
VEDLEGG 10A

STØY OG VIBRASJONER

UNDERSØKELSESNOTAT

Undersøkelser og utredelser
for regulerings sak 202202903
Ensjøveien 3,5,7,9,11,13,15A og 15B

NOTAT

Oppdrag	Normannsløkka - lyd- og vibrasjonsforhold	Dokumentkode	10252776-01-RIA-NOT-001
Emne	Strukturlyd og vibrasjoner fra T-bane	Tilgjengelighet	Begrenset
Oppdragsgiver	Norsk Rikskringkasting AS	Oppdragsleder	Clas Ola Høsøien
Kontaktperson	Nils Bjarne Foss	Utarbeidet av	Clas Ola Høsøien
Kopi	Nordic v/Erik Sevestre	Ansvarlig enhet	10106020 Akustikk og luftkvalitet

SAMMENDRAG

Det er gjennomført målinger av vibrasjoner og strukturlydnivå fra T-banetunnel i Ensjøveien 3, 5 og 7 for å undersøke behovet for vibrasjons- og strukturlyddempende tiltak for NRKs nye bygninger.

Resultatene viser at strukturlyd må dempes betraktelig, noe avhengig av plassering av lydfølsomme funksjoner i de nye bygningene. Aktuelle tiltak i sporet gir lydnivå i grenseland for vanlige arbeidslokaler, men for høye for studioer og andre støyfølsomme rom. Estimaterne tar utgangspunkt i eksisterende produkter for sviller (svillematte og mellomleggsplate). Det er ikke gitt at framtidige produkter har samme egenskaper.

Det vurderes derfor å være en mer robust og hensiktsmessig løsning med elastisk opplagring av byggene for å ivareta vibrasjons- og strukturlydforhold.

1 Innledning

Det er gjennomført målinger av vibrasjoner og strukturlydnivå i tre eksisterende bygninger/adresser i forbindelse med utredning knyttet til NRKs utbyggingsprosjekt på Ensjø. Hensikten har vært å undersøke behovet for vibrasjons- og strukturlyddempende tiltak, og å utarbeide underlag for vurdering av hvilke eventuelle tiltak som er nødvendige for å oppnå tilfredsstillende forhold med hensyn på vibrasjoner og strukturlyd fra T-banetraffikk i nye bygninger.

Dette notatet oppsummerer resultater fra målingene.

2 Målepunkter

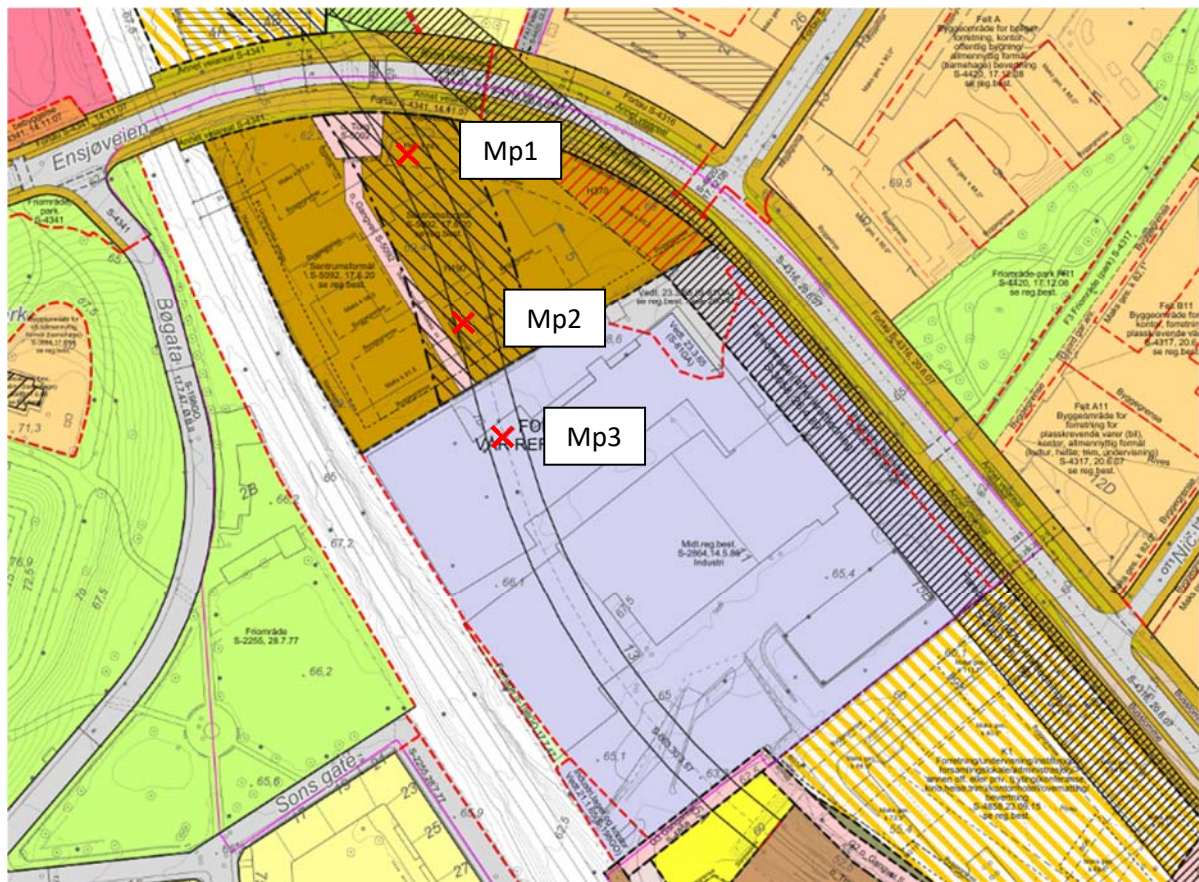
Det ble montert målere i Ensjøveien 3, 5 og 7. Hvert målepunkt bestod av følgende instrumenter:

- En Sigicom Infra V10 vertikal geofon (for måling av komfortverdier i henhold til NS 8176:2017 [1]).
- En Sigicom Infra V12 triaksial geofon (for måling av lineære verdier i henhold til DIN 4150-3 [2]).
- En Sigicom Infra S50 lydnivåmåler (for måling av maksimalnivåer i henhold til NS 8177:2010 [3], men med frekvensområde utvidet til og med 1/3-oktavbåndet 1250 Hz).

Figur 1 nedenfor viser aktuelt område med eksisterende bygninger, trasé for T-bane i tunnel og plassering av de tre målepunktene Mp1, Mp2 og Mp3.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	16.05.2024	Inkludert vurdering av svillematter og demping kjeller til 1. etasje	Clas Ola Høsøien	Peter Klaveness	Clas Ola Høsøien
00	16.04.2024	Registreringer strukturlyd og vibrasjoner fra T-bane	Clas Ola Høsøien	Peter Klaveness	Clas Ola Høsøien

Målepunktene ble etablert 26. september 2023 og demontert 19. oktober 2023. Alle målepunkter er plassert på laveste nivå/nederste etasje i bygningene.



Figur 1: Utsnitt som viser området med eksisterende bygninger, trasé for T-bane (tunnel) og angivelse av hvor målepunktene er plassert.

3 Informasjon om eksisterende bygninger og avstand til tunnel

Informasjon om eksisterende bygninger er hentet fra saksinnsyn hos Plan- og bygningsetaten i Oslo kommune og forhold som har betydning for vurdering av måleresultatene er oppsummert i underkapitlene nedenfor.

3.1 Ensjøveien 3

Tabell 1: Informasjon om grunnforhold og fundamentering for Ensjøveien 3.

Dokument	Informasjon
02 Soeknad_med_vedlegg	Fundamenteres til fjell.
12 Kart	Inntegnet tunnellop for T-bane.
16 Tegninger (snitt)	Koteshøyde overkant kjellergulv C + 62,00. Gulv kjeller 150 mm betongplate. 350 mm til fjell under betongplate.
17 Tegninger (plan kjeller)	Koteshøyde C + 62,00. Grunnmur og punktfundamenter.

Strukturlyd og vibrasjoner fra T-bane

Sporets profilhøyde (profilnummer 3220-3230) er ca. 42,9-43,4 m under dette målepunktet. Avstand til antatt SOK ca. 19 m.

3.2 Ensjøveien 5

Tabell 2: Informasjon om grunnforhold og fundamentering for Ensjøveien 5.

Dokument	Informasjon
02 Soeknad_med_vedlegg	Grunnens beskaffenhet: Fjell. Fundamentering: Jernbetong til fjell. Grunnmur: Jernbetong isolert med lettbetong.
06 Andre_dokumenter	S. 18: Gulv i 1. etg. er utført etter tegn. Nr. 4, godkjent den 23/2-1966. 35 cm kultlag, avrettet, diffutett papp, 15 cm Leca, armeringsnett + 8 til 10 cm støp (som på tegn. 3 godkjent den 20/11-65).
09 Tegninger (snitt)	Kotehøyde overkant ferdig kjellergulv C + 66,75.
11 Tegninger (snitt/detaljer)	Kotehøyde overkant ferdig kjellergulv C + 66,75.

Sporets profilhøyde (profilnummer 3270-3280) er ca. 45-45,5 m under dette målepunktet. Avstand til antatt SOK ca. 21,5 m.

3.3 Ensjøveien 7

Tabell 3: Informasjon om grunnforhold og fundamentering for Ensjøveien 7.

Dokument	Informasjon
02 Soeknad_med_vedlegg	Grunnens beskaffenhet: Fjell. Fundamentering: Støpes til fjell. Grunnmur: Puss, lettbetongisolasjon, arm. betong. I radio og TV-verksted: forskriftsmessig luftgrav mot terreng. I verksted i underetasjen utføres gulvet som godkjent «Leca-gulv».
04 Andre_dokumenter	S. 15: Kjeller: Fyrrum, lager, film-, radio- og T.V.verksted, garderobe, spiserom og tilfluktsrom.
10 Tegninger	Kotehøyde underetasje: + 66,0
11 Tegninger	Fundamenteringsplan med snittedetaljer.

Tunnelens profilhøyde (profilnummer 3310-3325) er ca. 47-47,5 m under dette målepunktet. Avstand til antatt SOK ca. 18,5 m.

4 Registreringer vibrasjoner

I NS 8176:2017 er det i informativt tillegg C angitt at:

«I bygninger som museer, sykehus, kirker og konsertlokaler kan vibrasjoner med statistisk maksimalverdi av veid hastighet i nye bygninger som overskrider $v_{w,95} = 0,1 \text{ mm/s} - 0,2 \text{ mm/s}$, erfaringsmessig gi opphav til klager og vibrasjonsplager. Dette gjelder for opplevelse av vibrasjoner for mennesker som oppholder seg i bygningene [...]»

Generelt ligger registrerte vibrasjonshastigheter lavt, se vedlegg 1. Triaks-målingene viser at de høyeste verdiene er i vertikal retning. Komfortmålingene etter NS 8176:2017 viser veide

hastigheter i vertikal retning rundt eller under 0,010 mm/s i målepunkt 1 og 2, og opp mot 0,025 mm/s i målepunkt 3.

Registreringene er ikke knyttet direkte til passeringer på t-banen, men med dagens rutetabell er det 48 passeringer i timen på Ensjø stasjon på dagtid, dvs. i snitt nesten en passering i minuttet (selv om ikke alle passeringene er helt likt fordelt). Registreringene er gjort i to-minutters perioder, så det kan antas at de aller fleste registreringer med verdi større enn 0 mm/s inneholder en eller flere passeringer. Med dette som utgangspunkt, er beregnet statistisk maksimalverdi av veid hastighet for to tilfeldige døgn i målepunkt 3 i begge tilfeller $v_{w,95} = 0,016$ mm/s. Dette er langt under grenseverdiene omtalt ovenfor.

5 Registreringer strukturlyd

Resultatene i underkapitlene nedenfor er basert på registreringer som er gjennomgått for å sikre at det kun er passeringer i tunnelen som inngår i grunnlaget. For målepunkt 2 og 3 er antall sikre passeringer vesentlig større enn i målepunkt 1, noe som først og fremst skyldes at det generelt er lavere registrerte verdier i dette målepunktet, samt at det har vært en viss aktivitet i tiliggende arealer og rett utenfor bygningen.

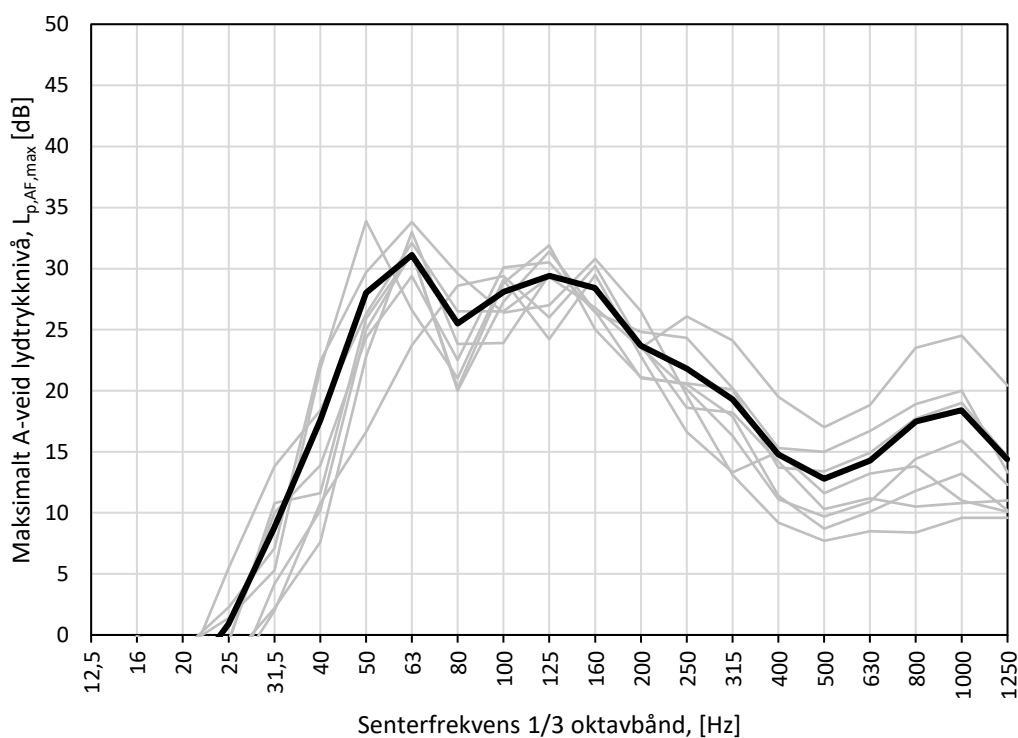
5.1 Målepunkt 1

Figur 2 nedenfor viser frekvensspektre for sikre registreringer i målepunkt 1.

Høyeste registrerte nivå: $L_{p,AF,max} = 36,4$ dB.

Energimiddel av registrerte nivåer: $L_{p,AF,max,middel} = 35,4$ dB.

Standardavvik (basert på aritmetisk middel): $\sigma = 0,81$ dB



Figur 2: Sammenstilling sikre frekvensspektre i målepunkt 1, samt energimiddel (tykk, sort kurve).

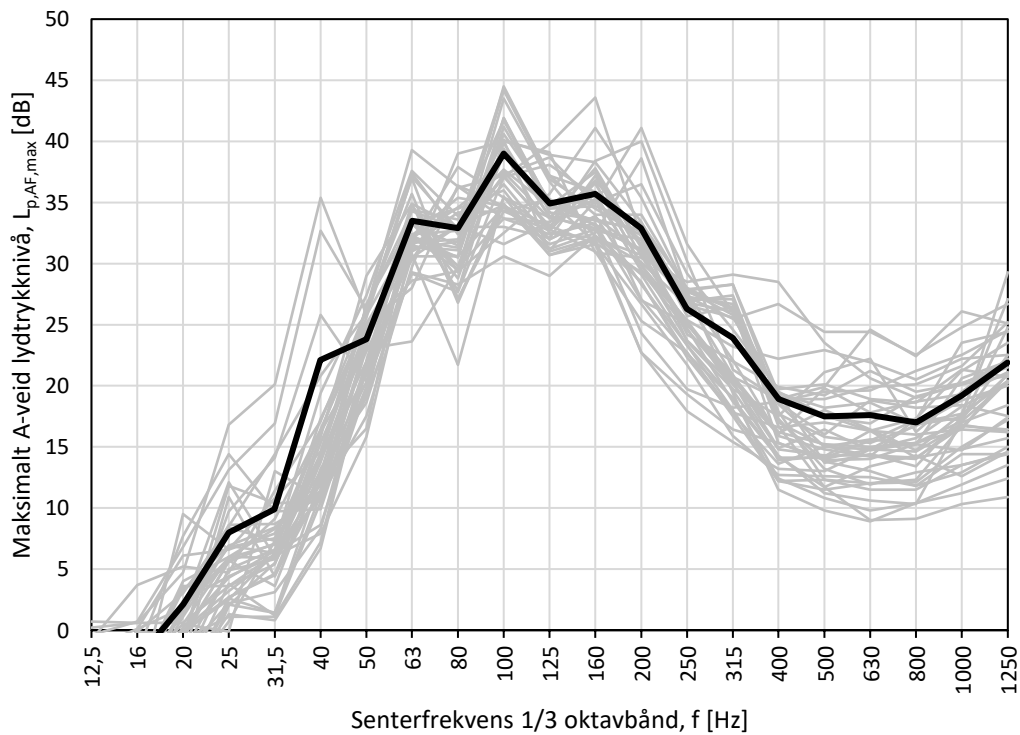
5.2 Målepunkt 2

Figur 3 nedenfor viser frekvensspektre for sikre registreringer i målepunkt 2.

Høyeste registrerte nivå: $L_{p,AF,max} = 45,4$ dB.

Energimiddel av registrerte nivåer: $L_{p,AF,max,middel} = 42,2$ dB.

Standardavvik (basert på aritmetisk middel): $\sigma = 2,16$ dB



Figur 3: Sammenstilling av sikre frekvensspektre i målepunkt 2, samt energimiddel (sort kurve).

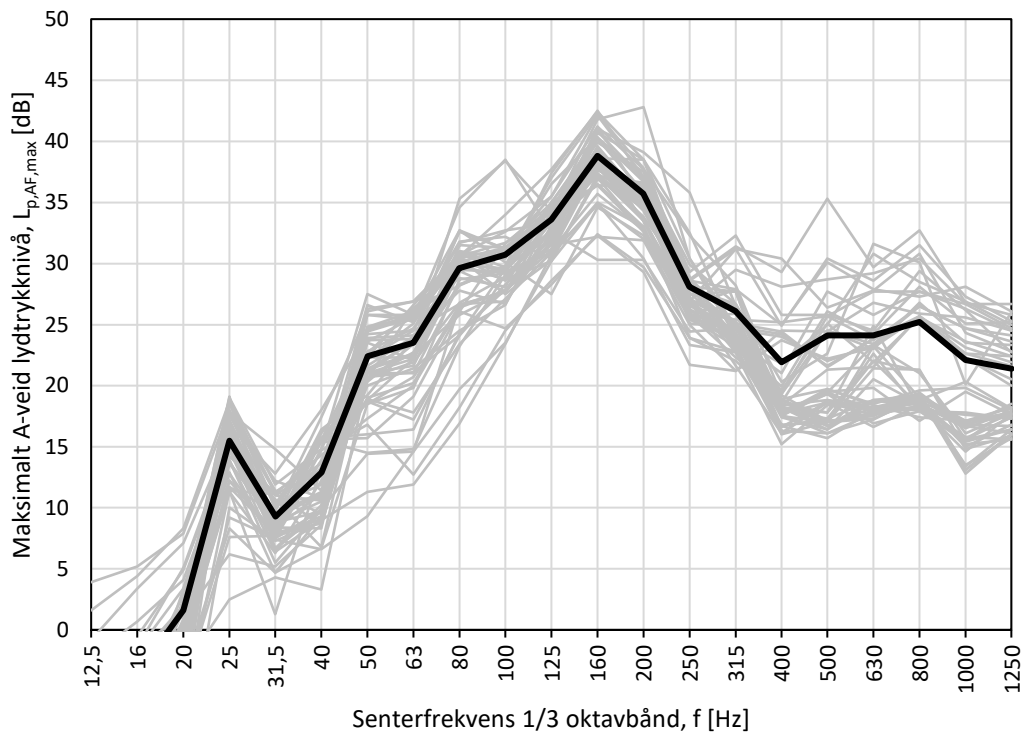
5.3 Målepunkt 3

Figur 4 nedenfor viser frekvensspektre for sikre registreringer i målepunkt 3.

Høyeste registrerte nivå: $L_{p,AF,max} = 44,9$ dB.

Energimiddel av registrerte nivåer: $L_{p,AF,max,middel} = 41,6$ dB.

Standardavvik (basert på aritmetisk middel): $\sigma = 1,94$ dB



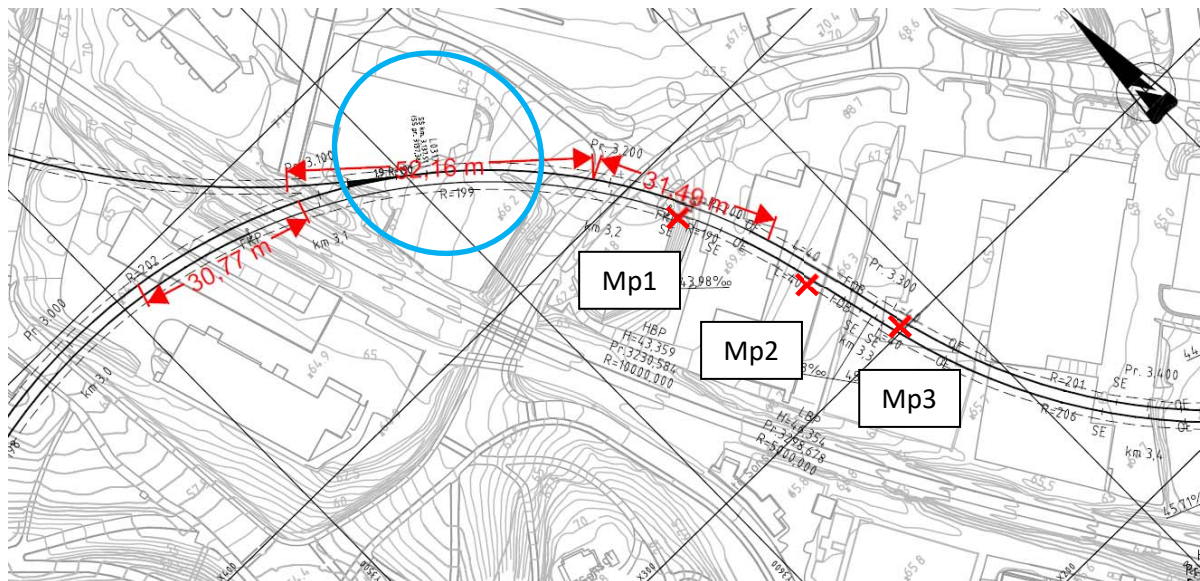
Figur 4: Sammenstilling sikre frekvensspektre i målepunkt 3, samt energimiddel (sort kurve).

6 Foreløpige vurderinger

6.1 Forskjell i registrerte strukturlydnivåer

Det framgår av kapittel 5 at registrerte nivåer i Ensjøveien 5 og 7 (målepunkt 2 og 3) er i samme størrelsesorden, mens registrerte nivåer i Ensjøveien 3 (målepunkt 1) ligger 5-6 dB lavere.

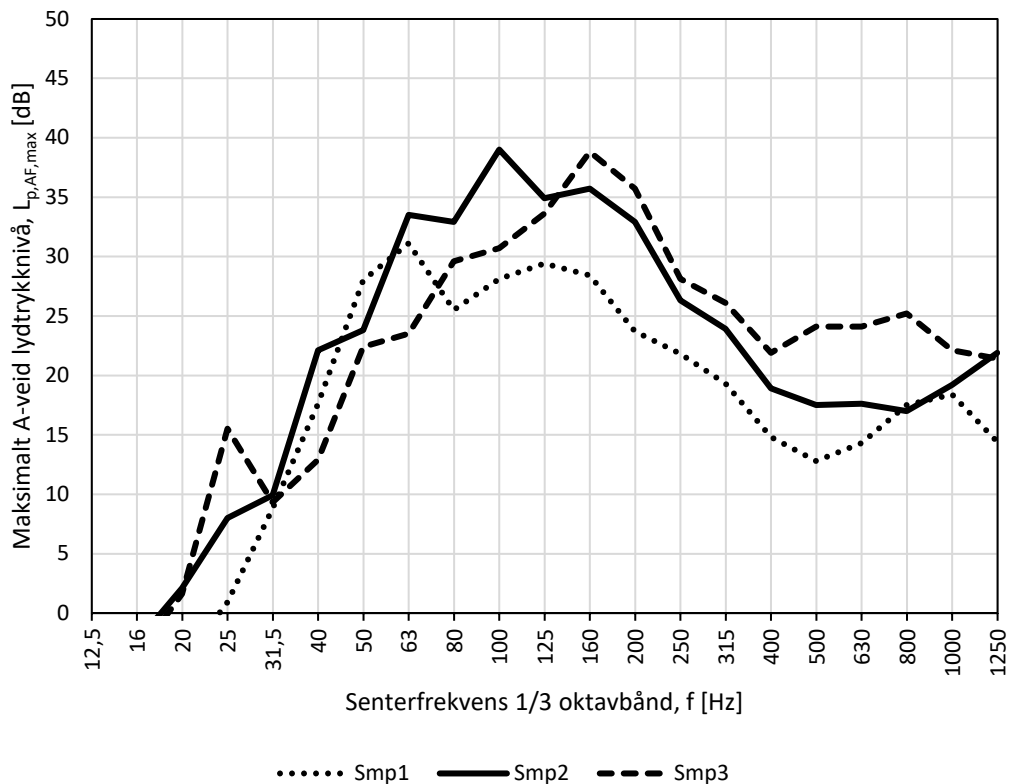
På mottatt «Plan- og Profiltegninger Km. 3000-3750» er det lagt inn lengdeangivelser skal vise utstrekning av tiltak i sporet knyttet til utbygging av boligblokker i Ensjøveien 4, se figur 5. Merk at markert utstrekning ikke er i samme målestokk som kartet. Eventuelle tiltak i sporet avsluttes sannsynligvis omtrent under Ensjøveien.



Figur 5: Utsnitt av plan-/profiltegning med lengdeangivelser. Utbyggingsprosjekt i Ensjøveien 4 er markert med blå sirkel. Målepunkter er angitt med røde kryss.

A-veide energimiddelspektra fra de tre målepunktene er sammenstilt i figur 6. Det framgår av figuren at registrerte nivåer i målepunkt 1 er lavere fra og med 1/3-oktavbåndet 80 Hz sammenlignet med de to andre målepunktene.

Eventuelle tiltak i sporet er sannsynligvis ikke alene årsak til lavere nivåer i målepunkt 1. Andre forklaringer kan være lavere hastighet på grunn av kraftigere kurvatur, og at konstruksjonene har svakere kobling til berg enn i de to andre målepunktene.



Figur 6: Energimiddel fra registreringer i de tre målepunktene.

6.2 Vurdering av dempingstiltak i spor

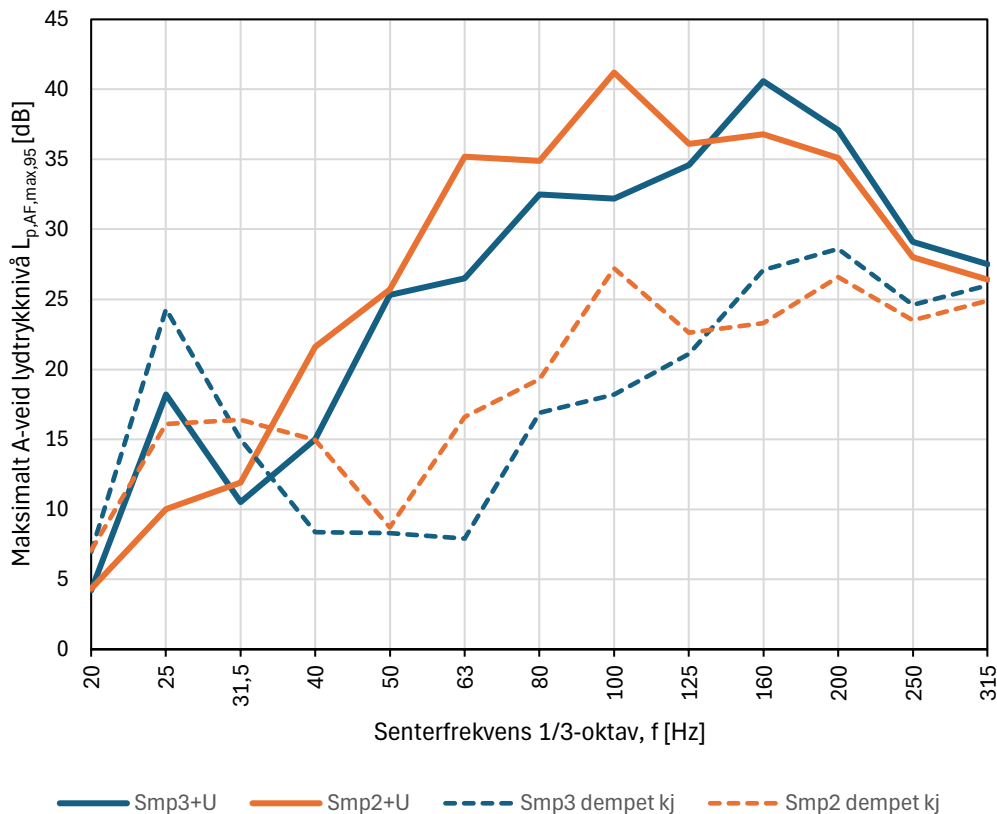
Selv om registrerte vibrasjonshastigheter er lave, viser registrering av strukturlydnivåer at det vil være nødvendig med tiltak for å redusere nivåene til akseptabel verdi. Basert på målingene kan det være aktuelt med tiltak innenfor frekvensområdet 40-400 Hz, med størst demping i området 50-250 Hz.

Aktuelle grenseverdier basert på betraktninger i NS 8175:2012 [4] er maksimale A-veide lydtryknivåer. Som det går fram av figur 2, Figur 3 og Figur 4, vil imidlertid lydnivået fra passeringene kunne variere ganske mye. For å ta høyde for dette, er det i de videre vurderingene lagt til en margin basert på beregnet standardavvik for hvert 1/3-oktavbånd og en dekningsfaktor 1,65, noe som tilsvarer et konfidensnivå på 95 % for énsidig test. Etersom aktuelle grenseverdier er gitt som en øvre grense, betyr dette at det er 95 % sannsynlighet for at måling av nivåer vil ligge under grenseverdien.

Aktuell grenseverdi å dimensjonere tiltak mot, er til dels avhengig av hvilke funksjoner som plasseres hvor i bygningene. Lydstudio og/eller musikkrom bør ikke ha høyere nivåer enn $L_{p,AF,max} = 25$ dB, ref. grenseverdi for tekniske installasjoner i tabell 11 i NS 8175:2012 (som gjelder musikkrom/sal/lydstudio i undervisningsbygg).

På grunn av begrensninger med hensyn på høyde i eksisterende tunnel, er ballastmatter sannsynligvis ikke aktuelt. Ifølge rapport fra Brekke & Strand Akustikk [5], er sporveiens standardløsning for strukturlydisolasjon elastiske matter støpt fast på undersiden av svillene, såkalte svillematter fra Getzner. Tidligere har det blitt brukt svillematter av type SLN220G sammen med standard mellomleggsplater av gummi (knotteplater) mellom skinner og svill. Denne typen går imidlertid ut av produksjon, og vil erstattes av type SLN315G, kombinert med stive mellomleggsplater. I rapporten er det gjengitt innskuddsdemping for begge typer svillematter i frekvensområdet 20-315 Hz. Beregning av effekt av ny type svillematte og stive mellomleggsplater

for målepunkt 2 og 3 er vist i figur 7. På grunn av resonansfrekvens til svillesystemet, vil lyd opp til ca. 40 Hz kunne forsterkes.



Figur 7: Resultater fra målepunkt 2 og 3 med eksisterende overbygning spor, og estimert resultat med demping i form av svillematter.

Et slikt tiltak kan gi maksimalnivåer opp mot 33-34 dB i rom fundamentert direkte på berg, beregnet for dette frekvensområdet. Maksimalnivåer med slike verdier kan være akseptabelt i rom med sekundær funksjon, som lager, toaletter, garasje, garderobe osv., men ikke i arbeidsarealer, og særlig ikke i studioer og rom/saler for framføring og opptak av tale og musikk.

Erfaringer fra driving av Follobanetunnelen tilsier at det er noe demping fra kjeller til 1. etasje. Basert på idealiserte kurver for etasje-demping, kan lydnivå i 1. etasje og høyere, komme opp mot maksimalnivåer på 29-30 dB med svillematter som tiltak. Dette kan vurderes å være akseptabelt i vanlige arbeidsarealer, men ikke i lydfølsomme rom.

6.3 Vibrasjon- og strukturlyddempende opplagring av bygningene

Et alternativ til tiltak i tunnel/spor, er vibrasjonsdempende opplagring av selve bygningene. Dette kan utføres ved hjelp av fleksible elementer (gjerne polyuretanskumbaserte produkter) i søylefundamenter og andre bærende punkter. Disse dimensjoneres etter punkt- eller linjelaster, avhengig av hvilke bæresystemer som velges. De kan også legges inn under bærende flater.

Det vil være viktig med nøyaktige vektberegninger for riktig dimensjonering av de fleksible elementene, og høy kvalitet på installasjon for å unngå kortslutninger mellom bygninger og berg.

7 Referanser

- [1] Standard Norge, «NS 8176 Vibrasjoner og støt. Måling i bygninger av vibrasjoner fra landbasert samferdsel, vibrasjonsklasser og veiledning for bedømmelse av virkning på mennesker», des. 2017.
- [2] Deutsches Institut für Normung (DIN), «DIN 4150-3:2016 'Vibrations in buildings. Part 3: Effects on structures'», des. 2016.
- [3] Standard Norge, «NS 8177 Akustikk. Måling av lydtryknivå fra togtrafikk», 2010.
- [4] Standard Norge, «NS 8175 Lydforhold i bygninger. Lydklasser for ulike bygningstyper», 2012.
- [5] Brekke & Strand Akustikk AS, «AKU-01 Vurdering av svillematter. Effekt på strukturstøy av bytte fra SLN220G til SLN315G svillematte.», 5650200, mai 2023.

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.