

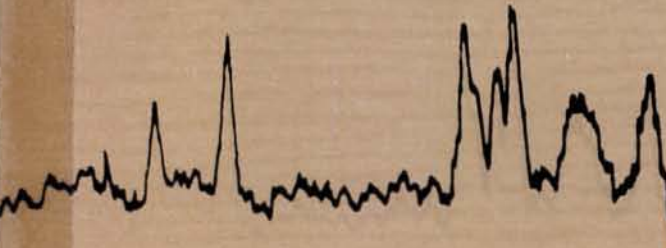
791629

NSB

JERNBANESTØY

I

GAMLEBYEN



LUND & AASS

1322 Høvik Maries vei 20 (Norconsults Hus) (02) 12 10 40

791629

Jernbaneverket
Biblioteket

NSB

JERNBANESTØY

I

GAMLEBYEN



LUND & AASS

1322 Høvik Maries vei 20 (Norconsults Hus) (02) 12 10 40

FORORD

På oppdrag fra Norges Statsbaner har vi utført målinger av eksisterende støyforhold ved nærmere beskrevet jernbanetrasé i "Gamlebyen" i Oslo.

Videre er det foretatt en vurdering av ulike muligheter for reduksjon av støy- og vibrasjonsnivåer i/ved boliger.

Målinger er utført av cand. real. M.Bratfos, siv.ing. R.Mikkelsen m.fl., samt undertegnede, som også har utarbeidet rapporten.

Høvik, 14.3.1980

H. Bing-Jacobsen
H. Bing-Jacobsen

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
SAMMENDRAG	I
1. STØYMÅLINGER - ANALYSE	
1.1 Målebetingelser	1
1.2 Måleresultater - Vurdering	3
2. VIBRASJONSMÅLINGER - ANALYSE	
2.1 Målebetingelser	15
2.2 Måleresultater - Vurdering	16
3. SAMMENHENG STØY - VIBRASJON	
3.1 Sammenligning av måleresultater - Vurdering	24
4. KRITERIER	
4.1 Støy	26
4.2 Vibrasjon	26
4.3 Vurdering måleresultater i forhold til kriterier	28
5. STØY- OG VIBRASJONSDEMPENDE TILTAK	
5.1 Reduksjon av støy- og vibrasjonsgenerering	30
5.2 Reduksjon av vibrasjons- forplantning	31
5.3 Reduksjon av støyforplantning	32
6. KOSTNADER	
6.1 Skjerming	37
6.2 Fasadeisolering	37
7. BILAG	
7.1 Planskisse over aktuelt område	39
7.2 Bilag A (Separat bilag) "Tilstandsvurdering av bygninger"	
7.3 Bilag B (Separat bilag) "Måleresultater, tabellarisk oversikt"	

SAMMENDRAG - SAMLET VURDERING

Denne rapport gir en oversikt over utendørs støyforhold ved boliger og innendørs støyforhold i boliger ved jernbanetraséen mellom Oslogt. og St. Halvardsgt. i Oslo ("Gamlebyen"). Mulighet for støyreduksjon ved ulike dempningstiltak vurderes. Kostnadsoverslag for eventuell skjerming og fasadeisolasjon er beregnet.

Maksimalt støynivå ved togpassering utenfor boligfasader er målt til 95-100 dB(A). Hovedtyngden av måleresultater for støynivå ved togpassering ligger i området 75-95 dB(A). Døgnkvivalent støynivå foran fasader mot jernbanetrasé ligger i området 68-72 dB(A).

Maksimalt støynivå innendørs (i rom mot jernbane) er målt til 65-70 dB(A). Momentanverdier i løpet av en togpassering kan overstige 70 dB(A). Dette gjelder for rom med enkelt vindu. For rom med dobbelte vinduer er det ikke målt momentanverdier over 65 dB(A).

Hovedtyngden av måleresultater for innendørs støynivå i rom med dobbelte vinduer ligger ved togpassering i området 40-60 dB(A). Beregnet døgnkvivalent innendørsnivå vil ligge i området 30-40 dB(A), avhengig av fasadeisolasjonen.

Fasadeisolasjonen for rom mot jernbanetrasé ligger i området 25-40 dB(A) - avhengig av vindustype, arealforhold vegg/vindu og rommets lydabsorpsjon. Hovedtyngden av måleverdier ligger i området 30-35 dB(A) (Doble vinduer).

Fasadeisolasjonen er forøvrig avhengig av togtype og kjørehastighet. For nye lokaltog vil en økning av hastigheten forskyve støyspekteret mot høyere frekvenser. Dette gir høyere fasadeisolasjon. Fjerntog gir også generelt mer høyfrekvent støy enn nye lokaltog.

Fasadeisolasjonen kan økes 4-10 dB(A) ved utskifting til nye vinduer med spesialrute. Dette reduserer innendørs maksimale støynivåer til under 60 dB(A). Ytterligere støyreduksjon kan oppnås ved utskifting til nye, eventuelt koblete vinduer med stor glassavstand.

Måling av utendørs støyforhold viser at støynivået for nye lokaltogsett (type -69) øker med ca. 8 dB ved en hastighetsfordobling. Fjerntog gir imidlertid høye (og langvarige) støynivåer selv ved lave kjørehastigheter.

En halvering av maksimal kjørehastighet på aktuell jernbanestrekning kan redusere maksimalt støynivå fra nye lokaltogsett til under 90 dB(A). Gjennomsnittsverdien for støynivåene ved togpassering vil dermed reduseres. Reduksjonen i døgnekvivalent støynivå blir imidlertid mindre idet lavere kjørehastighet gir lengere eksponeringstid.

En fartsgrense på 40 km/t ville neppe redusere utendørs døgnekvivalent støynivå med mer enn 3-4 dB(A). Innendørs døgnekvivalent støynivå ville i de fleste tilfelle reduseres mindre enn dette.

I frekvensområdet 5-15 Hz kan innendørs lydtrykknivå være høyere enn lydtrykk-nivået utenfor fasadene. Dette skyldes vibrasjonsoverføringer gjennom bakken.

Vibrasjoner i bygningene er godt registrerbare, men vi kan ikke finne at grensenivå for skadelig påvirkning av bygninger overskrides.

Høyest vibrasjonsnivå (hastighet), målt på gulv i boliger, ligger i frekvensområdet 8-16 Hz. Resonansfrekvensen for aktuelle dekketyper ligger i dette området.

Skinneskjøter og sporveksel har stor innvirkning på støy- og vibrasjonsnivå. Impirisk og fra egne målinger kan forskjellen mellom vanlig lasking og helsveisning av skinnene stipuleres til 10 dB. Vibrasjonsnivå alene kan muligens reduseres mer enn 10 dB i visse frekvensområder ved helsveisning av skinnene.

Uten at vibrasjonsgenerering i bane eller vibrasjonsforplantingen til grunnen reduseres kan neppe innendørs støynivå (maksimalnivå) reduseres til under 45-50 dB(A) ved skjerming og/eller fasadeisolering.

Skjerming ved banen hjelper kun for uteområder og boligenes 1. og 2. etasjer, og da først og fremst for passeringer på de nærmeste spor. Maksimal skjermdeмпning for uteområder vil være 10-15 dB(A). Bruk av lave skjermertette gjerder (1,2-1,5 m høyde) som erstatning for eksisterende nettinggjerder mot jernbanetraséen kan gi en moderat støydeмпning (5-10 dB) uten at utsyn og lysforhold for rom i boligenes nederste etasjer forringes.

Bruk av skjerm kan også redusere innendørs støynivå i boligens 1. etasjer med 4-8 dB(A), mest for rom med enkelt vindu (eller åpent vindu).

En utskifting av vinduer i fasader mot jernbanen er totalt kostnadsberegnet til ca. 2 millioner kroner. (Gjelder vinduer med forseglet spesialglassrute). I tillegg kommer eventuelt ventilasjonssystem med lydfeller.

Utskifting til spesialvinduer med stor glassavstand vil koste henimot 3 millioner kroner.

En utbedring av vinduer som i dag bare har én glassrute (enkeltvindu) vil koste ca. 200.000,- kroner. Full utskiftning av disse vinduer vil koste ca. 500.000,- kroner.

Skjerming med lave skjermer langs jernbanetraséen er kostnadsberegnet til ca. kr. 400.000,-.

Når det gjelder prioritering av eventuelle støydempende tiltak, kan vi foreslå denne rekkefølge:

- a) Helsveising av skinner og nivellering av spor og sporveksler. (Eventuelt må det konstrueres skinneskjøter som ikke gir hjulslag).
- b) Utbedring/utskifting av vinduer med enkelt glassrute.
- c) Skjerming langs banen. Eventuelt en kombinasjon av lave (1,2-1,5 m) og høye (2,0-2,5 m) skjermer.

1. STØYMÅLINGER - ANALYSE

1.1 Måle betingelser

1.1.1 Instrumentering

For registrering av luftlydnivåer (støy) er det benyttet en måleoppstilling med kondensatormikrofon og lydnivåmåler/måleforsterker.

Signalene er skrevet ut direkte på nivåskriver eller innspilt på FM-båndopptager for etterfølgende analyse.

Ved analyse av luftlyd er det benyttet samme måleoppstilling som for vibrasjoner.

Mikrofon og lydnivåmåler gir lydtrykknivåer i dB rel. 20 μ Pa. Ved båndopptak registreres med lineær frekvensveiling. Ved direkte utskrift registreres A-veiet lydnivå.

Oversikt over benyttede instrumenter i forbindelse med luftlydmålinger:

- Kondensatormikrofon	Brüel & Kjør	4145
		4165
- Lydnivåmåler	"	2203
		2206
		2209
		2215
- Statistisk Analysator	"	4426
- Mikrofonspenningsgiver	"	2801
- Båndpassfilter	"	1621
- Oktavfilter	"	1613
- Nivåskriver	"	2206
-FM-båndopptager	Tandberg	FM 115
- Båndopptager	"	11

1.1.2 Meteorologiske forhold.

Alle målinger er utført under oppholdsvær. Temperaturen under den første måleperiode, da det ble utført opptak for etterfølgende frekvensanalyse, var over 0°C.

Målinger er ikke utført under forhold der sne i/ved sporene kan ha hatt noen innflytelse på måleresultatene.

Innvirkning av fuktighet har det ikke vært mulig å registrere.

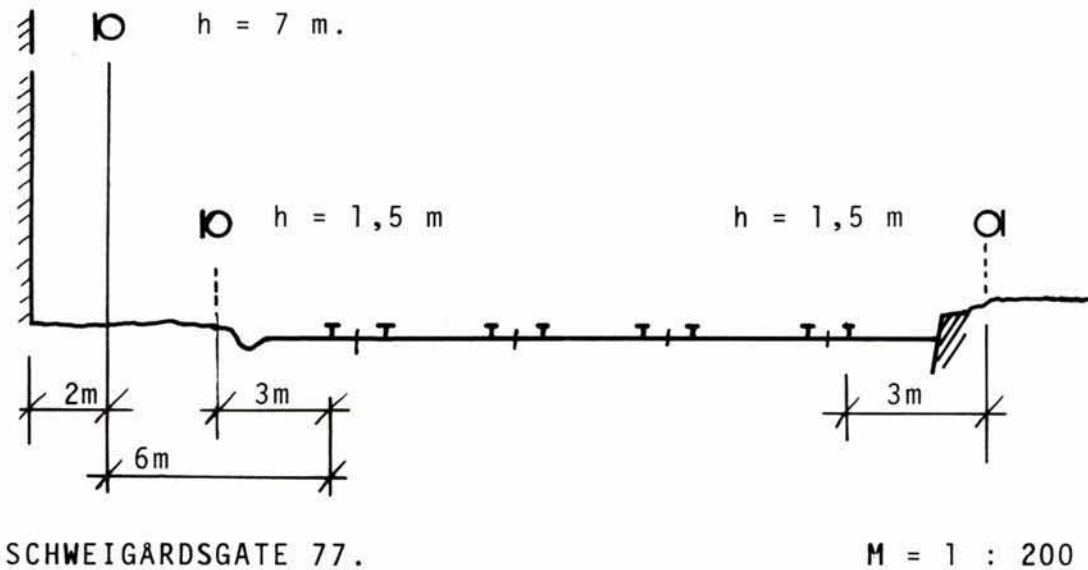
Innvirkning av temperaturgradienter og vind regnes neglisjerbar på de korte måleavstander som er benyttet. (Vind aldri over 5 m/s ved målinger).

1.1.3 Målested (Plasering av mikrofon).

Lydtrykk-nivåer er målt utendørs ved grense mot sporområdet, ca. 1,5 m over terreng, 2 m foran fasader, ca. 7 m over terreng og 0,5 m foran åpne vinduer, 1., 2. og 3. etasje.

Innendørs er det målt midt i rom med vindu mot jernbane og i rom uten vindu mot jernbane.

Figur 1.5 viser relativ frekvensfordeling for utendørs lydnivå. (Målt frekvensfordeling ved forskjellige lydnivåer er forskjøvet i diagrammet slik at de alle tilsvarer et lydnivå på 85 dB(A). Resultatet vil senere sammenlignes med frekvensfordeling for innenivåer, hvilket da også indirekte gir en frekvenskarakteristikk for fasadeisolasjonen, dvs. forskjell mellom utenivå og innenivå.

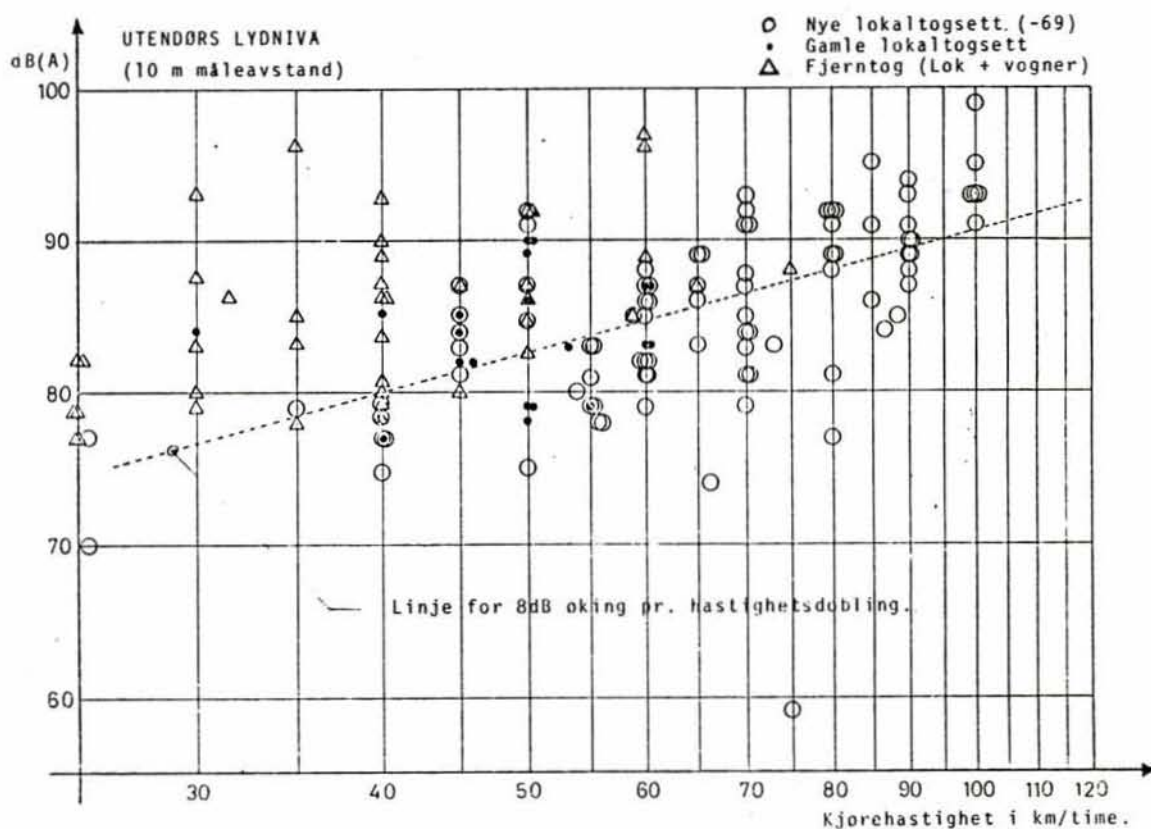


Figur 1.1 Plasering av mikrofoner ved støymålinger.
(Pel 128, se bilag).

1.2 Måleresultater - Vurdering.

1.2.1 Utendørs støynivå.

Utendørs støynivå som funksjon av toghastighet er vist i figur 1.2. Nivåene refererer til en måleavstand på ca. 10 m og varierer mellom 70 og 100 dB(A). Ser man på nivåene for "nye" lokaltogsett alene (lokal-69) kan det synes rimelig å angi at en hastighetsdobling eller halvering tilsvarer en endring i lydnivå på ca. 8 dB. Tar man med nivåene for alle togtyper under ett blir sammenhengen noe annerledes.



Figur 1.2.

Støynivå foran fasader som funksjon av kjørehastighet. Verdiene er korrigert til en avstand tog - målepunkt på ca. 10 m. Korreksjon for fjerneste spor blir da +3 dB, mens korreksjon for nærmeste spor blir +3 dB. Korreksjon for høyeste kjørehastighet er ikke mer enn ±1 dB (spor HU).

Fjerntog (lokomotiv og vogner) viser høye støynivåer selv ved relativt lave hastigheter. Dette skyldes delvis at støyen fra lokomotivet endres lite med hastigheten, delvis at det er mer "skrangling" fra vanlige passasjervogner enn fra lokaltogsett (-69). Noe kan også tilskrives togets lengde, men dette vil gi seg lite utslag på den relativt korte måleavstand.

Videre bør det bemerkes at fjerntogene, både p.g.a. sin lengde og p.g.a. sakte fart gir en langvarig støyvirkning, sammenlignet med et enkelt lokaltogsett med stor hastighet.

Eksempelvis vil et enkelt lokaltogsett i hastighet 90 km/t gi maksimalt støynivå i ca. 2 sekunder ved passering. Et fjerntog med 10 vogner gir maksimalt støynivå i over 20 sekunder ved en hastighet på 30 km/t.

Ser man på ekvivalent støynivå over en gitt periode, vil da fjerntoget gi samme ekvivalentnivå som lokaltoget, selv om maksimalnivået for fjerntoget er 10 dB lavere enn maksimalnivået for lokaltoget.

Betrakter man et og samme tog må da maksimalnivået reduseres mer enn 3 dB ved hastighetshalvering for at ekvivalentnivået skal reduseres.

(Når det gjelder støy fra veitrafikk, betraktes veien som en kontinuerlig linjekilde. Betraktningmåten som benyttes ovenfor kan derfor ikke benyttes for veitrafikk).

En reduksjon i maksimalnivå ved hastighetsreduksjon vil altså ikke gi samme reduksjon i ekvivalentnivå. (Dette gjelder så lenge man ikke har sammenhengende togtrafikk.)

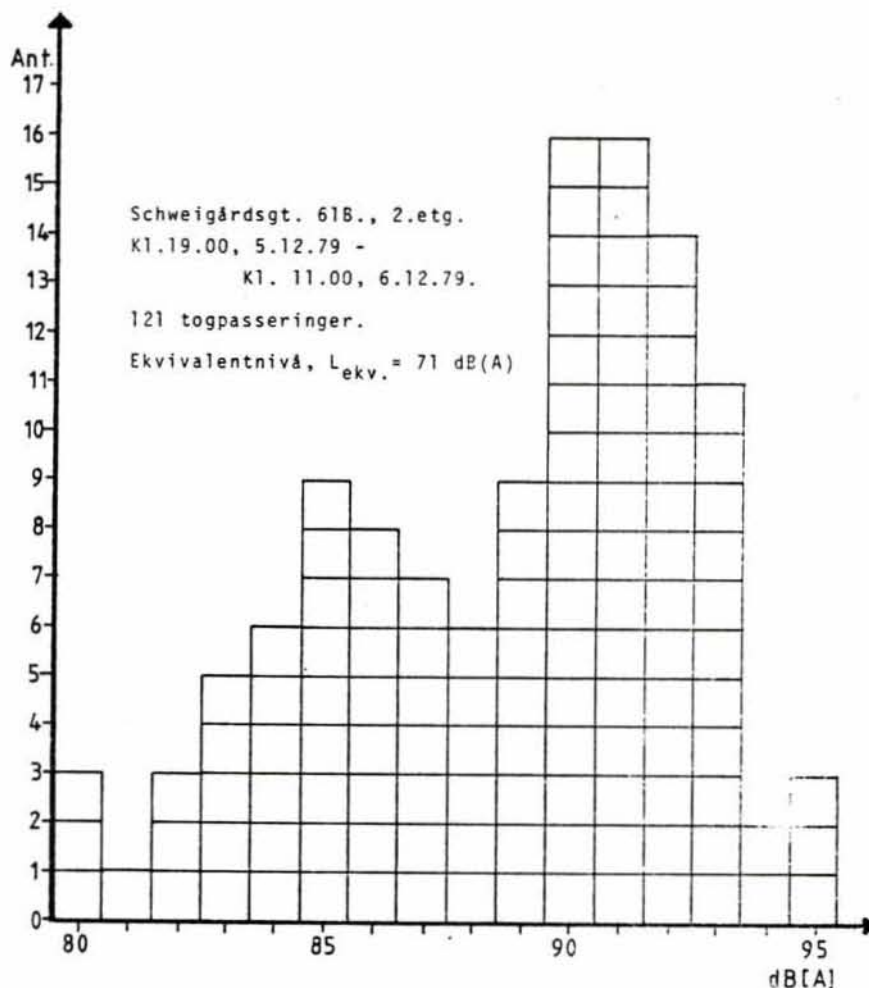
Som nevnt referer måleverdiene i figur 1.2 til en referanseavstand på ca. 10 m. Dette tilsvarer avstanden fra midtlinjen på baneområdet og til ca. 2 m foran fasadene på de boliger som ligger nærmest jernbanen (ca. 5 m fra gjerde til bolig). For togpasseringer på det nærmeste spor vil lydnivået være ca. 3 dB høyere enn referanseverdien. For passeringer på fjerneste spor vil lydnivået være ca. 3 dB lavere enn referanseverdien.

Støynivået varierer lite med høyden av målepunkt foran fasade. Variasjonen er dessuten avhengig av avstand tog-fasade. For togpasseringer i nærmeste spor, kan forskjell i lydnivå utenfor 1. og 3. etasje være i størrelsesorden 2-4 dB. For togpasseringer i fjerneste spor kan det ikke registreres noen systematisk forskjell.

Døgnkvivalent støynivå utenfor boligfasader langs aktuell jernbanestrekning varierer mellom 68 og 72 dB(A). Ekvivalentnivået er målt på forskjellige steder og over forskjellige tidsintervaller.

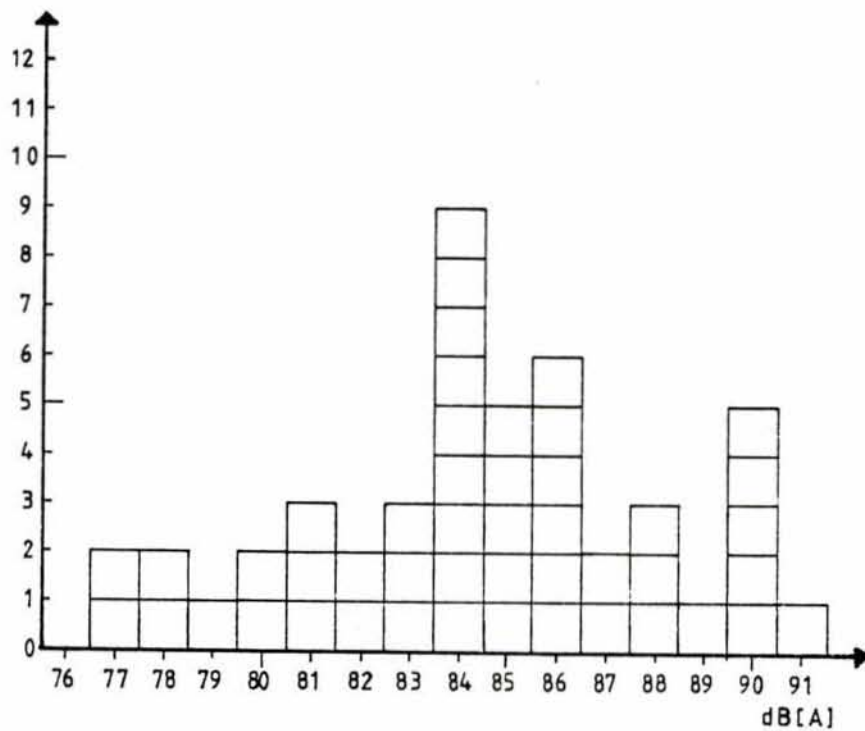
Største ekvivalentnivå over 1 time er målt på ettermiddagen mellom kl. 15.45 og 16.45, utenfor Schweigårdsgt. 67. Nivået var 77 dB(A).

Figur 1.3 viser fordeling av maksimalnivåer utenfor fasade ved 121 etterfølgende togpasseringer. Målingen har foregått fra kl. 19.00 om ettermiddagen til kl. 11.00 påfølgende dag. Histogrammet viser at størstedelen av måleresultatene ligger i området rundt 90 dB(A).



Figur 1.3.
 Fordeling av utenivåer, 5-6/12-79, 121 togpasseringer.
 Schweigårdsgt. 61B. 2. etg.

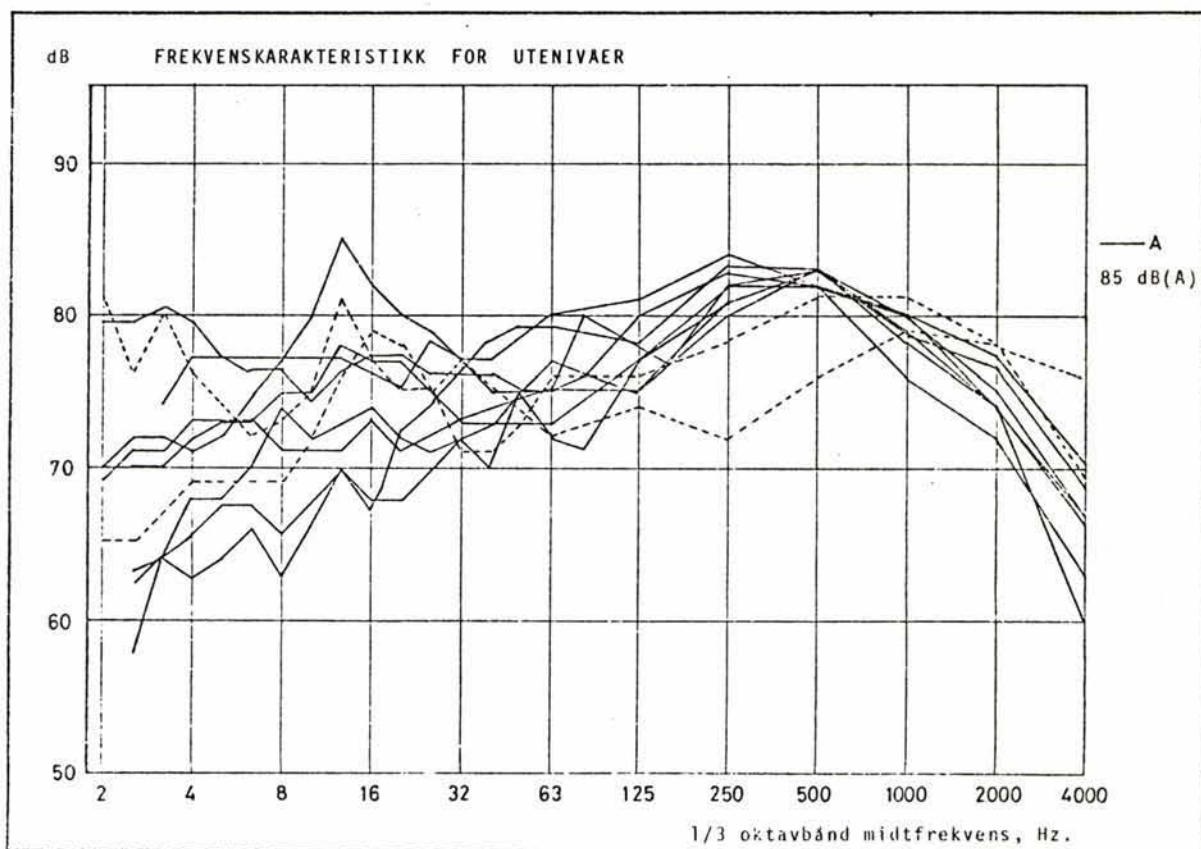
Figur 1.4 viser tilsvarende en fordeling av maksimalnivåer, ca. 3 m fra spor, ved gjerde i nærheten av fotgjengerundergang (Del 128).



Figur 1.4.
Måling av maksimalnivåer ved gjerde Thoresen & Thorvaldsen,
23.11.79, kl. 15.16 - 17.55.

Figur 1.5 viser relativ frekvensfordeling for utendørs lydnivå. Som diagrammet viser, er lydtryknivået høyest i området 250–500 Hz, med unntagelse for lokaltog med relativ stor hastighet. Maksimalnivået er her forskjøvet ca. 1 oktav mot høyere frekvenser.

Måleresultatene er i god overensstemmelse med empiriske data for jernbanestøy.



Figur 1.5.

Frekvenskarakteristikk for målinger foran boligfasader. Kurvene viser relativ fordeling i forhold til et støynivå på 85 dB(A). Stiplede linjer gjelder for lokaltog med spesielt stor hastighet, over 90 km/t. Enkelte høye lydtryknivåer i det lavfrekvente området kan skyldes vind på mikrofonen.

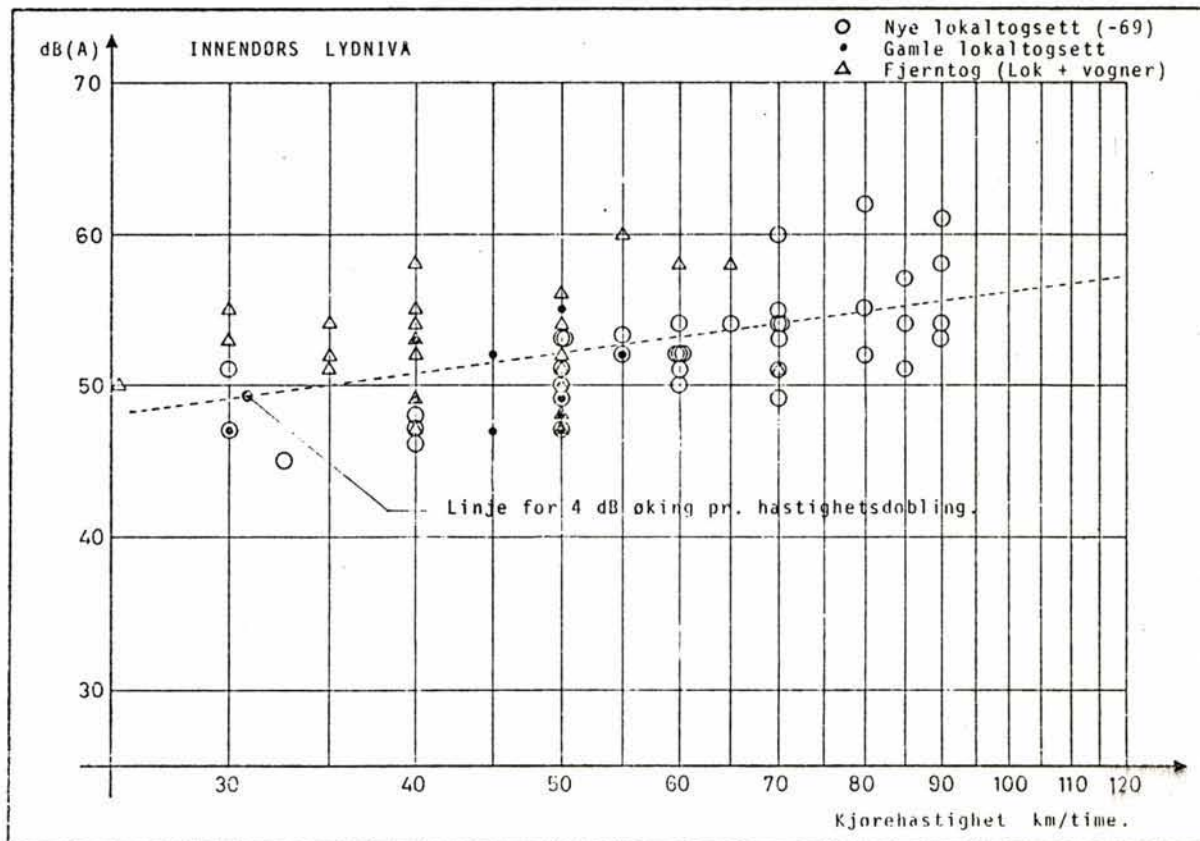
1.2.2 Innendørs støynivå - fasadeisolasjon.

Innendørs støynivå som funksjon av hastighet er vist i figur 1.6 og 1.7. Figur 1.6 gir måleresultater fra flere boliger, mens figur 1.7 kun gjelder for én bolig. Målingene er her utført i et rom med høy lydabsorpsjon og kun et vindu mot jernbanen. Dette vindu var i god forfatning, dobbelt ut-innadsstående og med stor glassavstand.

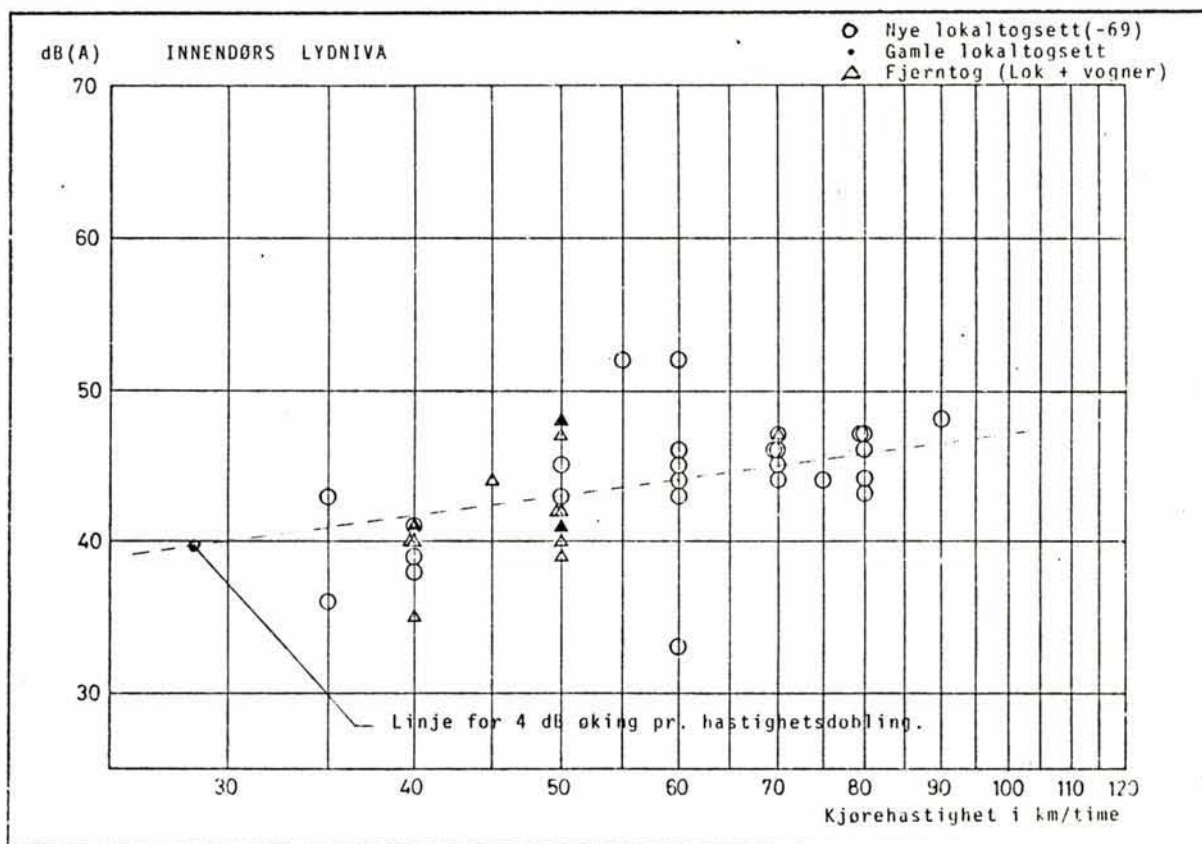
Begge diagrammene synes imidlertid å vise en noe mindre variasjon i lydnivå som funksjon av hastighet enn det som gjelder for utendørs støyforhold (spesielt for lokal -69).

En frekvensanalyse av støyen fra forskjellige togtyper og ved forskjellige hastigheter viser videre at fjerntog og "gamle" lokaltog gir mer høyfrekvent støyspekter enn nye lokaltogsett (-69). Støyspekteret forskyves samtidig mot høyere frekvenser ved økning av kjørehastigheten. (Se figur 1.5).

I og med at bygningskonstruksjoners lydisolerende evne øker med stigende frekvens, vil dette medføre at virkningen av fasadeisolasjonen er bedre for fjerntog enn for nye lokaltogsett (-69), og at fasadeisolasjonen øker med kjørehastigheten for toget.



Figur 1.6.
Innendørs lydnivå som funksjon av kjørehastighet.
Rom med doble vinduer.



Figur 1.7.

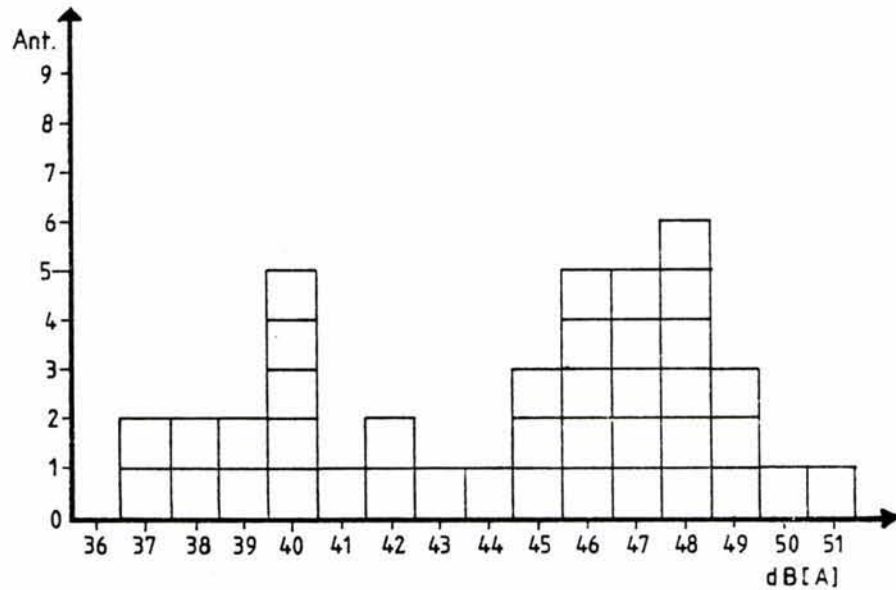
Innendørs lydnivå som funksjon av kjørehastighet.
 Rom med dobbelt vindu og stor lydabsorpsjon.

Dette forhold mellom fasadeisolasjon og togtype/toghastighet bør også kunne underbygges ved direkte å sammenligne diagrammene figur 1.5, 1.6 og 1.7.

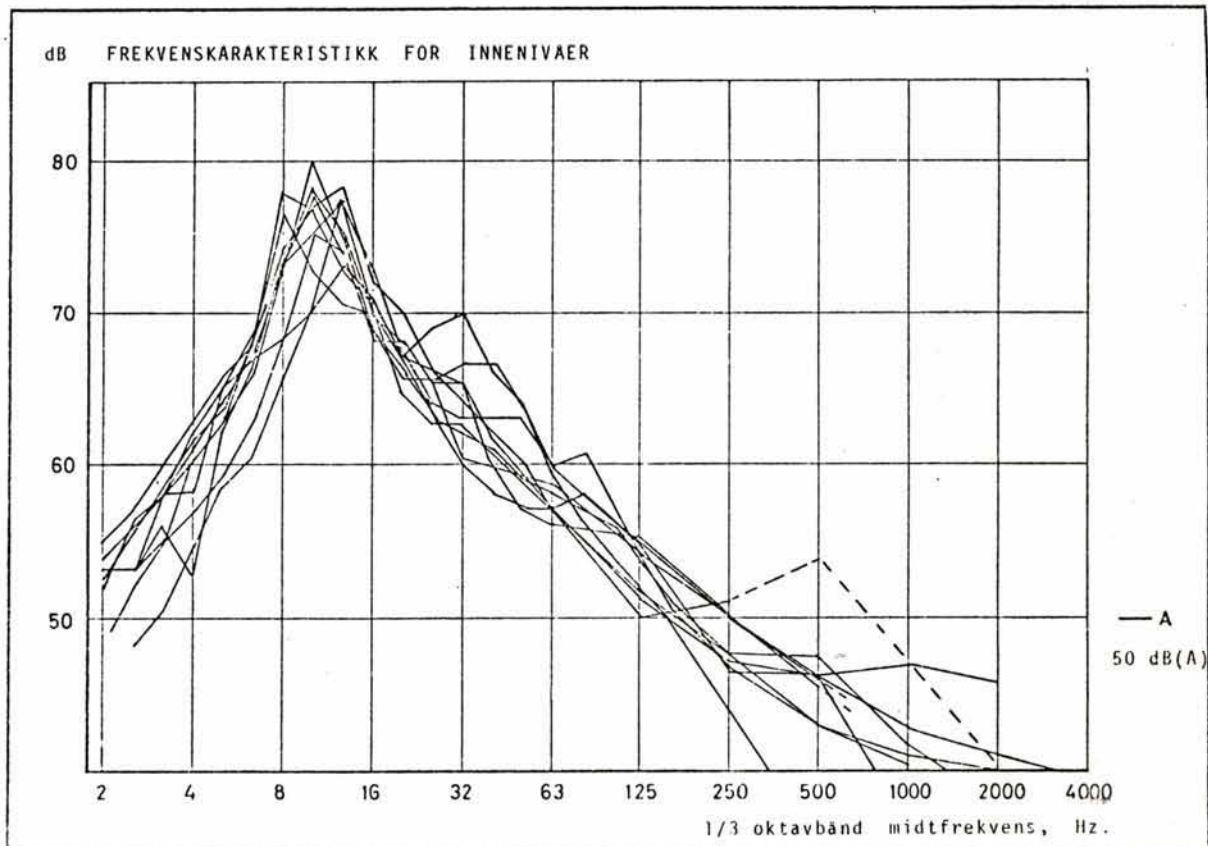
Når det gjelder innendørs støynivå tør vi derfor trekke den slutning at dette forandres 4-6 dB(A) ved dobling eller halvering av toghastigheten.

En halvering av maksimal hastighet på aktuell banestrekning vil derfor i beste fall redusere ekvivalent støynivå med 3 dB(A). Maksimalnivåene vil reduseres med opp til 6 dB(A). (Støybelastningen fra fjerntog reduseres ubetydelig).

Enkeltresultater i forbindelse med separate målinger av fasadeisolasjon viser innenivåer i området 65-70 dB(A) i rom med enkeltvinduer. Momentanverdier over 70 dB(A) er registrert, men dette forekommer meget sjeldent.



Figur 1.8.
Fordeling av innendørs lydnivåer over en periode på 3 timer, målt den 31.1.1980. Schweigårdsgt. 63B, 2. etasje.



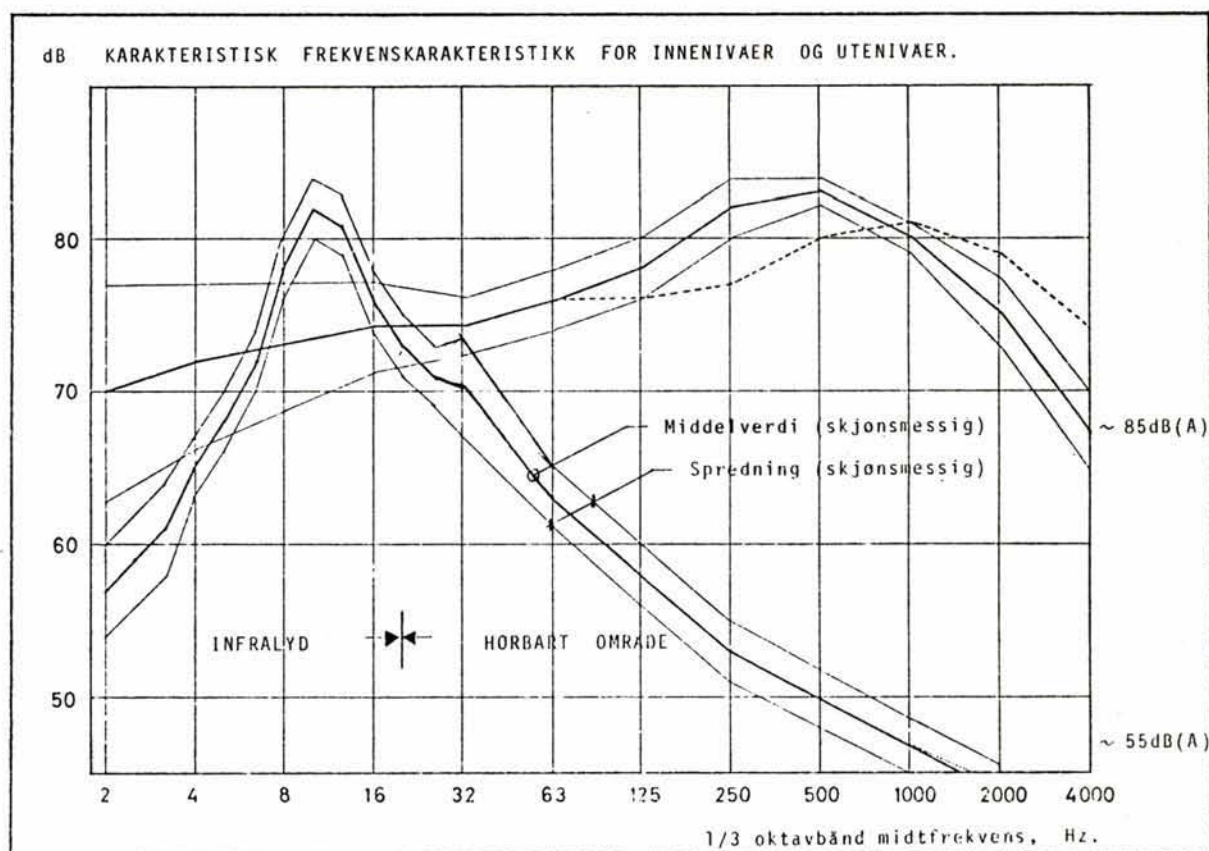
Figur 1.9.
Frekvenskarakteristikk for innenivåer. Kurvene viser relativ fordeling i forhold til et støynivå på 50 dB(A).

Figur 1.9 viser frekvenskarakteristikk for en rekke innendørs støymålinger (simultant med målinger gjengitt på figur 1.5 og vibrasjonsmålinger gjengitt på figur 2.3). Kurvene viser relativ fordeling i forhold til et støynivå på 50 dB(A).

"Lokal" topp for noen av kurvene ved 32 Hz kan sees i sammenheng med toppen i aksellerasjonsamplitude i dette frekvensområdet (figur 1.3).

Stor spredning i kurveskaren for frekvenser over 250 Hz kan skyldes innvirkning av støy fra interne kilder i boligen.

Figur 1.10 viser karakteristisk frekvensspekter for utendørs støynivå tegnet inn på samme diagram som frekvensspekter for innendørs støynivå. Selv om spekteret for innendørs støynivå her er forskjøvet slik at det tilsvarer et støynivå på 55 dB(A), er det klart at lydtryknivået i frekvensområdet 8-16 Hz (infralyd) er høyere innendørs enn utendørs. Høyt lydtryknivå i dette området skyldes vibrasjonsgenerert støy. (Se forøvrig kapittel 3).



Figur 1.10.

Karakteristisk frekvensspekter for utendørs og innendørs støynivåer, tilsvarende utenivå 85 dB(A) og innenivå 55 dB(A). Kurvene gir indirekte et karakteristisk frekvensspekter for fasadeisolasjon. (Kurvene er lagt inn skjønsmessig på grunnlag av figur 1.5 og 1.9). Stiplet linje angir frekvensforskyvning for lokaltog med høy hastighet, dvs. over 90 km/t.

Diagrammet i figur 1.10 viser indirekte frekvenskarakteristikken for en midlere verdi av fasadeisolasjon (gjelder for doble vinduer). Antydning til reduksjon i fasadeisolasjon for frekvenser over 1000 Hz kan muligens tilskrives lekkasjer.

Enkelte steder kunne det også oppstå "sekundær" støy ved klirring i skap m.v.

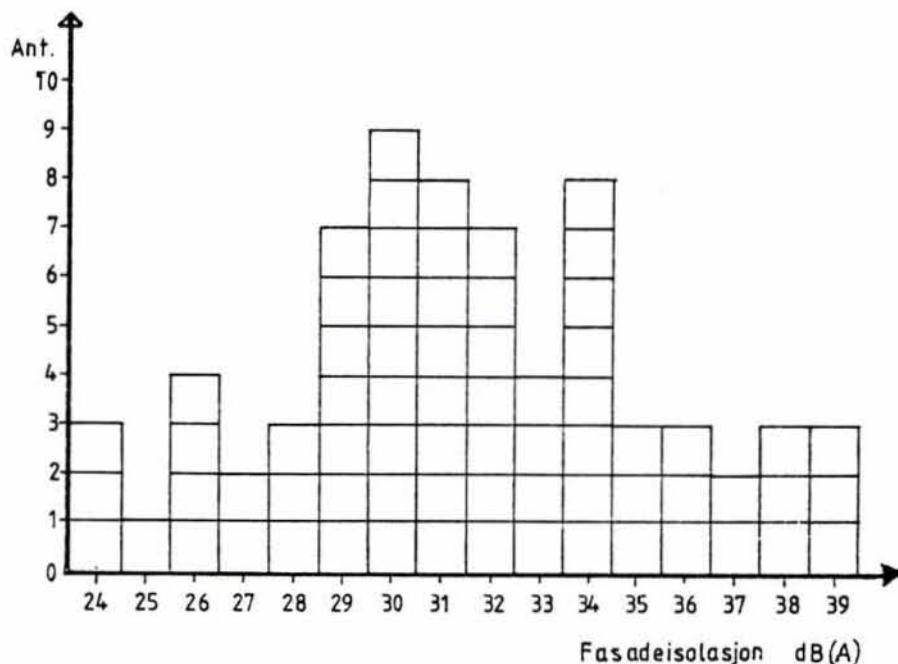
Figur 1.11 viser fordeling av lydnivådifferansene for utførte fasadeisolasjonsmålinger. Som det fremgår av figuren, er størstedelen av målinger i området 29-34 dB(A), og dette gjelder i overveiende grad for doble vinduer. Forskjellen mellom enkle og doble vinduer kan stipuleres til 3-5 dB(A).

(Med fasadeisolasjon menes målt differanse mellom lydnivå 2 m foran fasade og innendørs lydnivå. (Simultane målinger).

Beregninger av vinduenes innvirkning på eksisterende fasadeisolasjon på 4-10 dB(A) ved utskifting til vinduer med spesialrute (12/10/4 mm, glass/gass/glass).

Størst forbedring oppnås der hvor det i dag er enkelt vindu.

En utskifting av vinduene som nevnt ovenfor kan forventes å redusere maksimalverdiene for innendørs støynivå til under 60 dB(A) (lukkede vinduer). Hovedtyngden av innendørs støynivåer vil da komme til å ligge i området 45-55 dB(A).



Figur 1.11.

Fordeling av målte verdier for fasadeisolasjon.

Verdier under 28 dB(A) gjelder bare for enkeltvinduer.

For ytterligere reduksjon av støynivået kan det benyttes spesialvinduer med stor glassavstand. Dette innebærer en ekstra støyreduksjon på 5-10 dB(A) og en kostnadsøkning på 30-50%. Se forøvrig kapittel 5, "Støyreduserende tiltak".

Støyreduksjon utover dette kan synes vanskelig uten at vibrasjonsgenereringen og/eller vibrasjonsforplantningen fra banelegeme reduseres (se kapittel 3).

1.2.3 Variasjon i støynivå ved togpassering.

Figur 1.12 viser noen eksempler på tidsvariasjon i lydtrykknivå ved togpassering. Figur 1.12 a) gjelder samme togpassering som angitt på figur 2.5 (aksellerasjon). Variasjon i utendørs lydnivå i dB(A) er relativt liten. Ved lave frekvenser (4 Hz og 40 Hz, 1/3 oktav vist) er imidlertid variasjonene i størrelsesorden 10 dB.

Variasjonen i lydtrykknivå idet toget passerer synes å stå i nær sammenheng med variasjonene i vibrasjonsnivå. Toppene i lydtrykknivå (og vibrasjonsnivå) har sammenheng med hjulpassasje av skinneskjøter eller penser.

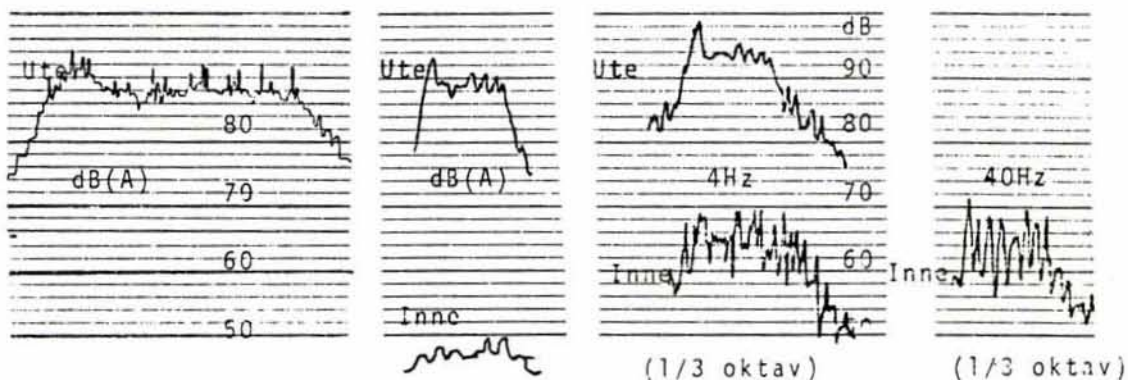
Figur 1.12 b) viser utskrift ute/inne for et lokaltog med to vognsett (-69).

Figur 1.12 c) viser utskrift ute/inne for et fjerntog m/lokomotiv. Typisk er her støynivået høyest idet loket passerer.

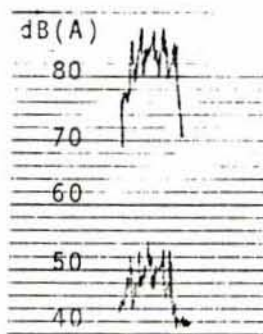
På grunnlag av målte tidsvariasjoner i lydtrykknivå ved togpassering mener vi at det bør være mulig å redusere vibrasjonsgenerert innendørs støynivå 5-10 dB(A) dersom skinnene blir helsveidede. Pensenes innvirkning har det foreløpig vært vanskelig å vurdere. Store ujevnheter i penser vil selvfølgelig sette en grense for den støyreduksjon man kan oppnå ved helsveising av skinnene. (Se forøvrig kapittel 5).

STØYNIVAER SOM FUNKSJON AV TID VED TOGPASSERING

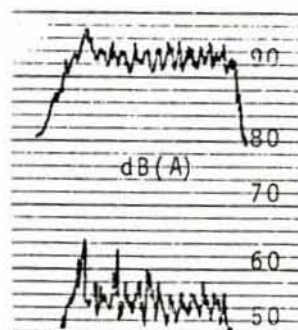
a) Samme togpassering som på figur 2.5. (Fjerntog)

Utenivå. Pennh.: 250mm/sek.
Papirh.: 3mm/sek.Utenivå/Innenivå. Pennh.: 40mm/sek.
Papirh.: 1mm/sek.

b) Lokaltog

Utenivå. Pennh.: 40mm/sek.
Papirh.: 1mm/sek.Innenivå.

c) Fjerntog

Utenivå. Pennh.: 100mm/sek.
Papirh.: 1mm/sek.Innenivå.

Figur 1.12.

Lydtrykknivåer som funksjon av tid ved togpassering. (Variasjonen ved lave frekvenser er større enn variasjonen i A-veiet lydnivå. Som eksempel er vist utskrift for 1/3 oktavnånder med midtfrekvens 4 Hz og 40 Hz(a)).

2. VIBRASJONSMÅLINGER - ANALYSE

2.1 Målebetingelser

2.1.1 Instrumentering.

For registrering av vibrasjoner er det benyttet en måleoppstilling med aksellerometer, integrator og lydnivåmåler/vibrasjonsmeter.

Signalene er skrevet ut direkte på nivåskriver eller innspilt på FM-båndopptager for etterfølgende analyse.

Ved analyse av opptak er det benyttet variabelt båndpassfilter for frekvensområde 2-80 Hz (1/3 oktav) og et fast oktavfilter for frekvensområde... 63-8000 Hz.

Aksellerometer gir aksellerasjonsamplitude (m/s^2) eller aksellerasjonsnivå (rel. 1 g.). Ved frekvensanalyse kan det foretas en omregning til hastighetsamplitude (m/s). Denne kan også måles direkte ved bruk av integrator.

Oversikt over benyttede instrumenter i forbindelse med vibrasjonsmålinger:

- Aksellerometer	Brüel & Kjær	4332/4366
- Integrator	"	ZR 0020
- Vibrasjonsmeter	"	2511
- Lydnivåmåler	"	2209
- Båndpassfilter	"	1621
- Oktavfilter	"	1613
- Nivåskriver	"	2306
- FM-båndopptager	Tandberg	FM 115

2.1.2 Meteorologiske forhold.

Meteorologiske forhold ansees å ha liten innvirkning på måleresultatene for vibrasjon, sett i sammenheng med eksisterende oppbygging av banelegeme (ballast) og den korte avstand til boligene. (Det var ikke frost i bakken under den vesentlige delen av målingene.)

2.1.3 Målested (Plasering av aksellerometer).

Vibrasjonsnivåer (aksellerasjon/hastighet) er målt direkte på svillø, på mastefundament og inne i boliger.

Ved måling i boliger viste det seg vanskelig å skille ut signalene ved togpassering når aksellerometer ble plassert på fundament.

Ved måling på dekker (gulv) i 1-3. etg. i boligene var imidlertid utslagene ved togpasseringer godt skillbare fra "grunnstøy"-nivået med unntak for boliger helt øverst på området, hvor St.halvardsgt. krysser i bro over jernbanen. Dette antas å gjelde også for bygninger nær Oslogate.

Aksellerometeret er i hovedsak blitt plasert på et bord e.l. i de rom hvor det er blitt målt. Dette gir ingen dempende innvirkning på måleresultatene (heller tvert om).

Angitte måleresultater må sies å være representative for maksimalvibrasjonene i boligens dekker. Vibrasjonsnivåer er målt kun for vibrasjoner i vertikal retning. Vibrasjoner i horisontalplanet vil imidlertid være vesentlig mindre enn maksimalutslagene for gulv/dekker.

2.2 Måleresultater - Vurdering.

2.2.1 Vibrasjonshastighet som funksjon av kjørehastighet.

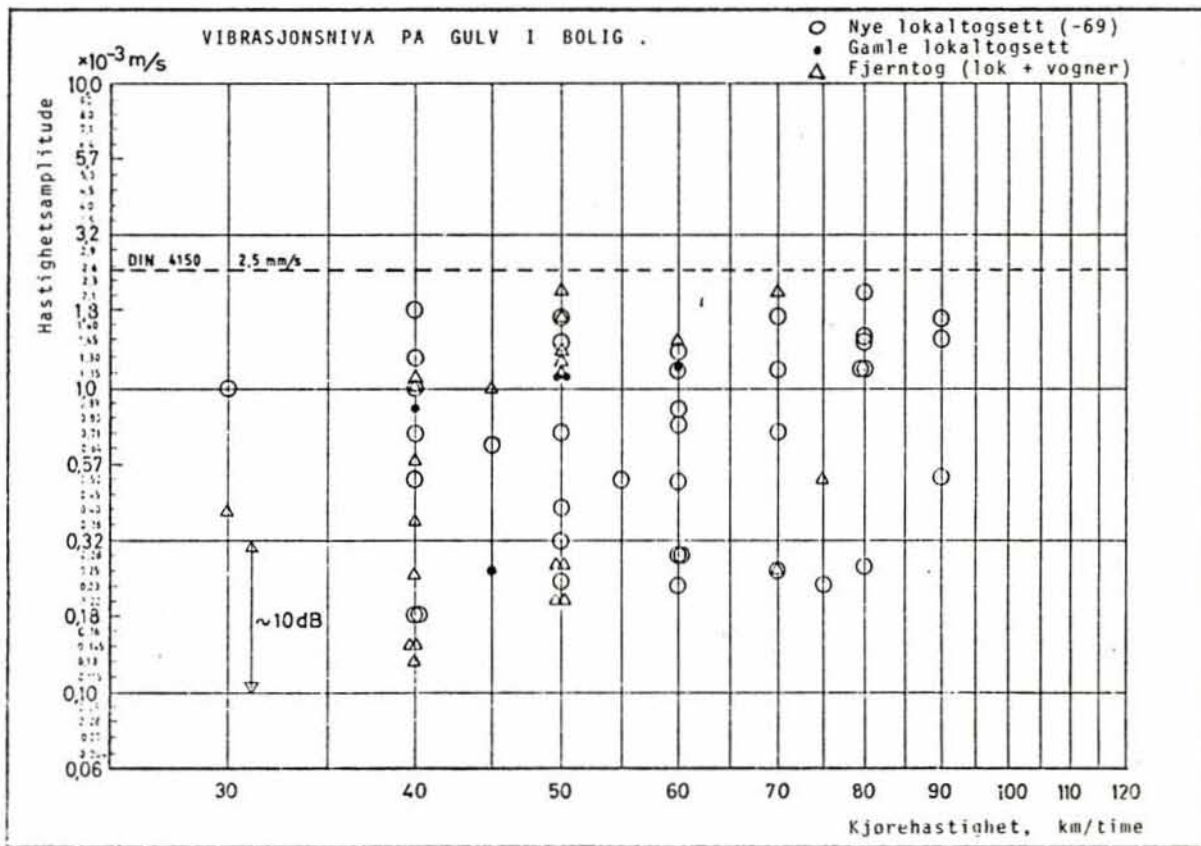
Figur 2.1 viser målte vibrasjonshastigheter plottet som funksjon av toghastighet.

Måleverdiene angir maksimalutslag ved togpassering, målt midt på gulv. Verdiene er delvis målt direkte i hastighet, delvis omregnet fra aksellerasjonsnivåer.

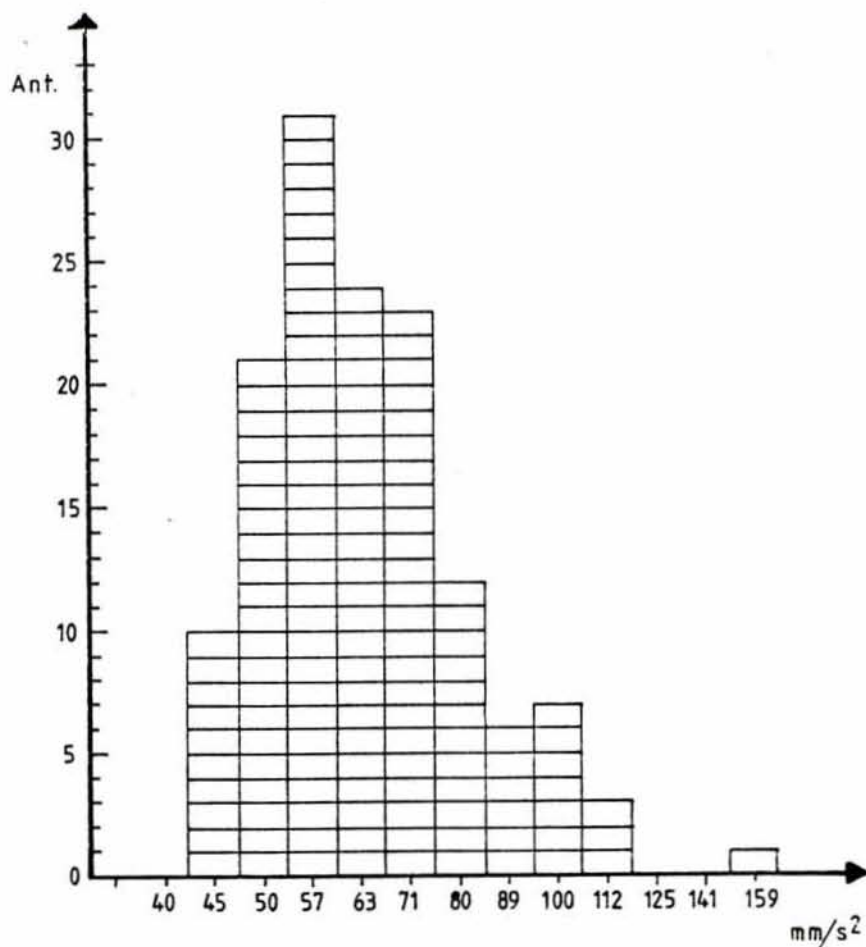
Kriterieverdien (ref. DIN 4150, del 3) på 2,5 mm/sec. er angitt på diagrammet.

2.2.2 Aksellerasjonsnivå - eksempel på fordeling.

Figur 2.2 viser et eksempel på fordeling av aksellerasjonsamplityder for måling over en periode som dekker 138 togpasseringer. Maksimalamplityden på 159 m m/s^2 tilsvarer en hastighetsamplitude på ca. 1.6 mm/sec.



Figur 2.1.
 Vibrasjonshastighet målt på gulv i bolig, angitt som funksjon av kjørehastighet.

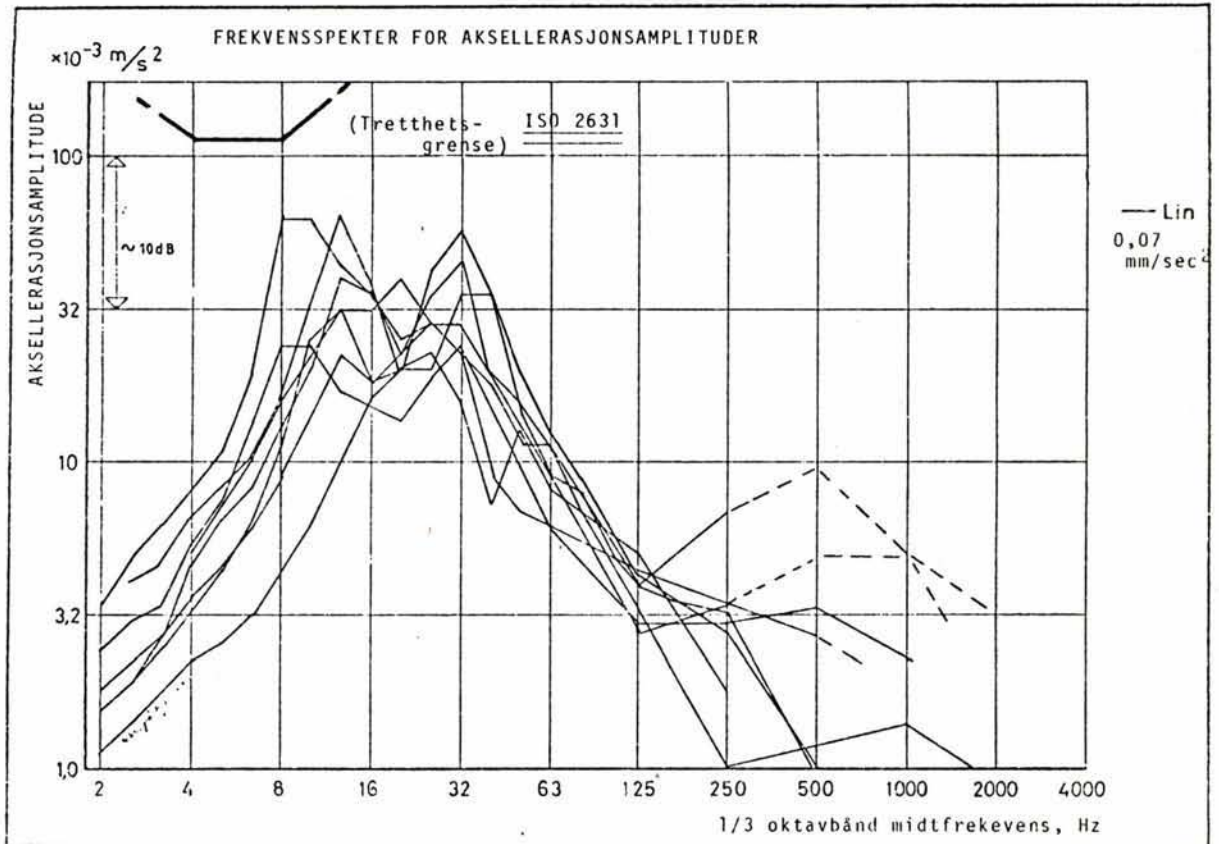


Figur 2.2.
Fordeling av aksellerasjonsnivåer ved 138 etterfølgende togpasseringer.

2.2.3 Frekvenskarakteristikk.

Figur 2.3 viser frekvenskarakteristikk for noen vibrasjonsmålinger utført i bolig. Kurvene angir aksellerasjonsamplituder i m/s^2 i $1/3$ oktavbånd fra 2 Hz og oppover. Kurveskaren tilsvarer en lineær aksellerasjonsamplitude på ca. $0.07 m/s^2$.

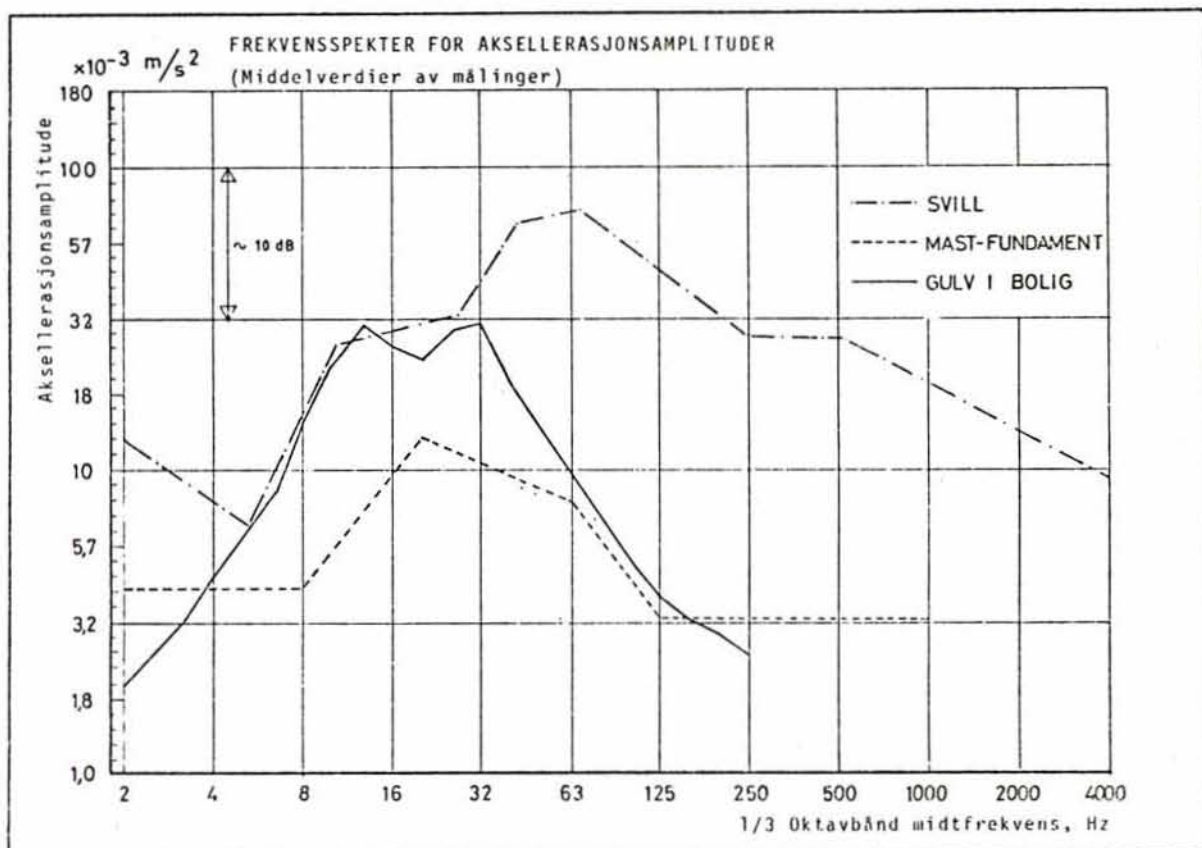
Det må antas at aksellerasjonsamplitudene forårsaket av togtrafikk synker "rettlinjet" fra ca. 32 Hz og oppover. Anomaliteter i området over 125 Hz må tilskrives støy fra andre kilder, herunder vibrasjoner generert av intern støy i bygningen.



Figur 2.3

Frekvenskarakteristikk for noen vibrasjonsmålinger i bolig. Tretthetsgrense for 24 timers påvirkning etter ISO 2631 er inntegnet.

Figur 2.4 angir en middelerdi av kurveskaren vist i figur 2.3. I tillegg er det plottet inn to kurver som viser middelerdi av noen få vibrasjonsmålinger på henholdsvis sville og fundament for ledningsmast. Vibrasjoner på sville er målt ved togpassering på annet spor.



Figur 2.4

Frekvenskarakteristikk for vibrasjonsnivå (aksellerasjonsamplitude) i bolig, på mastfundament og på sville (tog passerer på nærmeste spor).

2.2.4 Vibrasjonsutbredelse.

Vibrasjonsforplantning fra tog til bygninger er avhengig av grunnforhold inklusive ballastoppbygging for banen. Eventuell vibrasjonsisolering vil virke inn på vibrasjonsforplantningen fra bane til grunn.

Vibrasjonsforplantningen i grunnen vil være spesielt stor i området for egensvingninger i aktuell masse. For leirgrunn ligger egensvingninger i aktuell masse. For leirgrunn ligger egensvingningene i frekvensområdet 15–30 Hz. Dette kan stemme overens med en toppverdi for aksellerasjon målt i bolig i frekvensområdet rundt 30 Hz, (figur 2.3).

Egenfrekvensen for fjell ligger i frekvensområdet 40–50 Hz.

Resulterende vibrasjonsutslag i bygninger er til sist avhengig av egenfrekvensen for de ulike bygningsdeler. Egenfrekvensen for dekker (trebjelkelag) i aktuell boligmasse kan ligge i frekvensområdet 10–15 Hz. Dette synes å stemme overens med høye aksellerasjonsamplituder i frekvensområdet 8–16 Hz.

2.2.5 Variasjon i vibrasjonsnivå ved togpassering.

Figur 2.5 viser en utskrift for aksellerasjonsamplitude målt på gulv i bolig. Figuren viser lineærverdi (alle frekvenser) og verdi i 1/3 oktavbånd med midtfrekvensene 4 Hz og 40 Hz.

Variasjonene i aksellerasjonsamplituden er størst i det lavfrekvente området, fra ca. 50 Hz og nedover. Utskriften for 1/3 oktavbåndene 4 Hz og 40 Hz er valgt delvis tilfeldig for å vise det store variasjonsområdet.

Frekvensanalysene er foretatt ut fra båndopptak av signal ved togpassering. Ved filterinnstilling 4 Hz (1/3 oktavbånd) er signalet skrevet ut med spesielt stor pennhastighet og papirhastighet på nivåskriveren. På grunnlag av denne utskrift kan boggipassering på en nærliggende skinneskjøt påvises. Inntegnede tog viser sammenhengen mellom maksimal aksellerasjonsamplitude og boggipassering.

Minimumsnivåene ("dalbunn" i utskrift) angir grunnvibrasjoner som skyldes ujevnheter i hjul og skinnegang utenom skinneskjøter (sporveksler m.v.)

Utskriften ved filterinnstilling 40 Hz angir tilnærmet den største variasjonsbredden for aktuelt frekvensområde (fra 2 Hz og oppover). Forskjell mellom "topp" og "bunn" er ca. 20 dB. Dette tilsvarer her en variasjon fra 0.004 til 0,04 m/s².

Variasjonsområdet for lineærverdi er ca. 10 dB.

Andre utskrifter/analyser av togpasseringer viser tilsvarende variasjon i de tilfeller hvor maksimalutslagene er av samme størrelsesorden.

Hjulpasseringer av pens/veksel gir noe mindre variasjon i vibrasjonsnivå enn skinneskjøt, men dette er selvfølgelig avhengig av de aktuelle ujevnheter.

Eliminering av skinneskjøter synes å kunne gi en reduksjon i vibrasjonsnivå på ca. 10 dB.

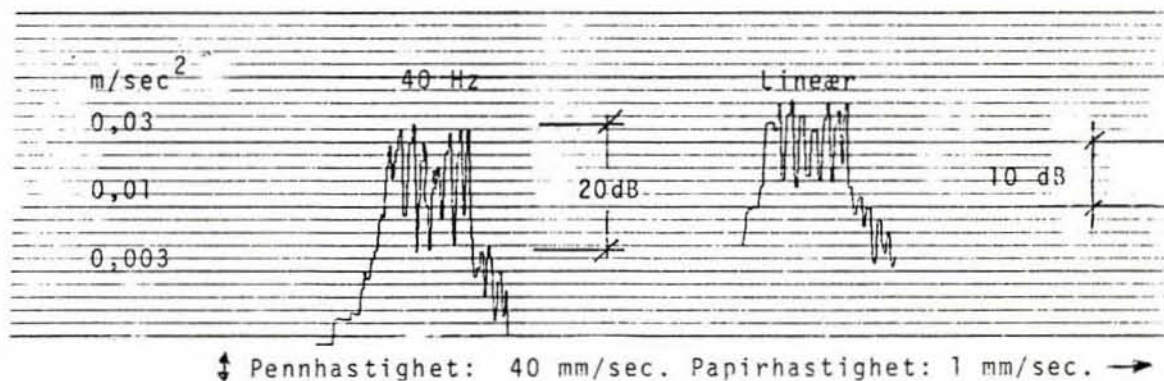
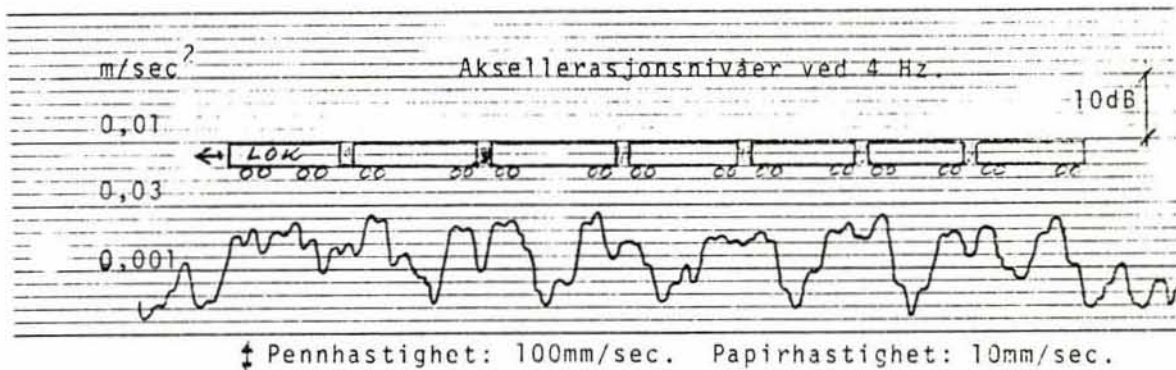
Subjektivt vurdert skulle dette kunne gi en "halvering" av støy/vibrasjonssjenanse ved togpassering.

I hvilken grad dette kan oppnås er avhengig av vibrasjonsgenerering ved penspassasje alene. Dette kan imidlertid ikke vurderes før skinneskjøtene er eliminert.

Laveste verdi for vibrasjonsnivå ved togpassering vil være avhengig av ujevnheter i hjul og skinnegang generelt. (Angående dempningsmuligheter, se kapitel 5).

AKSELLERASJONSNIVAER SOM FUNKSJON AV TID VED TOGPASSERING.

Tog, EL 11 + 6 passasjervogner. 23.11.79., Kl. 17.52.
 Passering av lasket skinneskjot ved pens, Schweigårds gt. 77.
 Tog på Hovedbane inn mot stasjon, kjørehastighet ca. 40km/time.



Figur 2.5

Aksellerasjonsnivå målt på gulv som funksjon av tid ved togplassering.
 Tog, EL 11 + 6 passasjervogner. 23.11.79 kl. 17.52.
 Passering av lasket skinneskjot ved sporveksel, Schweigårds gt. 77.
 Tog på Hovedbane inn mot stasjonen, kjørehastighet ca. 40 km/time.

2.2.5 Vibrasjoner fra annen trafikk.

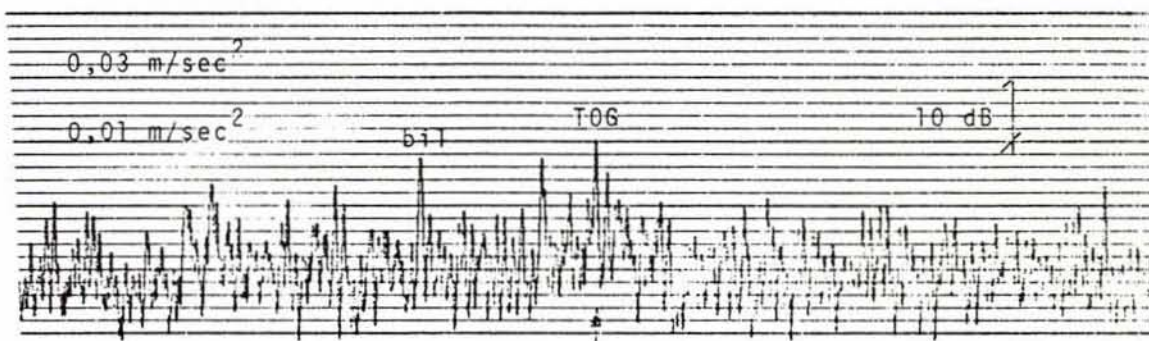
Figur 2.6 viser en utskrift av aksellerasjonsamplitude målt på gulv i bolig øverst i Schweigårdsgt. Den ene togpasseringen er angitt.

Som utskriften angir ligger vibrasjonsamplitudene p.g.a. annen trafikk enn tog opp mot disse. Vibrasjonene vil her imidlertid ikke være regelmessige (tidsbestemt) og av en jevnere karakter (mindre variasjonshastighet).

Det bør også nevnes at vibrasjoner av den størrelsesorden som forårsakes av trafikk (tog eller bil) også kan oppstå ved tung gange eller lettere hopp på gulvene i de aktuelle boliger (testet i forbindelse med målingene.)

AKSELLERASJONSNIVA SOM FUNKSJON AV TID. 1 TOGPASSERING.

Tidspunkt: 3.12.79., ca. Kl. 17.00. Schweigårdsgate 97.



Pennhastighet: 40 mm/sec.

Papirhastighet: 0,3 mm/sec.

Figur 2.6

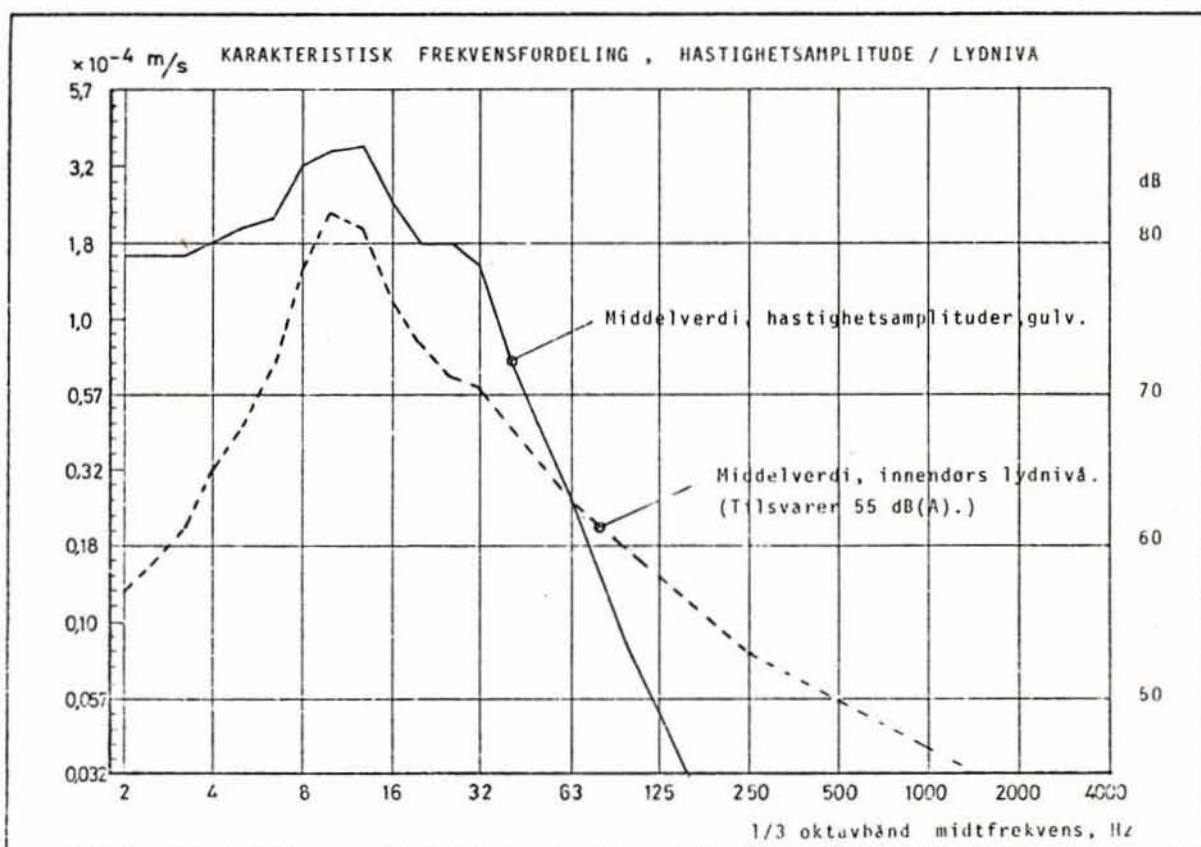
Aksellerasjonsnivå som funksjon av tid.
Måling i bolig nær bro over jernbane.
Lineær registrering. (Kun 1 togpassasje).

3. SAMMENHENG STØY-VIBRASJON

3.1 Sammenligning av måleresultater, vurdering.

3.2.1 Sammenheng støy-vibrasjon.

Figur 3.1 viser karakteristisk frekvensspekter for innendørs lydtryknivå, plottet sammen med karakteristisk frekvensspekter for hastighetsamplituder på gulv (angitt i logaritimisk skala). Plaseringen av kurvene er tilfeldig valgt.



Figur 3.1

Karakteristisk frekvenskarakteristikk for innendørs støynivå og hastighetsamplitude for vibrasjoner på gulv.

Kurvene i figur 3.1 sammen med nivåutskrifter som viser tidsvariasjon ved togpassering, samt målinger i rom som ikke har vinduer mot jernbanen, gir grunnlag for å anta at innendørs støy i frekvensområdet under ca. 50 Hz domineres av vibrasjonsgenerert lyd, mens det i frekvensområdet over ca. 50 Hz domineres av lufttransmittert støy (avhengig av fasadeisolasjon.)

Målinger i rom uten vindu mot jernbane eller sikt til jernbane viser utrolig nok støynivåer opp mot 60 dB(A). Disse nivåer er imidlertid målt i kjøkken hvor lav lydabsorpsjon gir høyere nivå enn i andre oppholdsrom.

3.2.2 Grenser for støyreduksjon ved fasadeutbedring o.l.

I avsnitt 1.2.2 er det nevnt at en utbedring av fasadeisolasjonen ved utskifting til vinduer med forseglet spesialrute kan redusere innendørs maksimalnivåer til under 60 dB(A). Utskifting til spesialvinduer med stor glassavstand vil kunne redusere maksimalnivåene til 50-55 dB(A). (Hovedmengden av støynivåer ved togpasseringer vil ligge minst 5 dB under dette).

Målinger i rom uten vindu mot jernbane tyder på at en nedre grenseverdi på 45-50 dB(A) bestemmes av vibrasjonsgenerert støy i boligrommene. Det vil med andre ord si at uansett hva som gjøres m.h.t. skjerming og fasadeisolering vil det ikke være mulig å redusere innendørs støynivå til under 45-50 dB(A) uten at selve vibrasjonsgenereringen i banen eller vibrasjonsforplantningen til boligeiendommene reduseres.

Det må her bemerkes at resulterende støynivå i rom er avhengig av rommets lydabsorberende evne. Et rom med mange stoppede møbler m.v. vil få et lavere støynivå enn samme rom uten inventar.

I enkelte boligrom gir vibrasjonene i bygningen opphav til klirring i skap o.l. Dette gir da selvfølgelig høyere lydnivå og større sjenanse enn f.eks. det lydnivå som skyldes lufttransmittert lyd alene.

Subjektivt kan det ved opphold i boligrom ved jernbanen være vanskelig å avgjøre om en "støy"-påvirkning domineres av lyd under høreterskelen (infralyd) og vibrasjoner eller vanlig hørbar støy (frekvens over 20 Hz).

4. KRITERIER - VURDERING

4.1 Støy

Generelle kriterier/normer for jernbanestøy er under utarbeidelse i Miljøverndepartementet.

Undersøkelser indikerer en forskjell i sjenansereaksjon mellom vei-trafikkstøy og jernbanestøy på ca. 5 dB.

Retningslinjer/kriterier for veitrafikkstøy foreligger. (Rundskriv T-8/79 fra Miljøverndepartementet). Hvis man tar utgangspunkt i disse og adderer 5 dB, får man følgende verdier:

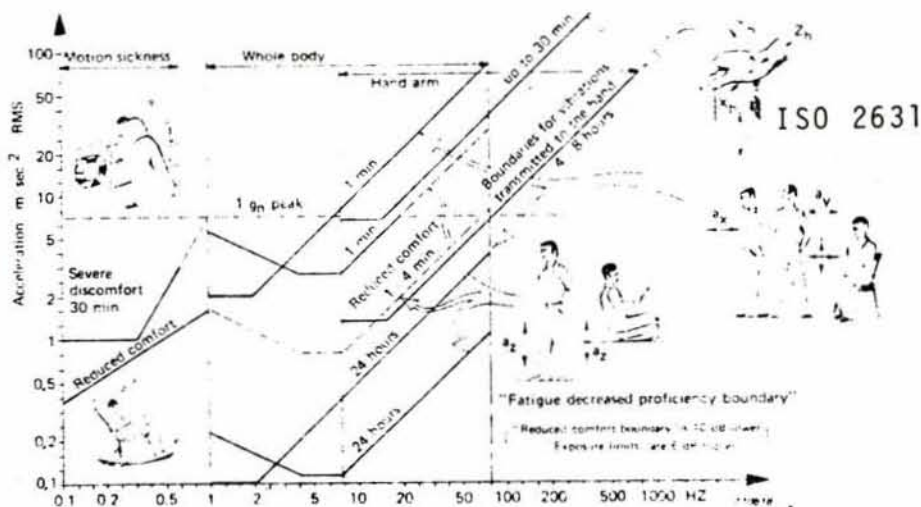
	Ekvivalent støynivå, døgn	Maksimalt støynivå, natt
Innendørs i boliger (lukkede vinduer)	35-40 dB(A)	50-60 dB(A)
Utendørs, bolignære oppholdsområder	60-65 dB(A)	

I forbindelse med en plan bør den laveste grensen ikke overskrides.

4.2 Vibrasjoner.

Norsk standard for vurdering av vibrasjonspåvirkning av mennesker og bygninger er ikke utarbeidet.

Den internasjonale standardiseringsorganisasjon, ISO, har imidlertid utarbeidet en standard for vurdering av vibrasjonspåvirkning av mennesker. Grenseverdier for aksellerasjonsamplituder er gjen-gitt i figur 4.1. (ISO 2631, "Guide for the Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration").



Figur 4.1

Kriterier for vibrasjonspåvirkning på mennesker. (ISO 2631, "Guide for the Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration.")

I Tyskland er det utarbeidet en DIN-norm (Vornorm), DIN 4150, som omhandler både vibrasjonspåvirkning på mennesker og vibrasjonspåvirkning på bygninger (del 3).

Grenseverdier for vibrasjoner (hastighetsamplitude) i dekker (trebjelkelag og massivbetongdekker) er gjengitt i tabell 2.2 nedenfor.

TABELL 4.1

Grenseverdier for bygningsvibrasjoner. Maksimale vertikale vibrasjoner på dekker. (DIN 4150).

Grenseverdi, mm/s	Vurdering av bygningspåvirkning
over 10	Skader mulig. Kontroll av spenninger i bygning nødvendig.
6-10	Skader usannsynlig. Kontroll av spenninger anbefales.
2,5-6	Skader meget usannsynlig.
under 2,5	Skader utelukket.

4.3 Vurdering av måleresultater i forhold til kriterier.

4.3.1 Støy.

Rundskriv T-8/79 angir et maksimalt støynivå innendørs på natt på 45-55 dB(A). Dersom denne grensen "justeres" for jernbanestøy, vil dette angi et maksimalnivå på 50-60 dB(A).

I boliger med doble vinduer kan maksimal-nivåene i dag komme opp mot 60 dB(A). For rom med enkle vinduer kan momentanverdier overstige 70 dB(A).

Innendørs døgnekvivalent støynivå er stipulert til 30-40 dB(A) for rom med doble vinduer. En justering på 5 dB opp i forhold til rundskriv T-8/79 gir 35-40 dB(A) som en øvre grenseverdi.

4.3.2 Vibrasjoner

a) Påvirkning på mennesker.

ISO 2631 angir, som vist i avsnitt 4.2, grenseverdier for aksellerasjon som funksjon av frekvens. De laveste (strengeste) grenseverdier er i frekvensområdet 4-8 Hz.

Grense for "tretthet" ved 24 timers påvirkning er ca. 0.1 m/sec^2 ~~0.01 m/sec.~~ i dette frekvensområdet. Frekvenskurven er inntegnet på figur 2.3 i forhold til målte aksellerasjonsamplituder. (Kurven for 1.4 min. påvirkning ligger vesentlig høyere).

På grunnlag av de utførte målinger bør man kunne trekke den slutning at grenseverdier for tretthet ikke overskrides. Dette er imidlertid ikke ensbetydende med at vekking forårsaket av støy/vibrasjoner ikke kan forekomme - hvilket igjen er avhengig av søvndybde m.v.

I de fleste av boligene mot jernbanetraséen er vibrasjonene godt registrerbare og er vel kanskje først og fremst et irritasjonsmoment.

~~Grenseverdien for hastighetsamplituder på 2,5 mm/sec. (DIN 4150) er angitt på figur 2.1. Figuren viser at alle måleresultater ligger under denne verdi. Selv om man her regner med en viss usikkerhet i måleresultater og at den aktuelle bygningsmasse "tåler" noe mindre vibrasjonspåvirkning enn forutsatt i DIN-normen, burde mulighetene for skadelig vibrasjonsvirkning være meget små.~~

b) Påvirkning på bygninger,

Grenseverdien for hastighetsamplituder på 2,5 mm/sec. (DIN 4150) er angitt på figur 2.1. Figuren viser at alle måleresultater ligger under denne verdi. Selv om man her regner med en viss usikkerhet i måleresultater, og at den aktuelle bygningsmasse "tåler" noe mindre vibrasjonspåvirkning enn forutsatt i DIN-normen, burde mulighetene for skadelig vibrasjonsvirkning være meget små.

Om det da allikevel kan være noe usikkerhet på dette punkt, vil en reduksjon av vibrasjonsgenerering ved eliminering av skinneskjøter redusere mulighetene for skadelig påvirkning av bygning til det usannsynlige.

c) Årsak til eksisterende sprekkdannelser, skader på vinduer m.v.

Hoveddelen av bygningsmassen langs den aktuelle banestrekning i "gamlebyen" er fundamentert på tresåle på leirgrunn.

Endringer i grunnvannstand og normale setninger p.g.a. ujevn belastning vil over tid gi spenninger og sprekkdannelser i bygningene. Mulighet for råtedannelse i tresåle vil også være til stede dersom grunnvannstanden synker så mye at det slipper til oksygen.

En bygning eller bygningsdel (f.eks. vindu) som er satt i spenning på grunn av "normale" setninger vil etter en tid slå sprekke eller knuses.

Hvis bygningen eller bygningsdelen som står under spenning/belastning utsettes for varierende vibrasjonspåvirkning, er det sannsynlig at sprekkdannelse vil oppstå ved en maksimalamplitude for vibrasjon. Med andre ord vil dette si at det er sannsynlig at sprekkdannelse oppstår (eller vindu knuses) i forbindelse med en togpassering. Uten vibrasjonspåvirkning kunne gjerne sprekkdannelsen vært forsinket i årevis.

Man kan vel derfor si at vibrasjoner fra togtrafikk (eller like gjerne biltrafikk) er "medvirkende" eller fremskynder en synlig "skade", men ikke at den er årsak til skaden.

Når det gjelder oppheng av bilder m.v., må man likeledes kunne regne med at et bilde "faller ned" i forbindelse med en togpassering. Generelt må det derfor sies at feste av gjenstander m.v. i bygninger som utsettes for vibrasjoner må gjøres bedre enn feste i bygninger som ikke utsettes for vibrasjoner.

5. STØY- OG VIBRASJONSDEMPENDE TILTAK

5.1 Reduksjon av vibrasjons- og støygenerering.

5.1.1 Vibrasjons- og støydempning.

Vibrasjoner og støy fra jernbanevogner (og motorvogner) genereres som følge av ujevnheter i toghjul og skinnegang og elastiske deformasjoner i overbygning.

Rent teoretisk skulle vibrasjons- og støygenerering være lik null ved ideelt runde hjul og helt jevn skinnegang.

Under normale betingelser vil typisk støynivå for togtyper hvor skinnestøyen dominerer være i området 86-90 dB(A), målt i 15 meters avstand, 1,5 m høyde og ved hastighet 70-90 km/t. Støynivået øker vanligvis 6-8 dB(A) pr. hastighetsfordobling. (Ref. SINTEF-rapport STF44A-75076, "Jernbanestøy").

Samme rapport angir videre et tillegg på 6-8 dB(A) ved laskede skinner og sporveksler, et tillegg på 8-10 dB(A) ved overflatedefekter på hjul og et tillegg på 3-6 dB(A) ved bølge- eller rifte-dannelse på skinnene.

En artikkel i "Journal of Sound and Vibration", 1977, "Railroad and Rail Transit Noise Sources", av R.Lotz, angir tillegg på opp til 10 dB(A) som forskjell mellom laskede og helsveisede skinner og 6-8 dB(A) som tillegg ved sporveksler.

Våre registreringer av tidsvariasjon i utendørs lydnivå ved togpassering viser nivåvariasjoner på 4-6 dB(A) som et gjennomsnitt. Variasjonen kan tilskrives hjulpassering av skinneskjøt. Laveste nivå vil imidlertid være bestemt av støy fra hjulpassering på nærliggende sporveksler m.v.

Støymålinger utført av NSB ved banestrekninger med helsveisede skinner gir også grunnlag for å anta en reduksjon i støynivå ved helsveising av skinnene på minst 5 dB.

Våre registreringer av tidsvariasjon i innendørs lydnivå og vibrasjonsnivå viser noe større variasjonsbredde (opp til ca. 10 dB(A)). Dette antyder at større ujevnheter i skinnegang gir større utslag i vibrasjonsgenerering enn i direkte støygenerering.

Helsveising av skinner og minimalisering av ujevnheter i penser vil sannsynligvis være det enkelttiltak som gir størst reduksjon i innendørs vibrasjons- og støyforhold.

En reduksjon på 10-15 dB i vibrasjonsnivå og opp til 10 dB(A) i innendørs støy-nivå synes mulig. (Reduksjonen vil være avhengig av boligens beliggenhet i forhold til nærmeste skinneskjøt),

Bruk av sporveksler med lukkede kryss bør overveies. Innvirkningen av dagens penser har det imidlertid, som tidligere nevnt, vært vanskelig å vurdere. Muligens kan det være en fordel å foreta nye målinger etter en eventuell helsveising av skinnene.

5.1.2 Støy fra motorvogner/lokomotiv.

Støyen fra elektriske motorvogner vil ved større hastigheter først og fremst være dominert av hjul-skinnestøy. Tidsbildet av støyen ved passering vil derfor vise et jevnt nivå, dvs. variasjonene vil utgjøres av eventuelle større ujevnheter i skinnegang.

Støyen fra elektriske lokomotiver begrenser mulig reduksjon i støynivå ved reduksjon av hastighet. Selv ved relativt store hastigheter (> 50 km/t) vil støynivået ved lok-passering ligge opp til 5 dB(A) høyere enn nivå ved vognpassering (avhengig av måleavstand/toglengde). Se figur 1.12.

Dieseldrevne lokomotiv gir noe høyere støynivå enn elektriske lokomotiv.

5.2 Reduksjon av vibrasjonsforplantning.

5.2.1 Vibrasjonsisolering under ballast.

Vibrasjonsisolering mellom ballast og underlag kan gi en vibrasjonsdempning i lavere frekvensområde.

Ifølge undersøkelser utført av NSB i forbindelse med tunnel Øst-Vest foreligger det omfattende litteratur fra utlandet om saken. Måleresultatene har imidlertid vært vanskelig å tolke, tildels motstridende og tydeligvis sterkt avhengig av lokale forhold. Det synes vanskelig å finne frem til bestemte isolasjonsmåter som virker overbevisende over hele frekvensområdet og under varierende grunnforhold.

Muligens kan nyere undersøkelser, bl.a. for jernbanens Oslo-tunnel hvor det er benyttet ulike former for vibrasjonsisolering, gi bedre grunnlag for en vurdering, eventuelt på et senere tidspunkt. Det er imidlertid vanskelig å si om noen av disse løsninger kan benyttes i det fri.

5.2.3 Andre tiltak

Andre tiltak for reduksjon av vibrasjonsforplantning fra jernbane til boliger synes minimale.

Eventuell slissing og utskifting av masse i grunnen mellom boliger og jernbane vil neppe gi nevneverdig reduksjon av vibrasjonsforplantningen dersom slissedybden ikke overgår 2-3 m.

5.3 Reduksjon av støyforplantning.

5.3.1 Skjerming.

Bruk av skjermer langs banetraséen gjennom "Gamlebyen" kan redusere støybelastningen for bakenforliggende uteområder med 5-15 dB(A), avhengig av skjermhøyde, høydeforhold, avstand tog-skjerm og avstand skjerm-mottager.

Skjermer langs banetraséen gir noe dempning av innendørs støy-nivå for boligenes nederste etasjer. For boligrom i 1. etg. kan dempningen stipuleres til opp til 10 dB(A) ved togpassering i nærmeste spor. Det er da forutsatt enkle vinduer i boligen.

Eventuell forbedring av fasadeisolasjonen vil redusere skjermenes dempende virkning på innendørs støyforhold. Mulig dempning vil her også være begrenset av støy generert p.g.a. vibrasjonsforplantning (se kapittel 3).

Når det gjelder skjerming av utearealer må man ta hensyn til skjermens rent estetiske virkning og innvirkning på lysinnfall og utsikt.

Det synes derfor mest realistisk å foreta skjermings-tiltak for områder hvor avstand mellom skjerm og boliger overstiger 4-5 m.

Bruk av relativt lav skjerm (1,2-1,5 m) som alternativ til eksisterende nettingjerde langs en del av strekningen bør muligens vurderes. Dette kan gi en dempning i størrelsesorden ca. 5 dB for nært bakenforliggende områder og redusere "overraskelse smomentet" ved togpasseringer på nærmeste spor. En lav skjerm der hvor eksisterende nettingjerde er plassert behøver heller ikke å redusere lystilgangen for boligenes nederste etasjer.

Et forslag til skjermplasing er vist på vedlagte plankart av aktuelt område. Heltrukne linjer angir skjermhøyde 2-2,5 m, avtrappende til skjermhøyde 1,2-1,5 m, vist med stiplede linjer.

Total lengde av skjermer med høyde 2-2,5 m blir ca. 480 m.
Total lengde av skjermer med høyde 1,2-1,5 m blir ca. 240 m.

Figur 5.1 viser 4 profilsnitt med inntegnet skjermforslag. Snittene refererer til angivelse på plankartet.

5.3.2 Fasadeisolering.

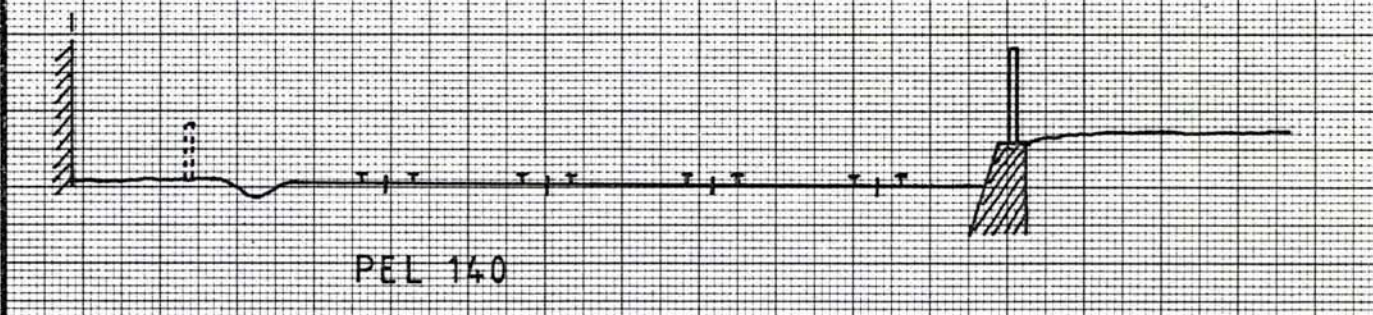
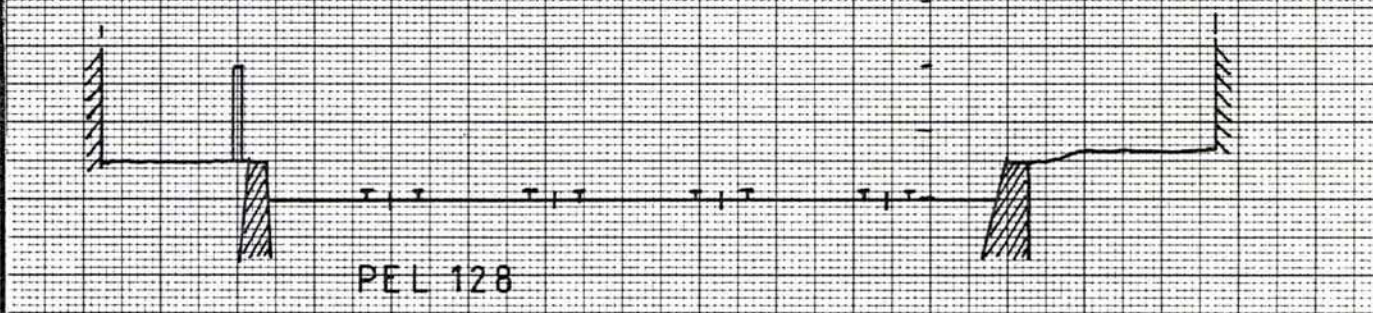
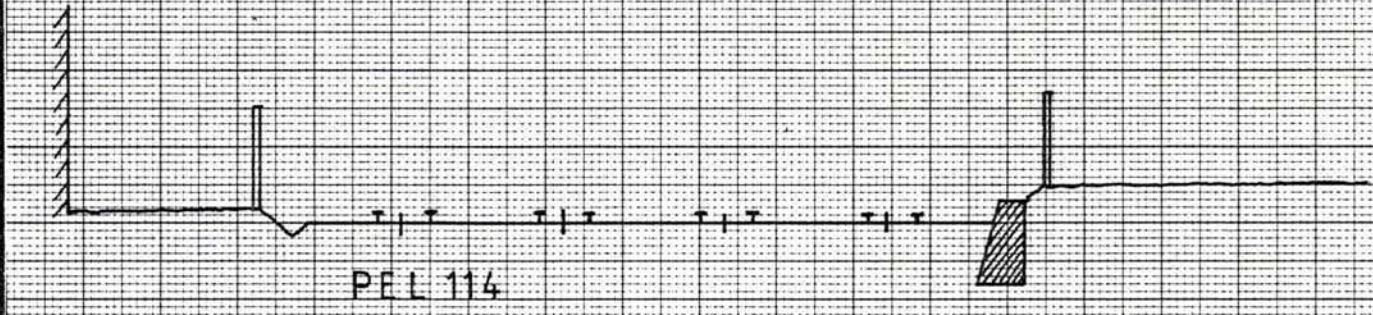
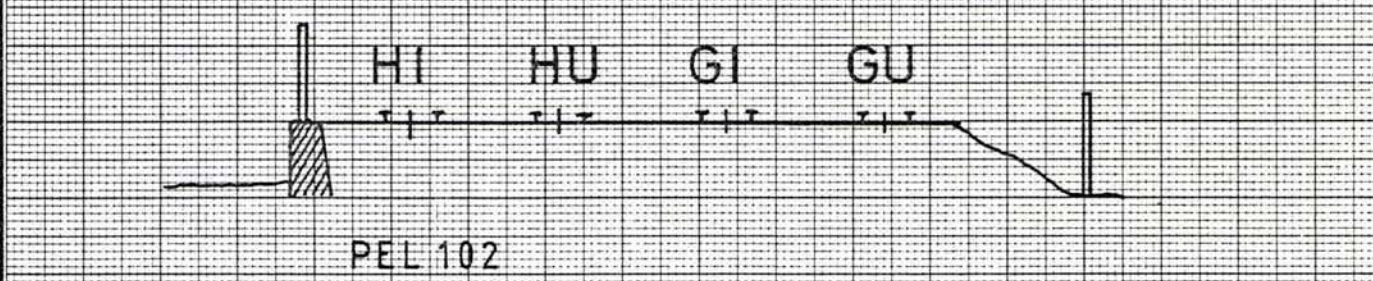
Avsnitt 1.1.2 omhandler eksisterende innendørs støyforhold og fasadeisolering. Målingene viser at fasadeisolasjonen for de fleste boligrom med doble vinduer ligger i området 30-35 dB(A) - avhengig av vindusutførelse, arealforhold vindu/vegg, romstørrelse og romabsorpsjonen.

En utskifting av vinduene til vinduer med forseglet spesialrute, som vist på figur 5.2, kan redusere innendørs støynivå med 4-10 dB. Den største forbedring oppnås der hvor det i dag er enkelt vindu.

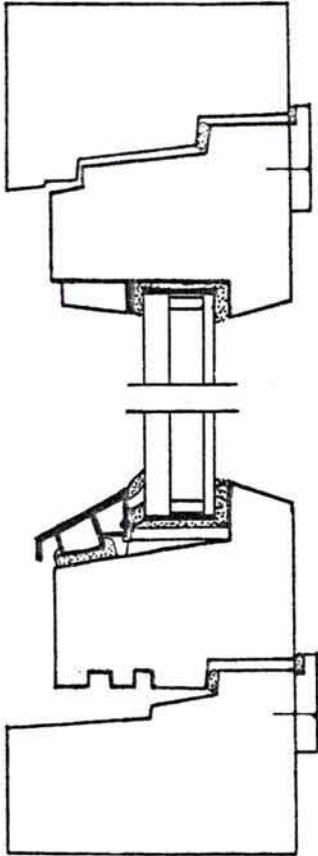
En ytterligere støyreduksjon kan oppnås ved utskifting til vindustype vist på figur 5.3. Teoretisk kan dette redusere innendørs støynivå med ytterligere 5 dB. Bruk av vindu med 2 separate rammer for henholdsvis ytre 6 mm glassrute og indre, forseglet 2-lags isolerglassrute og glassavstand 15-20 cm, kan redusere støynivået med ca. 10 dB(A) i forhold til en løsning med vindu som vist på figur 4.2. Resulterende innendørs lydnivå vil imidlertid være begrenset av den støy som oppstår p.g.a. vibrasjonsforplantning i grunnen. Se kapitel 3.

5.3.3 Innbygging av jernbanetrasé.

En fullstendig innbygging av jernbanetrasé mellom boliger vil neppe redusere innendørs støynivå mer enn hva som kan oppnås ved skjerming/fasadeisolering uten at vibrasjonsforplantningen i banelegeme reduseres.



N S B - "GAMLEBYEN"		Tegn. H. BING: 9.02.80
PROFILSNITT. Skjermingstiltak langs jernbanetrase'.		Kfr.
LUND & AASS		Målestokk 1 : 200
		5.1
MARIES VEI 20	1322 HØVIK	TLF. *1210 40
		Kfr. tegn. nr.



Vindu med 2 glass

10 + 12 + 4 mm

Forseglet rute. Gassfyllt

$R_m = 40 \text{ dB}$

Data fra Institut für
Bauphysik, Stuttgart.
Maksimal glass-størrelse
2000 x 3000 mm.

$D_A = 33 - 34 \text{ dB(A)}$

REDUKSJONSTALL:

Frekvens, Hz	1/3 oktav R, dB	1/1 oktav R, dB
50	-	
63	-	~ 25
80	-	
100	30	
125	32	30
160	28	
200	28	
250	32	32
315	39	
400	40	
500	43	43
630	48	
800	46	
1000	45	45
1250	45	
1600	42	
2000	49	46
2500	47	
3150	42	
4000	-	~ 45
5000	-	

Tegn. *ABF*

Kfr.

LYDISOLERENDE VINDU MED
SPESIALGLASS

Målestokk 1 : 3

LUND & AASS

791623

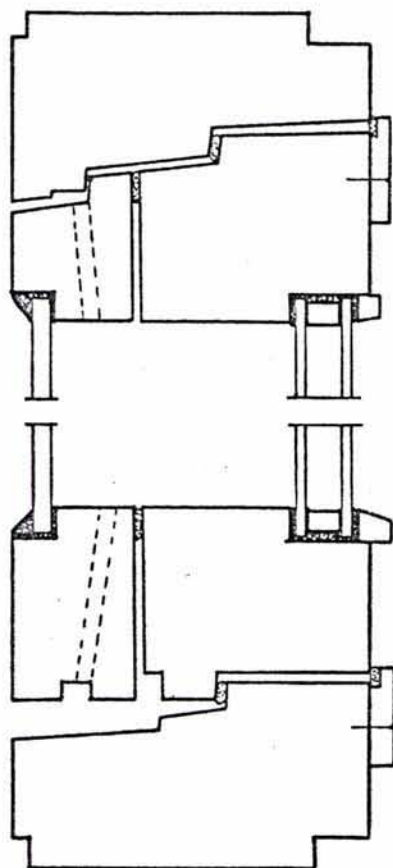
5.2

MARIES VEI 20

1322 HØVIK

TLF. *1210 40

Kfr. tegn. nr.



Koblet Vindu med 3 glass
 6 + 90 + 4 + 14 + 4 mm
 4 + 14 + 4 Forseglet rute

$R_m = 44$ dB
 =====

Data fra Akustisk Laboratorium, Trondheim

Vinduets størrelse:

1290 x 1450 mm

Ramme av tre

$D_A = 38 - 39$ dB(A)

REDUKSJONSTALL:		
Frekvens, Hz	1/3 oktav R, dB	1/1 oktav R, dB
50	-	~ 28
63	-	
80	-	
100	30	34
125	42	
160	36	
200	41	39
250	38	
315	40	
400	41	42
500	42	
630	45	
800	47	46
1000	46	
1250	45	
1600	46	50
2000	51	
2500	54	
3150	57	~ 55
4000	-	
5000	-	

		Tegn. <i>zlf</i>	
		Kfr.	
		Målestokk 1 : 3	
		791623	5.3
		Kir. tegn. nr.	
		LYDISOLERENDE VINDU MED STOR GLASSAVSTAND	
		LUND & AASS	
		MARIES VEI 20 1322 HØVIK TLF. *1210 40	

6. KOSTNADER

6.1 Skjerming.

Total angitt skjerm lengde på planskissen vist i bilag 1 er ca. 750 m, hvorav ca. 500 m er angitt som høye skjermer og ca. 250 m som lave skjermer.

Total kostnad for denne skjermkombinasjon er stipulert til ca. kr. 625.000,- ekskl. m.v.a.

Dersom det bare benyttes lave skjermer, blir totale skjermkostnader ca. 375.000,- ekskl. m.v.a.

6.2 Fasadeisolering.

6.2.1 Utbedring/utskifting av enkle vinduer.

En full utbedring av vinduer med enkel rute ved å sette inn nytt "varevindu" innvendig kan koste ca. kr. 200.000,-.

En full utskifting av disse vinduer med vindu med spesialglassrute er kostnadsberegnet til kr. 500.000,- ekskl. m.v.a.

6.2.2 Utskifting av samtlige vinduer mot jernbanetrasé.

En full utskifting av samtlige vinduer i fasader mot jernbanetrasé er kostnadsberegnet til ca. 2 millioner kroner (ca. 700 vinduer). Det er da regnet med utskifting til vinduer med spesialglassrute som vist på figur 5.2.

En utskifting til vinduer som vist på figur 5.3 vil koste ca. 3 millioner kroner.

7. BILAG

7.1 Planskisse over aktuelt område.

7.2 Separat bilag nr. 1.

"Tilstandsvurdering av bygninger"

7.3 Separat bilag nr. 2.

"Måleresultater, tabellarisk oversikt"

M

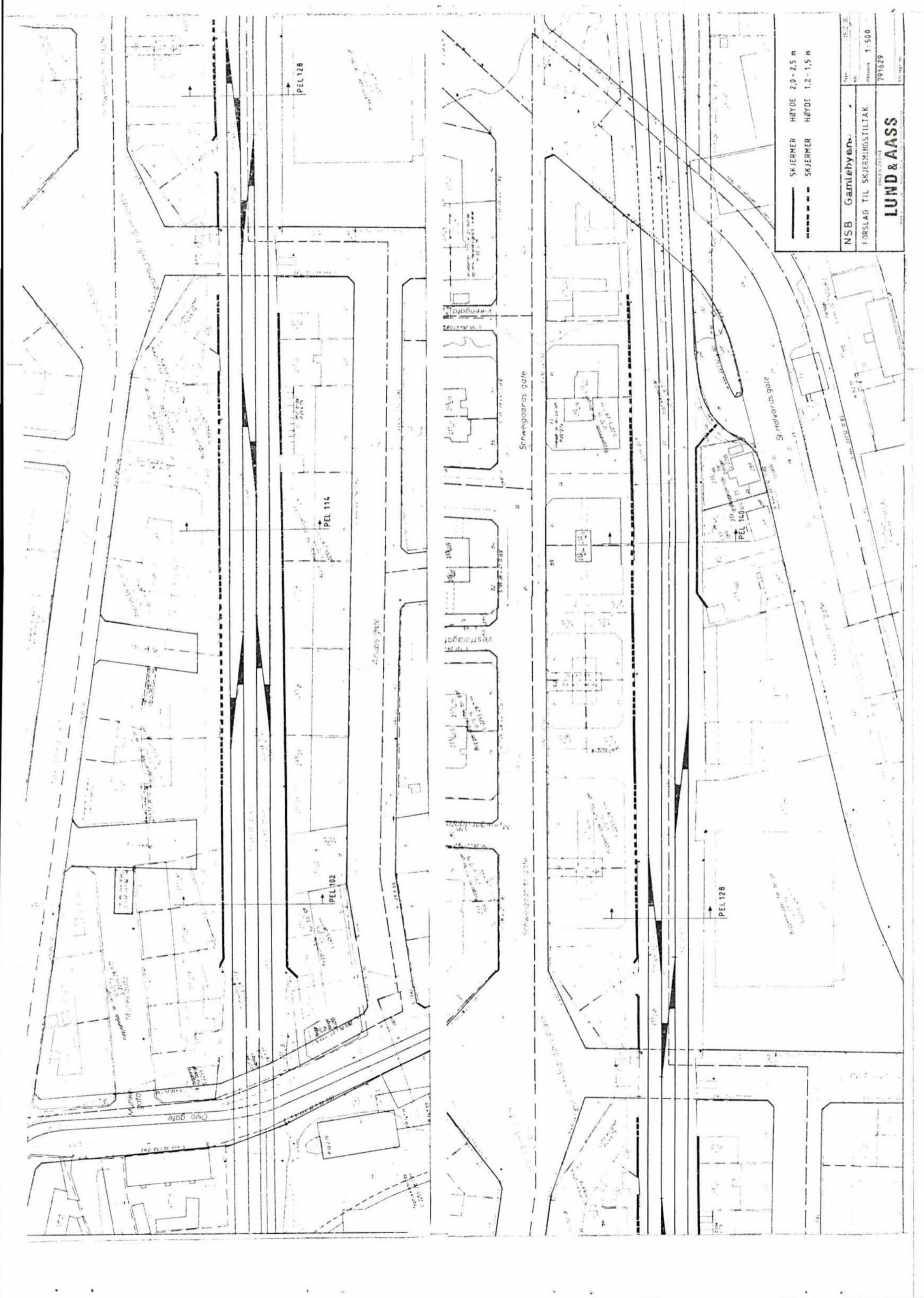
Jernbanelibet
Biblioteket

JBV



09TU06708

200000163103



—	SKJERMER	HØYDE 2,0 - 2,5 m
- - - -	SKJERMER	HØYDE 1,2 - 1,5 m
NSB Gamlebyen		
FORSLAG TIL SKJERMINGSTILTAK		
LUND & AASS		
791629		1:500