanestøy.

Kandidaten skal finne metoder for å skille ut hva som er luftoverført og hva som er strukturoverført lyd. Et spesielt problem er at maksimalnivå fra ulike delkilder kan inntreffe til ulikt tidspunkt i forskjellige frekvensområder. Det må derfor måles en tidsprofil av utendørs og innendørs støy samt vibrasjoner.

To tenkelige metoder for å skille luftoverført og strukturoverført lyd er skissert nedenfor.

1. Ved å måle vibrasjoner på rommets flater kan man beregne avstrålt strukturlyd.
2. Ved å måle lydisolasjon i fasaden med både høyttaler og tog som kilde kan man få et anslag over strukturlydbidraget.

Kandidaten skal vurdere metoder og resultater i forhold til pågående standardiseringsarbeid for måling av jernbanestøy.

Oppgaven utføres i samarbeid med Brekke & Strand akustikk AS og Jernbaneverket.

Oppgaven gitt: 03. februar 2010  
Hovedveileder: Ulf R Kristiansen, IET



# I Forord

---

Arbeidet som presenteres i rapporten er siste del av fordypningen i studiet av signalbehandling og kommunikasjon, spesialisering akustikk. Studiet er utført ved Institutt for Elektronikk og Telekommunikasjon ved Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, NTNU.

Veileder under oppgaven, Sigmund Olafsen, og faglærer Ulf Kristiansen rettes en stor takk for all hjelp med å tilrettelegge oppgaven, samt for gode råd og nyttige innspill underveis. En stor takk sendes også til Brekke&Strand Akustikk for muligheten til å kunne jobbe ved deres, samt ansatte ved bedriften for å alltid være imøtekommende og behjelpelige.

Takk rettes også til Runar Golimo Simonsen, som har hjulpet til med gode innspill og informasjon fra jernbanelivet, og informasjon om togtrafikken ved Lysaker.

## II Sammendrag

---

Støy er et av de miljøproblemene som rammer flest mennesker i Norge. Om lag 1,7 millioner mennesker er utsatt for støy ved boligen sin. En halv million er mye eller sterkt plaget, og rundt 200 000 har problemer med nattesøvnen. Jernbanestøy står for 4 % av støyplagene. For å komme nærmere Norges mål om 10 % reduksjon i støyplager innen 2020, er dimensjonering av støytiltak mot jernbane viktig, og spesielt kritisk er innendørs maksimalnivå i soverom på nattetid.

Støy innendørs består av to deler; luftoverført støy gjennom vegg, vinduer og ventiler, og strukturoverført støy gjennom bakken og huskonstruksjonen.

For å bedre vite hvilke støytiltak som bør gjøres er det viktig å kunne skille hvilke bidrag som kommer fra luftoverført og strukturoverført støy. To tenkelige metoder for å skille nevnte støybidrag er satt opp. Den ene metoden er å måle vibrasjoner på rommets flater og beregne avstrålt strukturlyd, mens den andre metoden måler lydisolasjon i fasaden med både høyttaler og tog som kilde.

Det er i oppgaven utført 3 feltmålinger ved Lysaker, i og utenfor et hus jernbaneverket har stilt til disposisjon. Ved å benytte OROS-36 analysator har det vært mulig å gjøre målinger i sju kanaler samtidig, med 1/3 oktavbånd fra 10Hz-10kHz. På denne måten har det vært mulig å se maksimalnivå fra forskjellige delkilder som en funksjon av både tid og frekvens.

Det er i oppgaven utført store mengder praktisk arbeid som har gitt store mengder rådata, i oppgaven ble det lagt størst vekt på data fra godstog, som gir det høyeste støybidraget på strekningen, samt type 69 NSB Lokaltog, som frekventerer hyppigst på strekningen.

# III Innholdsfortegnelse

---

<b>1 INNLEDNING</b>	<b>1</b>
<b>2 TEORI</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Generell teori</b>	<b>2</b>
2.1.1 Luftoverført lyd	2
2.1.2 Etterklang	2
2.1.3 Vibrasjoner og strukturlyd	2
2.1.4 Kamfiltereffekt	3
2.1.5 A-veing	3
<b>2.2 Jernbanestøy</b>	<b>4</b>
2.2.1 Lydeksponeringsnivå $L_{E,T}$	4
2.2.2 A-veid dag-kveld-natt lydnivå	5
2.2.3 A-veid maksimalt lydtrykknivå, $L_{p,AFmax}$	5
2.2.4 Statistisk maksimalverdi av A-veid lydtrykknivå for tog, $L_{p, AFmax,95}$	5
2.2.5 Beregning av A-veid tidsmidlet lydtrykknivå	5
<b>3 METODE</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Måleinstrumenter og utstyr</b>	<b>7</b>
<b>3.2 Programvare</b>	<b>8</b>
3.2.3 NVGate	8
<b>3.3 Feltnmålinger</b>	<b>9</b>
3.3.1 Plassering av utstyr og måleinstrumenter under feltnmålingene	10
3.3.2 Panelgulv kjeller	11
3.3.3 Murgulv kjeller	12
3.3.4 Utendørs	13

3.3.5 Feltnmåling 1	13
3.3.6 Feltnmåling 2	14
3.3.7 Feltnmåling 3	14
3.3.8 Måling av fasadeisolasjon	15
<b>4 RESULTATER</b>	<b>16</b>
4.1 Generelt	16
4.2 Resultat og beregninger for type 69 NSB Lokaltog	17
4.3 Resultat og beregninger for godstog	20
4.4 Maksnivå fra forskjellige delkilder	22
4.5 Resultater av fasadeisolasjonsmålinger	24
<b>5 KONKLUSJON</b>	<b>25</b>
<b>6 REFERANSER</b>	<b>26</b>
<b>7 VEDLEGG</b>	<b>28</b>



# IV Figurliste

---

FIGUR 2-1. A-VEIINGSFILTER [ <a href="http://www.maxim-ic.com/">http://www.maxim-ic.com/</a> ]	4
FIGUR 3-1. OPPSETT SOFTWARE OG HARDWARE VED FELTMÅLING	7
FIGUR 3-2. MÅLESTED NORDAAKS VEI 11D, LYSAKER [GULESIDER 2010]	9
FIGUR 3-3. KJELLER, NORDAAKS VEI 11D	10
FIGUR 3-4. OPPSETT FOR ROM MED PANELGULV, KJELLER, NORDAAKS VEI 11D	11
FIGUR 3-5. OPPSETT FOR ROM MED MURGULV, KJELLER, NORDAAKS VEI 11D	12
FIGUR 3-6. OPPSETT UTENDØRS, NORDAAKS VEI 11D	13
FIGUR 3-7. ANLEGG SARBEID, MOTSATT SIDE AV JERNBANESPOR	14
FIGUR 4-1. GRAF SOM VISER BAKGRUNNSTØY FOR EN 6 MIN. LANG PERIODE, INKL. TO TOGPASSERINGER OG OPPSTART AV BIL	16
FIGUR 4-2. TYPE 69 NSB LOKALTOG	17
FIGUR 4-3. SØYLEDIAGRAM OVER TIDSMIDLET STØYNIVÅ VED PASSERINGER AV TYPE 69 NSB LOKALTOG	18
FIGUR 4-4. LYDTRYKKNIVÅ FOR ENKELTMÅLINGER AV TYPE 69 NSB LOKALTOG	19
FIGUR 4-5. ENKELTMÅLING AV VIBRASJONER FOR AKSELEROMETER 2 OG 3 FOR TYPE 69 NSB LOKALTOG	19
FIGUR 4-6. EL14 ELEKTRISK LOKOMOTIV, GODSTOG	20
FIGUR 4-7. SAMLET MAKSIMALT LYDTRYKKNIVÅ FOR GODSTOG I SPOR 1 OG SPOR 4	21
FIGUR 4-8. VIBRASJONSMÅLINGER FOR SAMTLIGE 19 GODSTOG I SPOR 4	21
FIGUR 4-9. BILDE NVGATE, AKS2 PANELGULV, AKS3 MURGULV, MIC 3 PANELGULV	22
FIGUR 4-10. MAKSIMALT LYDTRYKKNIVÅ $L_{AF,MAX}$ VED BESTEMTE FREKVENSER OG TIDSPUNKT	23
FIGUR 4-11. MÅLING AV FASADEISOLASJON MED HØYTTALER, 28MAI 2010	24
FIGUR 4-12 LYDTRYKKNIVÅ MÅLT MED TOG OG HØYTTALER, 40-800HZ	24

# 1 Innledning

---

I vår hverdag blir støyforurensing stadig mer vektlagt som en årsak til redusert livskvalitet hos mennesker som utsettes for uønsket lyd. Målt etter støyplageindeksen (SPI) stod, i følge Statistisk sentralbyrå, jernbanestøy for 4 % av støyplagene i 2007. I forbindelse med videre forbedringer av jernbanenettverket i Norge er det viktig at målinger og beregninger av støy fra jernbaner stemmer med de forskrifter som er satt for maksimalt støynivå – noe som er kritisk for dimensjonering av støytiltak mot jernbane.

Det er meget viktig å vite hvilken overføringsvei som gir størst bidrag for å kunne gjennomføre riktige tiltak mot jernbanestøy, og denne oppgaven ser på to metoder for å skille ut hva som er luftoverført og hva som er strukturoverført lyd.

Oppgaven er en del pågående standardiseringsarbeid for norsk standard for måling av lydtrykksnivå fra togtrafikk (prNS 8177).

# 2 Teori

---

Teorien i denne oppgaven er knyttet opp mot teorien i det pågående standardiseringsarbeidet med norsk standard for måling av lydtryknivå fra togtrafikk, hvor man fastlegger metoder for å bestemme A-veid dag-kveld-natt lydnivå, statistisk maksimalverdi av lydtryknivå, tidsmidlet (ekvivalent) lydtryknivå og maksimalt lydtryknivå. Annen generell teori er knyttet til luftoverført lyd, vibrasjoner og strukturlyd.

## 2.1 Generell teori

### 2.1.1 Luftoverført lyd

Luftlyd gir trykkbølger i luften. Overføring av luftlydenergi fra et senderom til et mottakerom kan skje på tre prinsipielt forskjellige måter:

- 1) Lydbølgene i senderrommet vil sette skillekonstruksjonene i svingninger, som i sin tur gir lydavstråling på mottakersiden. Er romskillet en massiv konstruksjon, vil den luftlydisolerende evnen primært være avhengig av masse per flateenhet.
- 2) Lydbølgene setter de flankerende bygningskonstruksjonene i svingninger som forplanter seg utover og kan gi lydoverføring forbi romskillet
- 3) Lydlekkasjer gjennom utettheter i skillekonstruksjonen f.eks. utette fuger, sprekker, nøkkelhull osv. [snl.no, 2010]

### 2.1.2 Etterklang

Lydkilden i senderrommet stråler ut lydenergi i alle retninger. Lyd som reflekteres fra rommets overflater, vil gi et tillegg til direktelyden både for lydgjennomgang gjennom skillekonstruksjonen og gjennom flanker og utettheter. Lydabsorpsjonsforholdene i et rom karakteriseres gjerne ved rommets etterklangstid,  $T$  (sekund). En reduksjon av  $T$  i senderrommet ved å gjøre vegg-, tak- og gulvflater mer absorberende vil gi en senkning av lydnivået både i sender- og mottagerrommet. [snl.no, 2010]

### 2.1.3 Vibrasjoner og strukturlyd

En gjenstand som vibrerer, kan gi både følbare vibrasjoner og hørbar lyd. Vibrasjoner som gir lydavstråling, kalles strukturlyd. Når noen borer i veggen i et betonghus, forplantes strukturlyd gjennom bygningen, og det avstråles lyd fra vegger, tak og gulv. Vibrasjoner kan angis med forskyvning, hastighet eller akselerasjon.

Vibrasjon opptrer ofte samtidig med hørbar lyd (luftlyd eller strukturlyd). Spesielt ved lave vibrasjonsverdier er det stor usikkerhet i hvor mye av de opplevde ulempene som skyldes vibrasjon og hvor mye som skyldes støy.

For støy fra eksisterende bane gjelder forurensningsforskriftens kapittel 5 om støy, hvor det er en tiltaksgrense for innendørs støy på 42 dB (gjennomsnitt over døgnet). Det er ikke satt krav til utendørs støy. Når tiltaksgrensen overskrides, må anleggseier gjennomføre tiltak for de aktuelle boligene/institusjonene.[KLIF.no, 2000]

Vibrasjonsgrenser som gitt i NS8176:

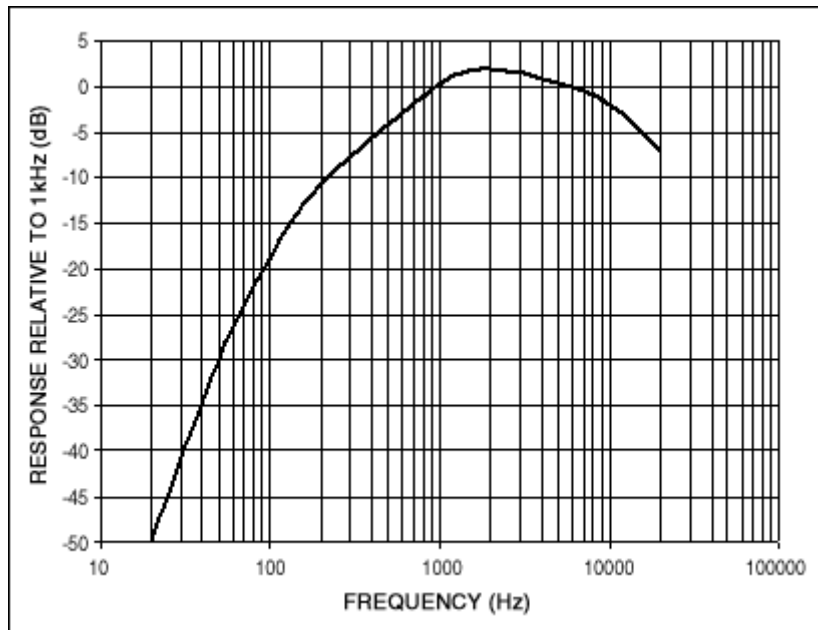
Type vibrasjons-verdi	Klasse A ikke merkbart	Klasse B En viss grad	Klasse C (forskrift) 15% plaget	Klasse D (rehab) 25% plaget
$v_{\text{---}}$ (mm/s)	0,1	0,15	0,3	0,6
$a_{\text{---}}$ (mm/s <sup>2</sup> ).	3,6	5,4	10,7	21,4

#### 2.1.4 Kamfiltereffekt

Når direktelyd og reflektert lyd interferer med hverandre får vi en kamfiltereffekt. Denne effekten bidrar til at vi opplever såkalte 'hotspots' hvor konstruktiv interferens forsterker lydnivået ved bestemte frekvenser, og destruktiv interferens skaper gir lavere lydnivå. Denne effekten er en vanlig utfordring for akustikere og musikere.

#### 2.1.5 A-veiing

På 1930 tallet gjorde H. Fletcher og W. A. Munson undersøkelser av hørselen [Wikipedia, 2010]. Testpersoner skulle sammenligne en 1 kHz rentone med en testlyd av en annen frekvens og vurdere når testlyden hadde samme lydtrykksnivå som rentonen på 1 kHz [Wikipedia, 2010]. Fra testene fant de ut at hørselen er mest følsom for frekvenser rundt 4 kHz. Arbeidet deres er representert ved Fletcher-Munson kurvene, og viser hørselens følsomhet for 20 Hz - 16 kHz [Krokstad, 1999, Wikipedia, 2010]. D. W. Robinson og R. S. Dadson videreførte i 1956 arbeidet, og kurvene som er et resultat av deres arbeid kalles likelydskurver [Wikipedia, 2010]. Uten å dvele for mye ved likelydskurvene kan det videre nevnes at det med utgangspunkt i likelydskurvene er utviklet 3 filter, A-, B- og C-veiingsfilter, for å etterligne hørselen ved forskjellige lydtrykksnivå. Filteret som er brukt i oppgaven er A-veiingsfilter siden forskrifter og anbefalte grenseverdier innenfor temaene oppgaven berører er knyttet til A-veide verdier. Frekvensspekter filtrert gjennom et A-veiingsfilter, Figur, kalles A-veide og har benevnelse dBA. A-veiingsfilter benyttes ved lave lydnivå, B-veiingsfilter ved middels lydnivå og C-veiingsfilter ved høyt lydnivå [Krokstad, 1999].



Figur 2-1. A-veingsfilter <http://www.maxim-ic.com/>

### 2.2.1 Lydeksponeringsnivå $L_{E,T}$

Ti ganger logaritmen med grunntallet 10 av forholdet mellom lydeksponeringen  $E_T$  og referanselydeksponeringen  $E_0$  angitt i desibel, og definert ved likningen

$$L_{E,T} = 10 \lg \frac{E_T}{E_0} \text{ dB}$$

der  $E_T$  er lydeksponeringen i et gitt tidsintervall  $T$  ( $=t_2-t_1$ ), og

$E_0$  er referanseverdien for lydeksponering, som er lik  $(20\mu\text{Pa})^2 \cdot \text{s}$

NVGate gir  $L_{E,T}$  og  $L_{E,A,T}$  for gitte tidsintervall.

### 2.2.2 A-veid dag-kveld-natt lydnivå

A-veid tidsmidlet lydtryknivå for et helt døgn, korrigert for dag- (kl.07 til kl.19), kveld (kl.19 til kl.23) og nattperioder (kl.23 til kl.07) med henholdsvis 0 dB, 5 dB og 10 dB og beregnet etter ligningen  $L_{den} = 10 \lg \frac{1}{T} \left( 12 \times 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) dBA$ , der

$L_d$  er det A-veide tidsmidlede lydtryknivået i dagsperioden, i desibel;

$L_e$  er det A-veide tidsmidlede lydtryknivået i kveldsperioden, i desibel;

$L_n$  er det A-veide tidsmidlede lydtryknivået i nattperioden, i desibel;

$T$  er et døgn, i timer, og er lik 24 h.

### 2.2.3 A-veid maksimalt lydtryknivå, $L_{p,AFmax}$

Høyeste A-veide lydtryknivå i desibel i løpet av et gitt tidsintervall, bestemt med tidsveiing *Fast*, som gitt i NEK EN 61672-1, og ved referanselydtrykket  $20\mu Pa$ .

### 2.2.4 Statistisk maksimalverdi av A-veid lydtryknivå for tog, $L_{p,AFmax,95}$

Tidsveid (Fast) og A-veid lydtryknivå som med 95 % sannsynlighet ikke overskrides ved en tilfeldig valgt passering av tog.

### 2.2.5 Beregning av A-veid tidsmidlet lydtryknivå

For å bestemme A-veid tidsmidlet lydtryknivå,  $L_{p,A,T}$  for et gitt sted skal det utføres målinger av A-veide lydeksponeringsnivåer,  $L_{E,A,m}$  av togpasseringer for hver togtype som er representativ for den aktuelle situasjonen.

Alle verdier av lydeksponeringsnivå fra enkeltmålinger,  $L_{E,A,m}$  for en togtype skal normaliseres i forhold til  $I_{ref}=100m$ , som er referanselengden for normalisert lydeksponeringsnivå for alle togtyper. For hver togtype beregnes da en normalisert verdi av A-veid lydeksponeringsnivå,  $L_{E,A,norm,j}$  som gitt i likning

$$L_{E,A,norm,j} = \overline{L_{E,A,norm,j}} + \frac{\ln(10)}{20} s_j^2$$

der  $\overline{L_{E,A,norm,j}}$  er den aritmetiske middelveiden av de normaliserte A-veide lydeksponeringsnivåene;

$s_j$  er det empiriske standardavviket beregnet fra likning

$$s_j = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^{M_j} (L_{E,A,norm,j} - \overline{L_{E,A,norm,j}})^2}{M_j - 1}}$$

der  $M_j$  er det totale antallet målinger per togtype. Det A-veide lydeksponeringsnivået for togtypen  $L_{E,A,norm,j}$  kan dermed beregnes fra ligning

$$L_{E,A,j} = L_{E,A,norm,j} + 10 \lg \left( \frac{I_{tot,j}}{I_{ref}} \right).$$

$I_{ref}$  er den totale lengden for togtypen som passerer i referansetiden  $T_{ref}$  i timer. Totalt A-veid tidsmidlet lydtrykknivå for togtypen,  $L_{pAT,j}$ , som passerer i referansetiden  $T_{ref}$  bestemmes fra likning  $L_{pAT,j} = -10 \lg(3600 \times T_{ref}) + L_{E,A,j}$ .

Det totale A-veide lydeksponeringsnivået for alle tog som passerer i referansetiden  $T_{ref}$  kan da beregnes fra likning

$$L_{E,A} = 10 \lg \left( \sum_{j=1}^J 10^{0,1 L_{E,A,type}} \right) = -10 \lg(3600 \times T_{ref}) + L_{E,A}, \text{ der}$$

$L_{E,A,j}$  er det A-veide lydeksponeringsnivået til togtypen;

$L_{E,A}$  er det totale A-veide lydeksponeringsnivået for alle togtypene som passerer i referansetiden  $T_{ref}$  i timer.

## 3 Metode

---

I dette kapittelet blir arbeid som ligger bak rapporten gjennomgått, samt at måleinstrumenter og programvare benyttet under arbeidet blir presentert.

### 3.1 Måleinstrumenter og utstyr



Figur 3-1. Oppsett software og hardware ved feltmåling

Under arbeidet med oppgaven ble det gjort feltmålinger av strukturoverført og luftoverført jernbanestøy i sju kanaler samtidig i Nordaaks vei 11D ved Lysaker. Måleinstrumentet som ble benyttet er en OROS 36 analysator, som registrerte lydnivå per tidsenhet i 1/3 oktavbånd fra 10Hz til 8kHz, samt A-veid tidsmidlet lydtryknivå over tidsintervall  $t=1s$  og for hele målingsperioden, bestemt med tidsveiting Fast. Mikrofonene benyttet ved målingene var to Norsonic mikrofoner type 1206, og to BSWA Tech mikrofoner type MPA201. Tre Brüel & Kjær akselerometer ble benyttet, alle av type 4382. En tokenals Norsonic forsterker og lemokabler ble benyttet ved de to Norsonic-mikrofonene, mens de resterende mikrofoner og akselerometer benyttet coaxkabler. For måling av fasadeisolasjon ble Norsonic Nor275 Hemi-dodecahedron høyttaler og Norsonic Nor280 forsterker benyttet. Av annet utstyr ble to mikrofonstativ, sju kabelsneller, to vindskjermer for mikrofoner, stoppeklokke, vindmåler, lasermåler, en laptop, og kalibrator for akselerometer og mikrofon benyttet under oppgaven.



## **3.2 Programvare**

Under arbeidet med oppgaven ble Microsoft Word 2007, Microsoft Excel 2007 og NVGate 6.0 benyttet. Excel ble brukt til å utføre beregninger og utregninger av måldata hentet fra NVGate.

### **3.2.1 NVGate**

NVGate 6.0 er programvaren som er brukt under oppgaven. Den lagrer og viser målingene gjort av OROS 36-analysatoren.

Generelle konfigurasjoner for programvare under oppgaven:

- Input sampling: 51.2kS/s
- 1/n octave averaging: Fast
- Overall acoustic: Type: Short Leq 1s – definerer hvor ofte data skal registreres, her t=1s, hvert sekund.
- CPB filters: Lower central freq.:10Hz, Upper central freq.: 10kHz – definerer frekvensområde og oppløsning.

### 3.3 Feltmålinger

Samtlige målinger ble gjort i Nordaaks vei 11D ved Lysaker, i periodene 23.-25.februar, 6.-7.mai og 26.-28.mai 2010. Til sammen ble det gjort 533 manuelt registrerte målinger, inkludert målinger av fasadeisolasjon. 39 akseptable målinger ble gjort av godstog. Under arbeidet har ikke toglangde på samtlige godstog vært tilgjengelige, slik at toghastighet på disse togene er basert på et anslag av de andre togenes hastighet og notater gjort i forbindelse med målingene.



Figur 3-2. Målested Nordaaks vei 11D, Lysaker

### 3.3.1 Plassering av utstyr og måleinstrumenter under feltmålingene

Plassering av måleinstrumenter ble gjort i henhold til prNS8177. Mikrofonene ble plassert minst 0.5m fra vegger, himling og gulv, og minst 1m fra betydelige lydoverføringsveier som vinduer eller luftinntaksåpninger.



Figur 3-3. Kjeller, Nordaaks vei 11D



### 3.3.2 Panelgulv kjeller

To akselerometer og en mikrofon ble plassert i et kjellerrom med panelgulv og to kjellervinduer med utsikt retning jernbanelinjene. Mål av rom med laser ga høyde 2.50m, lengde 3.38m og bredde 3.93m. Akselerometer 1 ble plassert til venstre i rommet, ved målt avstand 1.25m fra venstre vegg og 1.1m fra vegg m/vindu; Akselerometer 2 ble plassert til høyre i rommet, ved målt avstand 0.89m fra høyre vegg, 0.96m fra vegg m/vindu. Mikrofonen, BSWA type MPA201, ble plassert til høyre i rommet, ved målt avstand 1.11m fra høyre vegg, 1.10m fra vegg m/dør og høyde 1.52m over gulvet.



Figur 3-4. Oppsett for rom med panelgulv, kjeller, Nordaaks vei 11D

### 3.3.3 Murgulv kjeller

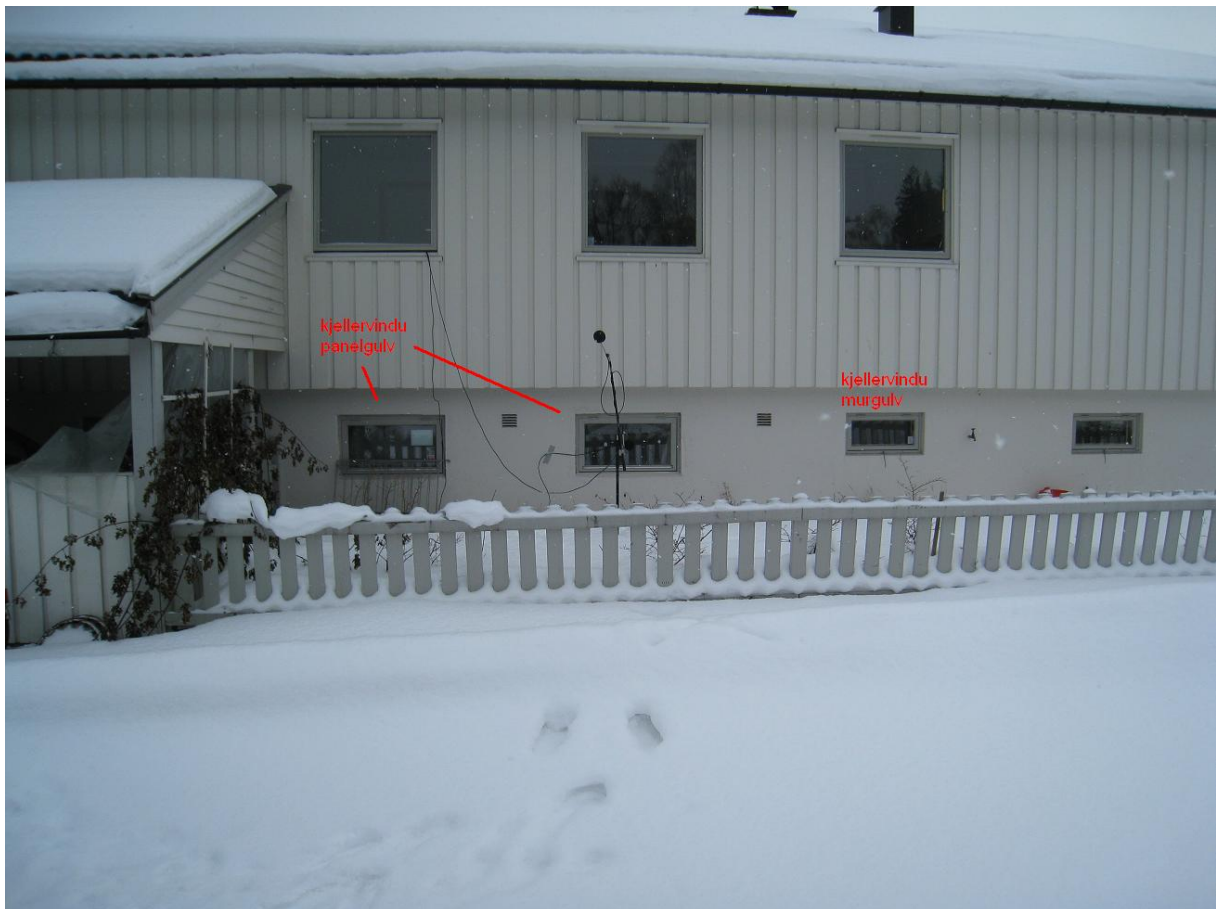
Ett akselerometer og en mikrofon ble plassert i et kjellerrom med murgulv og ett kjellervindu med utsikt retning jernbanelinjene. Dette rommet hadde en helning i gulvet mot en sluk i midten, så høydemåling ble gjort fra det punktet hvor akselerometeret ble satt. Mål av rom med laser ga høyde 2.54m (2.58m ved sluken, som laveste punkt i rommet), lengde 3.40m og bredde 2.72m. Akselerometeret ble plassert ved målt avstand 1.00m fra høyre vegg og 1.66m fra vegg m/dør; Mikrofonen, Norsonic type 1206, ble plassert ved målt avstand 0.78m fra høyre vegg, 1.90m fra vegg m/dør og høyde 1.63m over gulvet.



Figur 3-5. Oppsett for rom med murgulv, kjeller, Nordaaks vei 11D

### 3.3.4 Utendørs

To mikrofoner ble plassert utenfor huset, i fritt felt og på bygningsflaten nærmest jernbanelinjene, begge med vindskjerm. Den ene mikrofonen, BSWA type MPA201, ble festet direkte på vindu til kjellerrom med panelgulv. Den andre mikrofonen, Norsonic type 1206, ble plassert på et mikrofonstativ 2.00m fra veggen og 1.50m fra bakken. Da de første målingene ble gjort i februar ble høyden målt til 1.50m over et lag med snø som anslås å være mellom 10-15cm over normalt bakkenivå. Ved målingene i mai ble mikrofon plassert 1.50m over bakkenivå. Lasermåling ga en avstand til eiendommens gjerde på 3.61m fra aktuell vegg, mens avstanden fra støyskjerm ved jernbane til samme vegg ble målt til 17.86m.



Figur 3-6. Oppsett utendørs, Nordaaks vei 11D

### 3.3.5 Feltemåling 1

Første feltemåling ble utført i perioden 23.februar til 25.februar. Under disse målingene var det større perioder med ugunstig støy fra anleggsarbeid som foregikk både i spor og ved utgravinger på andre siden av jernbanespor. I periodene anleggsarbeid pågikk på andre siden av jernbanespor varierte bakgrunnstøyen fra 40-45dB registrert med utendørsmikrofon i fritt felt. Ved arbeid, mer spesifikt boring, i sporet ga dette et økt støybidrag opp mot 60dB. Bakgrunnsstøy når anleggsarbeid opphørte lå rundt 35-40dB. Temperatur disse tre dagene lå mellom -6 og -10 grader Celsius, mens værforholdene varierte fra vindstille til svak vind. Lett snøfall 23.februar antas å ikke ha hatt nevneverdig påvirkning på mikrofoner utendørs.

Det ble gjort 159 målinger i denne perioden, hvor 4 målinger var av godstog.



### 3.3.6 Feltmåling 2

Andre feltmåling ble utført 6.mai og 7.mai. Under disse målingene lå gjennomsnittlig bakgrunnstøy, som målt ved utendørsmikrofon i fritt felt, mellom 40-50dB. Temperatur disse to dagene lå mellom 8 og 10 grader Celsius, mens værforholdene varierte fra flau vind 6.mai til lett bris 7.mai og opphold begge dager.

Det ble gjort 133 målinger i denne perioden, hvor 14 målinger var av godstog.

### 3.3.7 Feltmåling 3

Tredje og siste feltmåling ble utført i perioden 26.mai til 28.mai. Under de to siste dagene av disse målingene ser man bort fra data registrert av akselerometer 1 på panelgulv kjeller, da dette ikke fungerte korrekt. Temperaturen denne perioden lå mellom 10 og 13 grader Celsius, mens værforholdene varierte fra vindstille til svak vind, og opphold hele perioden.

Det ble gjort 241 målinger i denne perioden, hvor 21 målinger var av godstog.



Figur 3-7. Anleggsarbeid, motsatt side av jernbanespor

### 3.3.8 Måling av fasadeisolasjon

Måling av fasadeisolasjon ble gjort ved å flytte mikrofon på panelgulv i fem forskjellige punkter for to forskjellige plasseringer av halvkule, slik at det til sammen ble gjort ti målinger. Det ble gjort en sveipmåling både utendørs og innendørs. Disse målingene ble gjort 28.mai.

De faste punktene som ble brukt for mikrofon panelgulv og mikrofon fritt felt var:

- Måling 1 i faste punkter: kjellerpunkt som brukt til målinger, samme ute standard.
- Måling 2 i faste punkter: kjellerpunkt 1,67 fra yttervegg, 2,23 fra venstre vegg, 1,55 fra gulv
- Måling 3 i faste punkter: kjellerpunkt 2,06 fra yttervegg, 1,86 fra venstre vegg, 1,55 fra gulv
- Måling 4 i faste punkter: kjellerpunkt 1,84 fra yttervegg, 1,50 fra venstre vegg, 1,55 fra gulv
- Måling 5 i faste punkter: kjellerpunkt 1,16 fra yttervegg, 2,68 fra venstre vegg, 1,55 fra gulv
- Halvkule plassert 2,5m fra vindu, 0,7m til venstre for vindu; deretter 1,9m fra vindu, 0,7m til høyre for vindu. (vindu er her høyre kjellervindu, panelgulv, sett utenfra)



# 4 Resultater

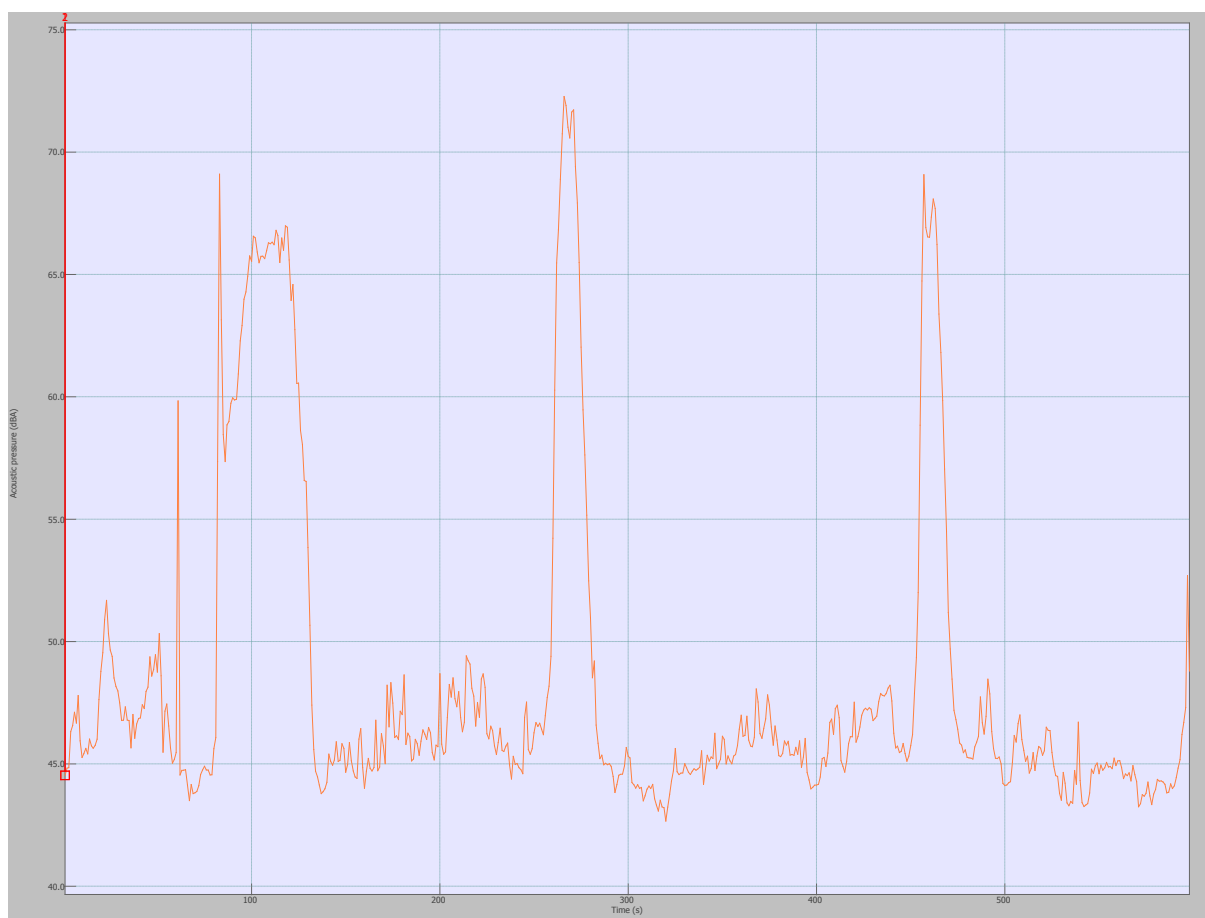
---

I dette kapitlet blir resultatene av målinger og beregninger fra forrige kapittel presentert og diskutert. Resultatene som diskuteres er registrert rådata, hvor hovedmålet er å se på hvilket bidrag strukturlyd har i forhold til luftoverført lyd ved togpasseringer.

## 4.1 Generelt

Målingene som er gjort har fem klare skilnader, tidspunkt på året, tidspunkt på døgnet, temperatur, togtype og hvilket spor togene passerte på. I februar var bakken dekket med snø, mens det i mai var tørr bakke og antatt fritt for tele i jorda. Temperaturforskjellen mellom målingene i februar og i mai var på 14-23 grader Celsius.

Av tog som passerer regelmessig på strekningen er det gjort målinger av type 69 NSB Lokaltog, type 70 NSB Regiontog, type 71 Flytoget, type 72 NSB Lokaltog, type 73 NSB regiontog, samt godstog.



Figur 4-1. Graf som viser bakgrunnstøy over en 6 minutter lang periode, inkludert to togpasseringer, og oppstart av bil i nabolaget.

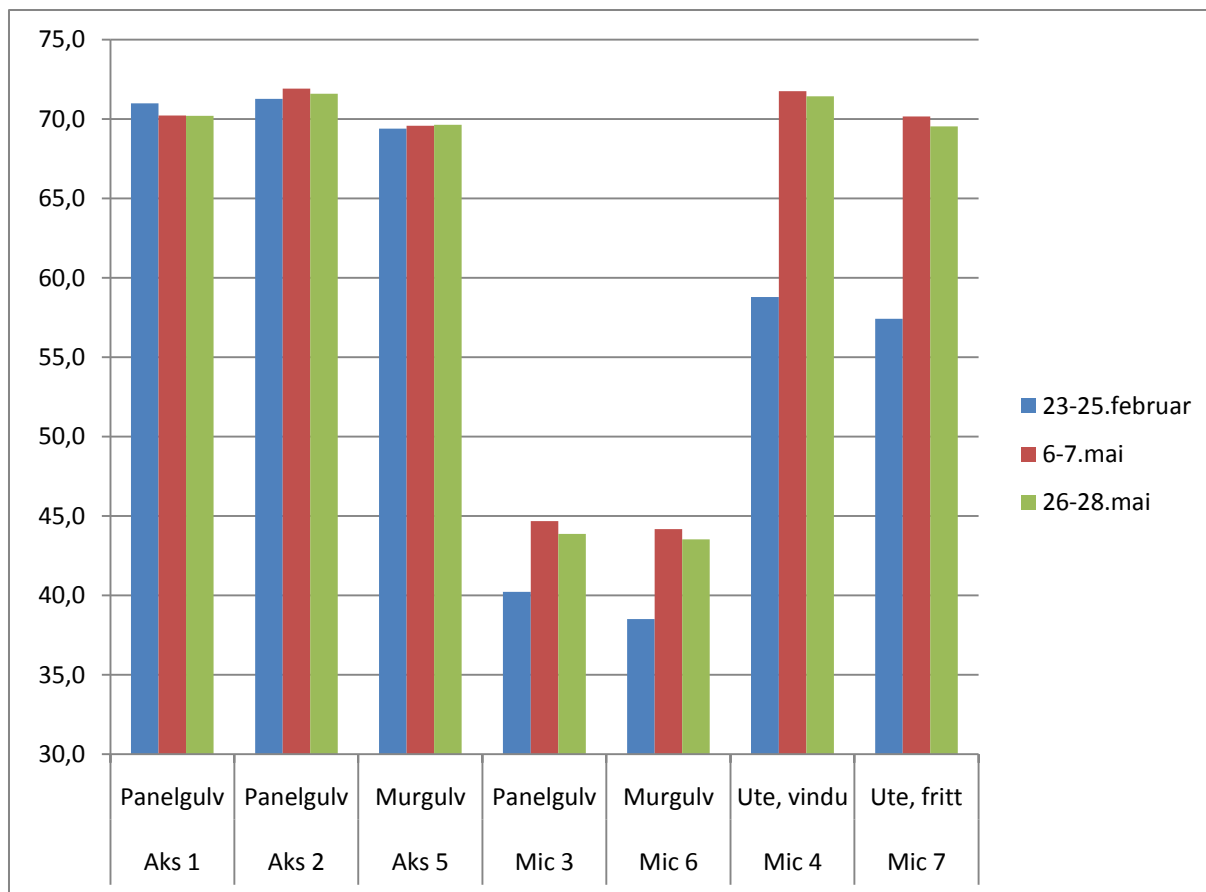
## 4.2 Resultat og beregninger for type 69 NSB Lokaltog



Figur 4-2. Type 69 NSB Lokaltog

NSB type 69 er det vanligste togsettet som blir brukt på lokalstrekningene Kongsberg-Eidsvoll Spikkestad-Moss, Drammen-Dal, Asker-Lillestrøm, Oslo S-Gjøvik, Skøyen-Ski, Skøyen-Mysen og Skøyen-Årnes i dag [Wikipedia, 2009]. Det ble registrert passeringer i begge spor, med både to og tre vogner, men i oppgaven blir fokus lagt på togene med tre vogner da de gir høyeste støybidrag. Disse har i følge tabell D1, prNS8177 en toglangde på 77m. For spor lengst unna bygning ble det ikke registrert strukturoverført lyd for denne togtypen.

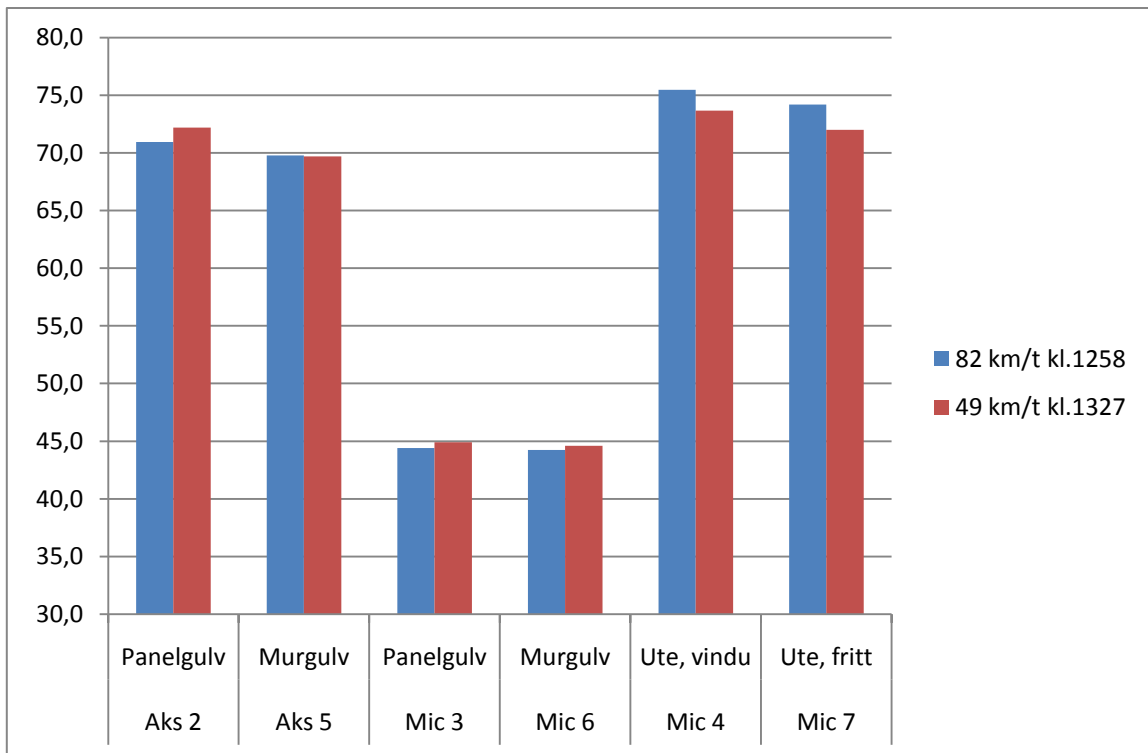
I februar holdt disse togene en snitthastighet på 42,9km/t ved passering inn mot Lysaker stasjon, i starten av mai 63,1km/t og i slutten av mai 67,6km/t, basert på 36 togpasseringer i periodene.



Figur 4-3. Søylediagram over tidsmidlet støynivå ved passeringer av type 69 NSB Lokaltog (dBA)

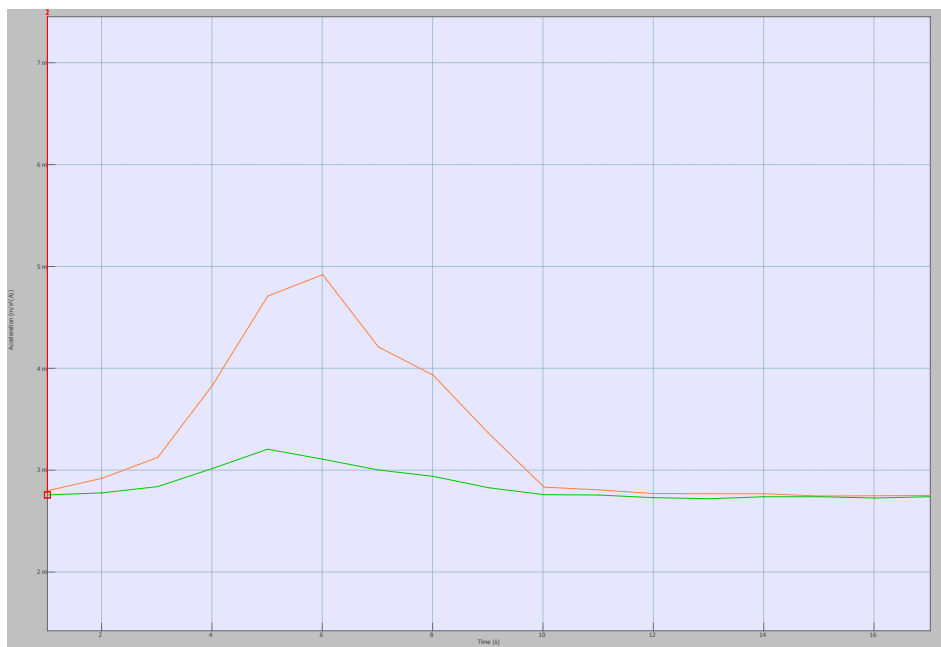
Ut fra grafen ser man at snøen bidrar til et redusert luftoverført lydnivå på rundt 10dB utendørs, og 4-5dB innendørs. For strukturoverført støy er det ingen større forskjeller. Ved å se på data fra enkeltmålinger i februar og mai hvor togene holder tilnærmet samme hastighet på tilnærmet samme tidspunkt, kan man se at disse gir tilsvarende lydnivå.

Om man ser på høyeste og laveste målte hastighet under feltmålingen 28.mai, kan man se at høyere hastighet bidrar til rundt 2dB høyere luftoverført utendørs lydtryknivå, mens det gir et 1,3dB lavere strukturoverført lydtryknivå på panelgulvet.



Figur 4-4. Lydtrykknivå for enkeltmålinger av type 69 NSB Lokaltog (dB(A))

Ser man på en enkeltmåling av vibrasjonene registrert av akselerometer 2 og 5, gir de maksverdier for  $a_{w,95}$  på  $4,9\text{mm/s}^2$  og  $3,2\text{mm/s}^2$ , som er klassifisert som "ikke merkbart" i NS8176.



Figur 4-5. Enkeltmåling av vibrasjoner for akselerometer 2 (panelgulv, rød) og akselerometer 5 (murgulv, grønn), for type 69 NSB Lokaltog.

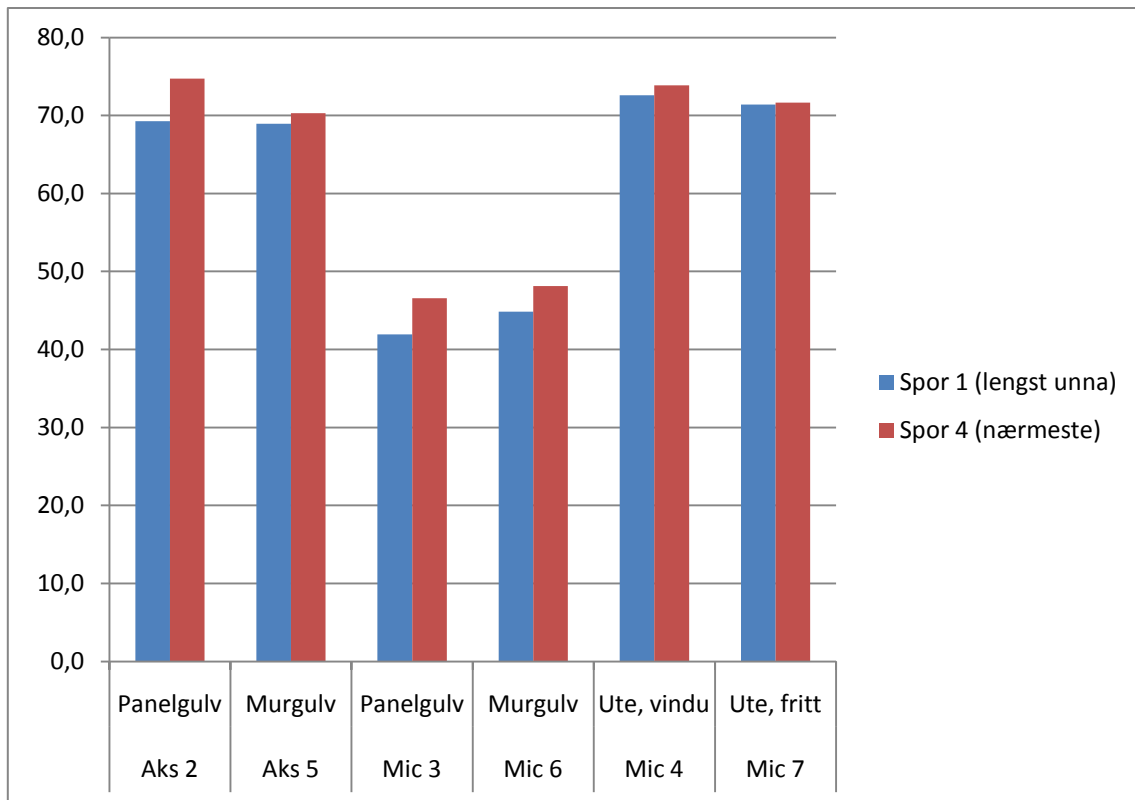
For målinger av type 71, 72 og 73 er maksverdier tilsvarende, og varierer mellom  $3,5\text{mm/s}^2$  til  $5,5\text{mm/s}^2$  for akselerometer 2 på panelgulv. Type 71 flytoget har de kraftigste maksverdiene både i tid og lengde av disse.

### 4.3 Resultat og beregninger for godstog



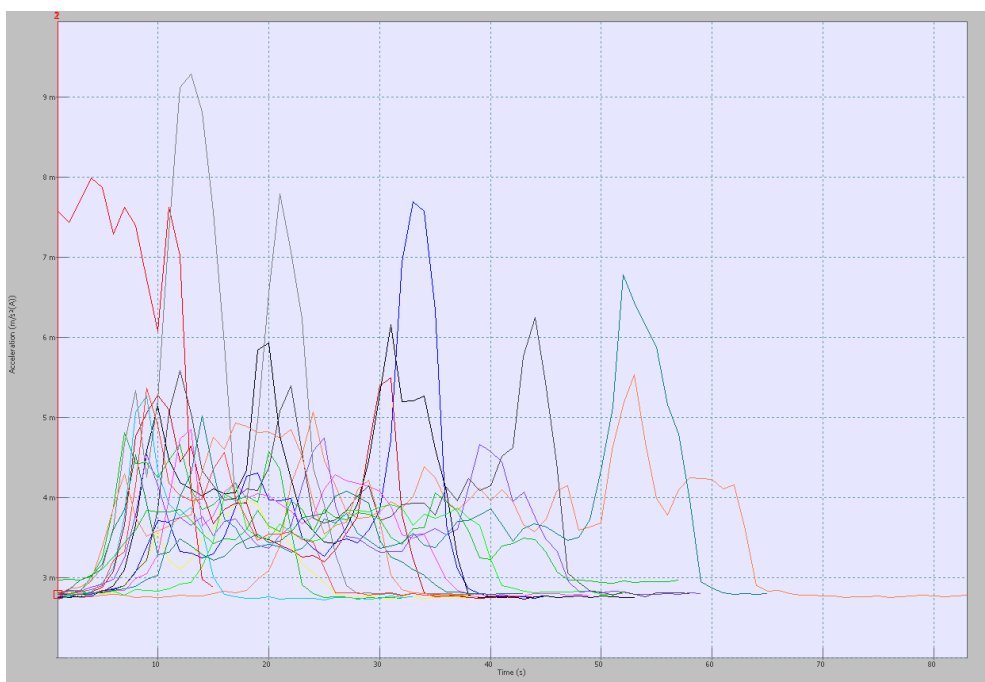
Figur 4-6. EL14 Elektrisk Lokomotiv, godstog

Godstog gir både høyest A-veid tidsmidlet lydtryknivå og høyeste A-veid maksimalt lydtryknivå, og er derfor ofte den viktigste støykilden å få kartlagt i forbindelse med målinger. Godstog varierer i lengde og hastighet, vogntyper og lokomotiv, og forholder seg ikke til rutetider på samme måte som passasjertog, noe som gir større utfordringer når målinger skal foretas. Under arbeidet med oppgaven ble det gjort 39 akseptable målinger av godstog, med variert lengde, hastighet og sporvalg. Godstogene som ble målt tilhører tre forskjellige transportsselskap; Green Cargo AB, CargoNet AS og CargoLink AS og opererer med forskjellige lokomotiver, både diesellokomotiver og elektriske lokomotiver. 19 godstog passerte på sporet nærmest bygning, mens 20 passerte på sporet lengst unna. En stor andel av godstogene som ble målt passerte mens akselerometer 1 ikke fungerte, og er derfor ikke inkludert i grafene.



Figur 4-7. Samlet maksimalt lydtryknivå for godstog i spor 1 og spor 4 (dB(A))

For godstog som passerte i spor 1 er det klart at det luftoverførte lydtryknivået gir det største bidraget, som man kan lese ut av figur, hvor ingen økning i A-veid strukturlyd registreres på murgulv, og maksimalt med en  $a_{w,95}$  på 0,1-0,2mm/s<sup>2</sup> økning på panelgulv.



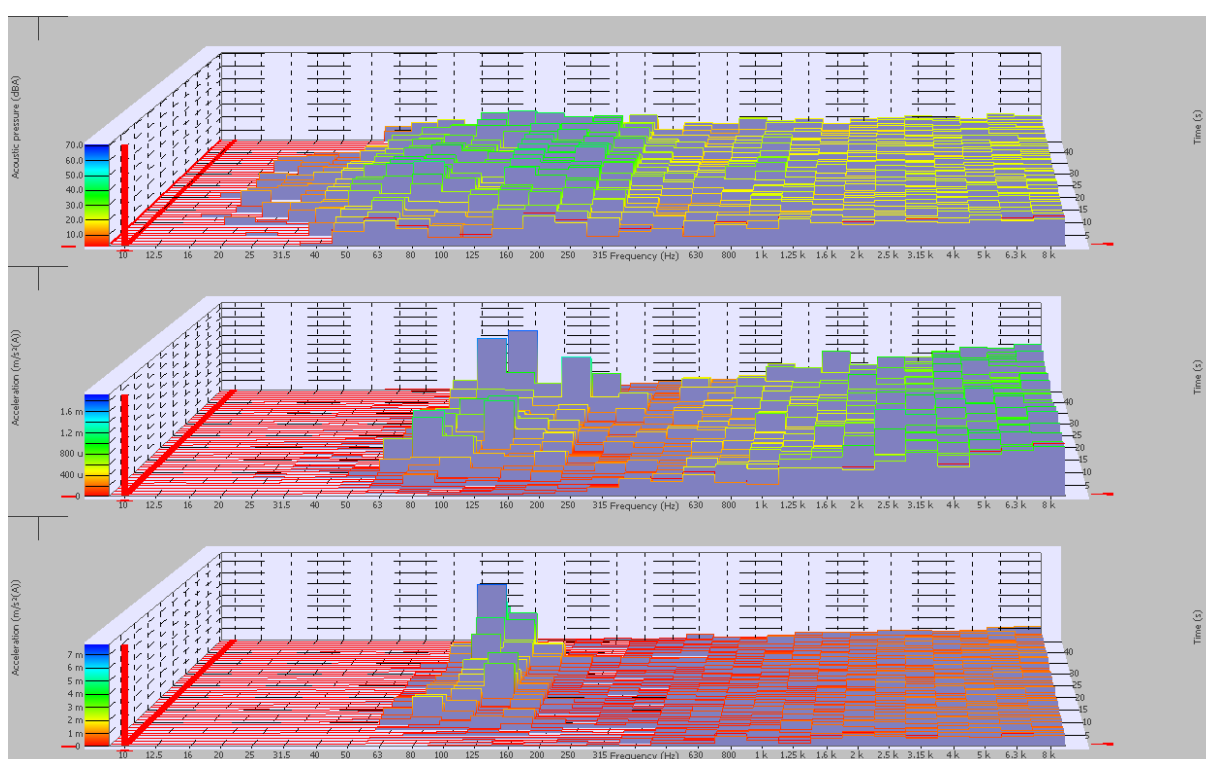
Figur 4-8. Vibrasjonsmålinger for samtlige 19 godstog i spor 4, registrert av Aks2, panelgulv



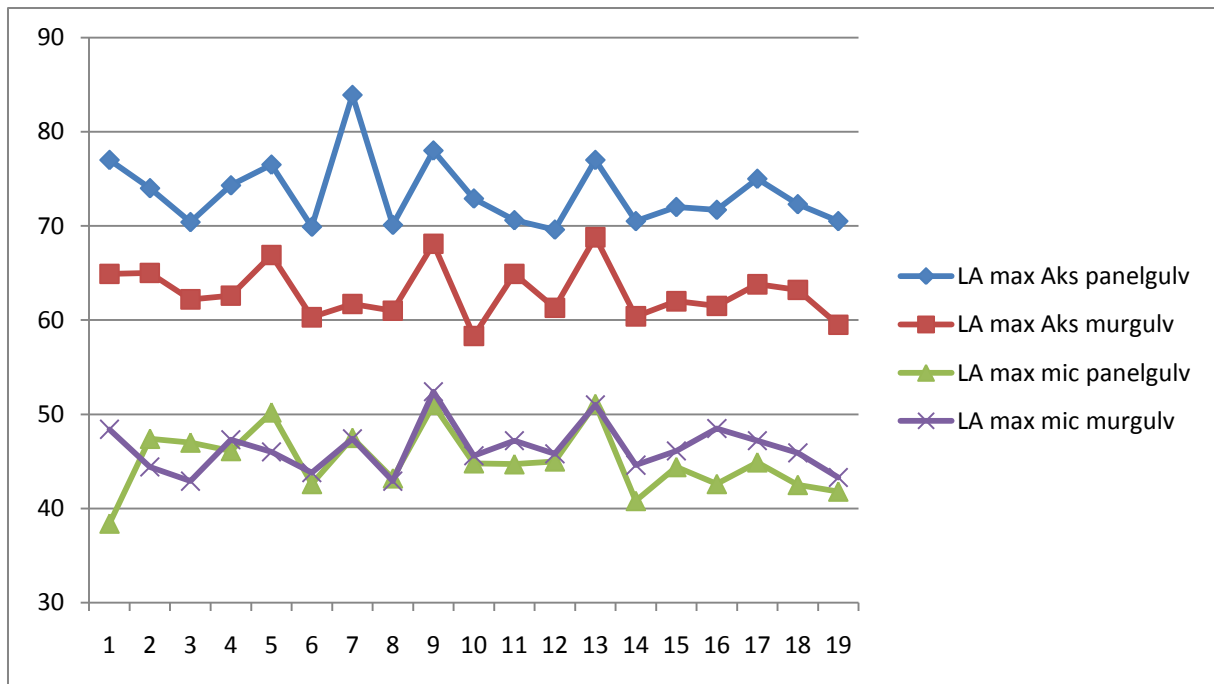
For de 19 godstogene som passerte på spor 4, nærmest bygningen, er det stor forskjell i bidrag av strukturlyd slik figur x indikerer ut fra måledata fra akselerometer 2, hvor maksverdien for  $a_{w,95}$  ble målt til  $9,3\text{mm/s}^2$ , en verdi som ligger tett opp under en klasse C vibrasjonsverdi (klasse C vibrasjonsverdi  $>10,7\text{mm/s}^2$ ).

#### 4.4 Maksnivå fra forskjellige delkilder

Maksimalnivå fra forskjellige delkilder kan forekomme på forskjellige tidspunkt og i forskjellige frekvensbånd. I oppgaven er det undersøkt ved hvilken frekvens og tid hvert av godstogene som passerte nærmest bygningen hadde høyeste A-veide lydtryknivå.



Figur 4-9. NVGate. Aks 2 panelgulv øverst, Aks 3 murgulv midten, Mic 3 panelgulv nederst



Figur 4-10. Maksimalt lydtrykknivå  $L_{AF,max}$  ved bestemte frekvenser og tidspunkt (dBA)

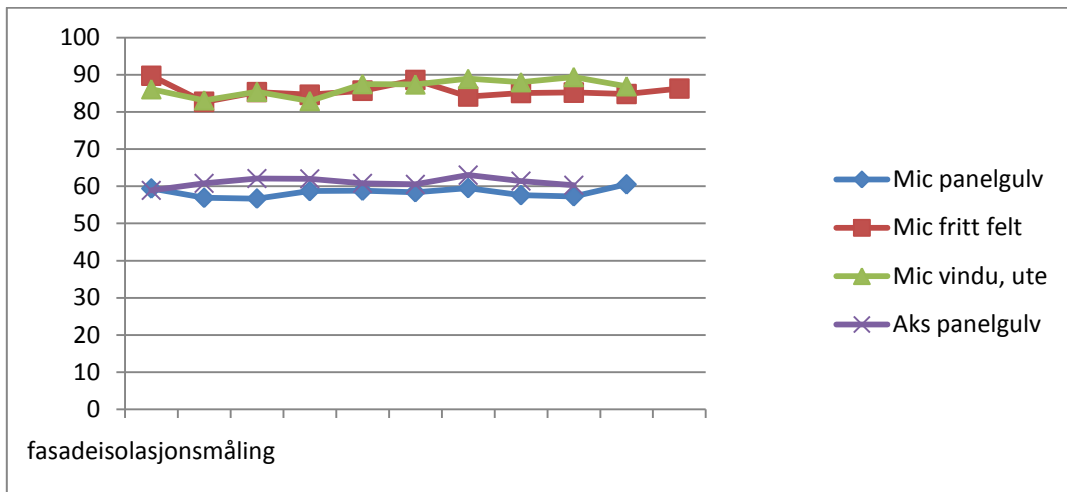
- For akselerometer panelgulv ble 18 av 19 målinger av  $L_{AF,max}$  registrert i frekvensbåndene 100-125Hz.
- For akselerometer murgulv varierte målinger av  $L_{AF,max}$  mellom frekvensbåndene 80-315Hz, med 11 av 19 målinger mellom 80-125Hz.
- For mikrofon panelgulv ble 16 av 18 målinger av  $L_{AF,max}$  registrert i frekvensbåndene 100-200Hz.
- For mikrofon murgulv ble 13 av 19 målinger av  $L_{AF,max}$  registrert i frekvensbåndet 125Hz.
- For mikrofon ute, vindu, varierte målinger av  $L_{AF,max}$  mellom frekvensbåndene 100-800Hz, ved 18 målinger.
- For mikrofon ute, fritt felt, varierte målinger av  $L_{AF,max}$  mellom frekvensbåndene 80-800Hz, med 10 målinger registrert i frekvensbånd 630Hz.
- Ved kun 4 av 19 målinger intr traff  $L_{AF,max}$  på samme tidspunkt for begge akselerometere og begge mikrofoner på panelgulv og murgulv.

Høyeste strukturoverførte lydtrykknivå målt ved en godstogpassering var 79,4dBA. Høyeste målte strukturoverførte lydtrykknivå målt for et bestemt frekvensbånd var 83,9dBA ved 160Hz. Til sammenligning ble høyeste luftoverførte lydtrykknivå målt til 52,2dBA (måling utendørs, vindu; 77,5dBA), og høyeste målte luftoverførte lydtrykknivå for et bestemt frekvensbånd 51,1dBA, ved 200Hz.



## 4.5 Resultater av fasadeisolasjonsmålinger

Måling av fasadeisolasjon med høyttaler ble gjort for å se på forskjeller og likheter med støy fra tog.

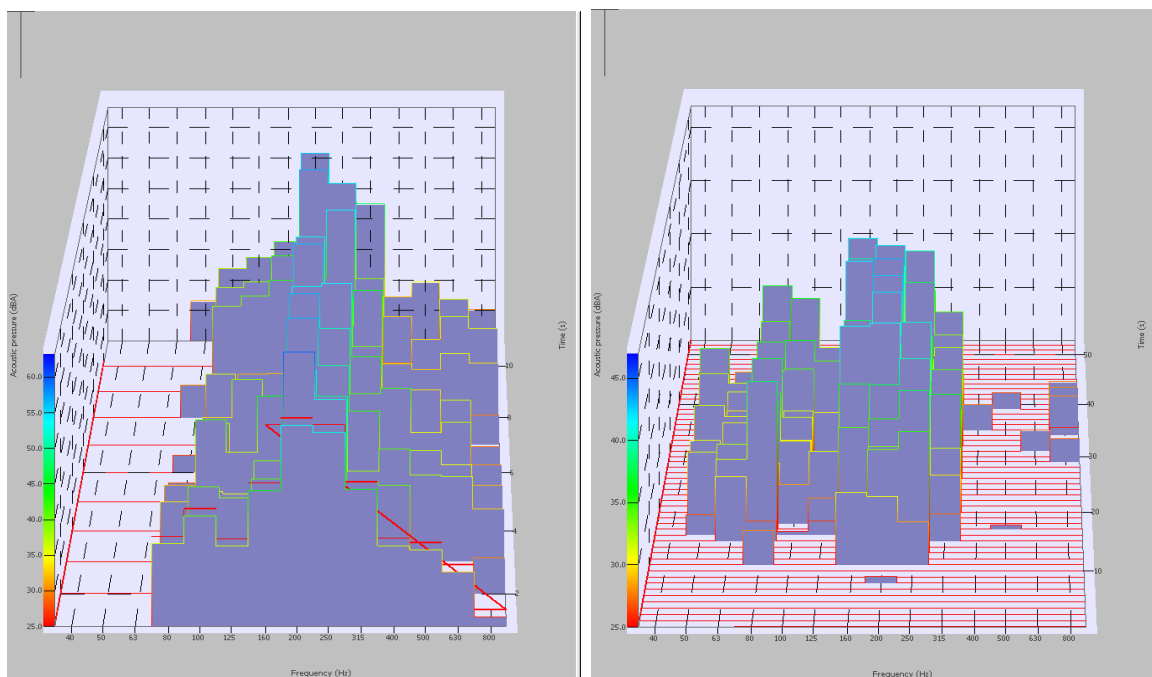


Figur 4-11. Måling av fasadeisolasjon med høyttaler, 28.mai 2010 (dBA)

For målinger med mikrofon panelgulv ble samtlige målinger av  $L_{AF,max}$ , inklusiv sveipmåling registrert i frekvensbåndene 200-250Hz. Til sammenligning ble 8 av 18 målinger av  $L_{AF,max}$  fra togstøy registrert i de samme frekvensbåndene.

Gjennomsnittlig differanse mellom utendørs mikrofon, fritt felt, og mikrofon panelgulv er 26,4dB for målinger med høyttaler.

Gjennomsnittlig differanse mellom utendørs mikrofon, fritt felt, og mikrofon panelgulv er 23,0dB for målinger av støy fra tog.



Figur 4-12. Lydtrykknivå målt med tog (venstre) og målt med høyttaler (høyre), 40-800Hz

## 5 Konklusjon

---

Hensikten med oppgaven var å se på mulige metoder for å skille strukturoverført og luftoverført støy, og for å se hvilke støybidrag de gir.

Ut fra målinger og beregninger av A-veid maksimalt lydtryknivå  $L_{AF,max}$  innendørs kan man konkludere med at strukturoverført lyd fra gulvflaten på panelgulv gir et høyere støybidrag enn luftoverført støy for mennesker som skal oppholde seg i rommet, særlig gjelder dette for frekvensområdet 100-125Hz. Gulvflaten i kjellerrommet med murgulv utstråler klart mindre strukturlyd.

For få godstog ble målt i februar måned til å kunne trekke noen konklusjoner om hvilken effekt snø og tele i jorda kan på målingene. To mikrofoner (ute, vindu; panelgulv) registrerte dog A-veid maksimalt lydtryknivå ved lavere frekvenser enn ved senere målinger.

Målinger gjort av type 69 NSB Lokaltog viser at luftoverført lydtryknivå utendørs reduseres med rundt 10dB når det ligger anslagsvis mellom 10 og 30cm snø i området. For innendørs luftoverført støynivå ble det påvist opp mot 5dB redusert lydtryknivå.

Tog som passerte på samme tid og med samme hastighet i februar og mai hadde tilsvarende differanser, mens tog som passerte med høy hastighet hadde rundt 2dB høyere utendørs lydtryknivå, uavhengig av årstid og klokkeslett.

# 6 Referanser

---

## Litteraturreferanser

Kinsler, Lawrence E., Frey, Austin R., Coppens, Alan B., Sanders, James V., *Fundamentals of Acoustics*, 4.utgave, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2000

Krokstad, Asbjørn, *Akustikk for Ingeniører*, Tapir trykk, revidert 1999

Norsk Standard ISO 140-5:1998, Akustikk, *Lydforhold i bygninger, Del 5: Feltmåling av luftlydisolasjon av bygningsdeler i yttervegg og av yttervegger*, 1.utgave, 1999

Forslag til Norsk Standard prNS 8177, Akustikk, *Måling av lydtryknivå fra togtrafikk*, desember 2009

Goelzer, Hansen, Sehrndt, *Occupational Exposure to Noise: Evaluation, Prevention and Control*, Dortmund/Berlin, 2001

## Personlig kommunikasjon :

Sigmund Olafsen, Brekke & Strand Akustikk

Runar Golimo Simonsen, Jernbaneverket AS

## Internettreferanser

<http://www.gulesider.no> – søketjeneste kart.

<http://myoros.com> – hjemmeside m/oppdatering av programvare benyttet under oppgaven.

<http://www.norsonic.com> – hjemmeside til Norsonic, utvikler av måleinstrumenter benyttet under oppgaven.

<http://www.bswa-tech.com/> - hjemmeside til BSWA-Tech, utvikler av måleinstrumenter benyttet under oppgaven.

<http://www.bksv.com/> - hjemmeside til Brüel og Kjær, utvikler av måleinstrumenter benyttet under oppgaven.

<http://www.klif.no> – Klima- og forurensningsdirektoratet.

<http://jernbane.net> – informasjon og bilder om norske tog.

<http://www.jernbaneverket.no/> - informasjon om trafikk på jernbanenettet i Norge.

<http://en.wikipedia.org/wiki/A-weighting> - informasjon om A-veiting, videre hentet fra

1. <sup>^</sup> Frequency weighting equations. Cross Spectrum, 2004.
- *Audio Engineer's Reference Book*, 2nd Ed 1999, edited Michael Talbot Smith, Focal Press
- *An Introduction to the Psychology of Hearing* 5th ed, Brian C.J.Moore, Elsevier Press

[http://en.wikipedia.org/wiki/Comb\\_filter](http://en.wikipedia.org/wiki/Comb_filter) - Informasjon om kamfilter, videre hentet fra

- <sup>^</sup> Roger Russell. "Hearing, Columns and Comb Filtering".
- <sup>^</sup> "Acoustic Basics". Acoustic Sciences Corporation.
- <sup>^</sup> Smith, J. O.. "Feedforward Comb Filters".
- <sup>^</sup> Smith, J.O.. "Feedback Comb Filters".

<http://www.snl.no> – Det store norske leksikon.

# 7 Vedlegg

---

Vedlegg A – nøkkelverdier for målinger av  $L_{AF,max}$  for forskjellige frekvenser og tidspunkt, ved støy fra godstog.

Vedlegg B – nøkkelverdier for målinger av  $L_{AF,max}$  for forskjellige frekvenser og tidspunkt, ved støy fra høyttaler

Vedlegg C – nøkkelverdier for målinger av tidsmidlet lydtryknivå for type 69 NSB Lokaltog

# Vedlegg A

		Aks 2 Panel	Aks 5 Mur	Mic 3 panel	Mic 6 mur	Mic 4 vindu	Mic 7 fritt	
07.mai	Frekvens	100	125	100	125	200	80	Hz
1301	LAmaz	77	64,9	38,4	48,4	71,4	63,9	dBa
	Tid	33	35	33	35	11	32	s
07.mai	Frekvens	125	315	160	125	630	630	Hz
1245	LAmaz	74	65	47,4	44,4	71	72,9	dBa
	Tid	9	8	28	9	31	15	s
07.mai	Frekvens	160	160	160	125	800	630	Hz
1404	LAmaz	70,4	62,2	47	42,9	72,4	71,8	dBa
	Tid	18	18	12	11	14	16	s
07.mai	Frekvens	100	100	160	80	630	630	Hz
2101	LAmaz	74,3	62,6	46,1	47,3	69,6	68,8	dBa
	Tid	62	62	53	25	32	31	s
06.mai	Frekvens	125	160	160	125	630	630	Hz
2102	LAmaz	76,5	66,9	50,2	46	72,6	72,8	dBa
	Tid	19	20	32	30	22	17	s
06.mai	Frekvens	100	100	160	80	160	100	Hz
1302	LAmaz	69,9	60,3	42,6	43,8	70,1	64,8	dBa
	Tid	22	10	19	18	16	15	s
06.mai	Frekvens	160	200	200	125	160	500	Hz
1147	LAmaz	83,9	61,7	47,5	47,4	69,2	68,6	dBa
	Tid	10	9	9	8	13	9	s
28.mai	Frekvens	125	80	200	125	250	630	Hz
1401	LAmaz	70,1	61	43,2	42,9	69,8	66,5	dBa
	Tid	29	17	28	17	19	22	s
28.mai	Frekvens	100	125	160	125	250	630	Hz
1542	LAmaz	78	68,1	51	52,4	71,6	67,1	dBa
	Tid	4	7	10	8	3	3	s
28.mai	Frekvens	100	100	200	125	315	100	Hz
1302	LAmaz	72,9	58,3	44,8	45,6	71,1	66,2	dBa
	Tid	13	32	18	30	23	25	s
27.mai	Frekvens	100	80	160	125	100	100	Hz
2101	LAmaz	70,6	64,9	44,7	47,2	72,2	69,7	dBa
	Tid	56	33	52	55	52	55	s

27.mai	Frekvens	125	125	200	100	160	630	Hz
1644	LAmx	69,6	61,3	45	45,8	71,8	67,3	dBAs
	Tid	39	39	12	12	39	21	
27.mai	Frekvens	125	160	200	125	160	800	Hz
1404	LAmx	77	68,8	51,1	51	75,7	72,7	dBAs
	Tid	16	15	13	16	14	13	
27.mai	Frekvens	100	200	250	80	125	100	Hz
1302	LAmx	70,5	60,4	40,8	44,6	68,2	65,4	dBAs
	Tid	8	8	9	9	28	25	
27.mai	Frekvens	125	125	160	630	160	630	Hz
1145	LAmx	72	62	44,4	46,1	74,2	72,6	dBAs
	Tid	9	16	21	14	18	19	
26.mai	Frekvens	100	125	200	125	630	630	Hz
2102	LAmx	71,7	61,5	42,6	48,5	70,5	70,8	dBAs
	Tid	13	37	17	13	19	20	
26.mai	Frekvens	125	125	200	125	125	630	Hz
1644	LAmx	75	63,8	44,9	47,2	69,3	65,4	dBAs
	Tid	17	17	16	17	16	20	
25.feb	Frekvens	100	80	160	80	100	80	Hz
1246	LAmx	72,3	63,2	42,5	45,9	64,7	58,8	dBAs
	Tid	30	11	14	15	36	28	
24.feb	Frekvens	125	125	63	125	80	800	Hz
1808	LAmx	70,5	59,5	41,8	43,3	66,9	67,6	dBAs
	Tid	25	25	7	39	26	18	

# Vedlegg B

---

	Aks2 Panel	Mic 3 panel	Mic 4 vindu	Mic 7 fritt	
fasade 1	200	200	200	1600	Hz
	69	67,5	90,4	89,7	dBA
	3	2	9	5	s
fasade 2	200	200	200	315	Hz
	58,9	59,4	86,1	82,7	dBA
	8	2	7	3	s
fasade 3	200	200	250	250	Hz
	60,8	56,9	83,1	85,3	dBA
	4	6	5	5	s
fasade 4	200	200	200	1600	Hz
	62,1	56,7	85,4	84,6	dBA
	2	6	4	4	s
fasade 5	250	250	200	1600	Hz
	62	58,7	82,9	85,7	dBA
	1	1	8	11	s
fasade 6	500	200	315	630	Hz
	60,8	58,8	87,5	88,6	dBA
	7	10	9	9	s
fasade 7	500	250	125	800	Hz
	60,5	58,4	87,4	84,1	dBA
	5	9	11	7	s
fasade 8	200	250	200	160	Hz
	63	59,5	88,9	85,1	dBA
	8	9	7	5	s
fasade 9	500	200	125	160	Hz
	61,4	57,6	88	85,2	dBA
	6	4	8	9	s
fasade 10	630	200	125	125	Hz
	60,3	57,3	89,4	84,8	dBA
	4	4	2	2	s
sweep		200	200	250	Hz
		60,5	86,9	86,3	dBA
		34	1	36	s



# Vedlegg C

Type 69D

	Aks 1	Aks 2	Aks 5	Mic 3	Mic 6	Mic 4 Ute, vindu	Mic 7 Ute, fritt	km/t	DKN	
	Panelgulv	Panelgulv	Murgulv	Panelgulv	Murgulv					
Februar	71,1	71,6	69,5	40,3	44,3	60,2	58,7	44	D	
	70,9	71,0	69,4	40,7	44,6	58,7	56,9	37	D	
	70,9	71,0	69,3	40,5	44,4	58,6	57,3	39	D	
	70,5	70,4	69,2	39,1	42,7	57,4	55,8	37	D	
	71,3	72,0	69,5	40,5		59,9	58,7	45	D	
	71,4	72,1	69,6	40,7	43,6	58,6	57,7	62	D	
	70,7	70,7	69,3	40,0	42,5	58,3	56,6	38	D	
	71,3	72,0	69,6	40,7	42,6	59,6	58,8	47	D	
	70,6	70,5	69,2	39,6	42,1	58,0	56,5	38	D	
<b>Sum tidsm.</b>	<b>71,0</b>	<b>71,3</b>	<b>69,4</b>	<b>40,2</b>	<b>38,5</b>	<b>58,8</b>	<b>57,4</b>	<b>42,9</b>		
Mai start	69,9	71,0	69,5	44,8	44,0	73,0	71,7	59	K	
	70,6	72,9	69,8	45,3	44,5	71,9	70,5	66	D	
	70,4	71,9	69,3	41,1	43,2	66,1	63,2	44	K	
	70,2	72,0	69,6	45,3	44,8	73,9	72,5	70	D	
	70,0	71,7	69,6	45,0	44,1	72,6	71,2	80	D	
	70,4	72,6	69,5	45,2	43,8	69,3	67,7	46	D	
	69,9	71,0	69,6	45,0	44,2	74,1	72,6	69	D	
	70,2	72,2	69,8	45,7	44,7	73,0	71,9	69	D	
<b>Sum tidsm.</b>	<b>70,2</b>	<b>71,9</b>	<b>69,6</b>	<b>44,7</b>	<b>44,2</b>	<b>71,7</b>	<b>70,1</b>	<b>63,1</b>		
Mai slutt		70,9	69,7	44,8	44,3	73,9	71,9	77	D	
		72,2	69,7	44,9	44,6	73,7	72,0	49	D	
		70,9	69,8	44,4	44,2	75,5	74,2	82	D	
		72,4	69,6	42,5	43,6	68,2	65,9	57	K	
		71,7	69,8	45,6	44,3	74,3	72,3	68	K	
		71,4	69,6	44,2	43,0	71,3	69,1	73	D	
		71,8	69,7	44,3	43,9	71,9	70,4	66	D	
		71,7	69,6	44,8	43,3	72,3	70,4	68	D	
		70,7	69,5	44,2	43,5	72,3	70,6	77	D	
		71,1	69,5	44,8	43,2	72,2	70,3	75	D	
		70,6	69,7	44,1	43,2	72,4	71,1	79	D	
		71,9	69,6	43,2	43,0	69,0	66,5	62	D	
		72,5	69,8	45,3	44,4	72,2	70,4	60	D	
		72,7	69,7	42,0	44,2	67,5	65,0	51	D	
		70,3	72,2	69,5	43,2	43,3	69,5	67,6	64	K
		70,2	71,2	69,7	44,2	43,2	72,6	71,2	79	D
		70,2	71,4	69,3	39,4	42,1	65,5	62,8	62	D
	70,1	71,2	69,6	43,8	42,5	71,6	70,0	69	D	
<b>Sum midl</b>	<b>70,2</b>	<b>71,6</b>	<b>69,6</b>	<b>43,9</b>	<b>43,5</b>	<b>71,4</b>	<b>69,5</b>	<b>67,6</b>		

