



RAPPORT

Bybanen i Bergen strekning BT5 Sentrum - Åsane

STRUKTURLYD OG VIBRASJONER

DOK.NR. 20180567-01-R
REV.NR. 0 / 2022-06-14

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjekttittel: Bybanen i Bergen BT5 Sentrum - Åsane
Dokumenttittel: Strukturlyd og vibrasjoner
Dokumentnr.: 20180567-01-R
Dato: 2022-06-14
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Bergen kommune
Kontaktperson: Elin Rasten (Norconsult AS)
Kontraktreferanse:

for NGI

Prosjektleder: Karin Norén-Cosgriff
Utarbeidet av: Karin Norén-Cosgriff
Kontrollert av: Finn Løvholt

Sammendrag

I forbindelse med utarbeidelse av Teknisk forprosjekt og reguleringsplan for Bybanen i Bergen delstrekning Sentrum - Åsane, har NGI utført beregninger av strukturstøy og vibrasjoner, vurdert grenseverdier, og anbefalt tiltak på et overordnet nivå for å tilfredsstille disse.

Grenseverdien i NS8176 (klasse C), $v_{w,95} = 0,3$ mm/s legges til grunn for omfanget av tiltak mot vibrasjoner. Grenseverdien i NS8175 (klasse C), $L_{A,max} = 32$ dB legges til grunn for omfanget av tiltak mot strukturstøy fra tunnelene. På dagstrekningene er målsetningen $L_{A,max} = 37$ dB i rom der strukturlyd er dimensjonerende.

Delstrekning 1

Grunnforholdene på delstrekningen er ugunstige med hensyn på vibrasjoner med til dels svært bløte lag i grunnen. Beregningene viser at grenseverdien for vibrasjoner kan overskrides på hele eller deler av strekningen. Aktuelle tiltak mot vibrasjoner kan være å legge et elastisk underlag av f.eks. polyuretan eller steinull under betongplaten eller å bruke en tykkere og stivere betongplate under sporet. Tykkelse på betongplate og egenskaper for et eventuelt elastisk underlag må nøye vurderes sammen med grunnens dynamiske egenskaper i beregninger i byggeplanfasen.

På deler av strekningen vil det også være nødvendig med tiltak mot strukturstøy. Dette gjelder spesielt i Sandbrogaten der avstanden mellom spor og bygninger er kort. Tiltak mot strukturstøy skal ses i sammenheng med tiltak mot vibrasjoner. Vibrasjonsisolert fastspor ("embedded rail") kan gi god effekt mot strukturstøy forutsatt en resonansfrekvens $f_0 \leq 45$ Hz. Vibrasjonsisolert fastspor i kombinasjon med elastisk underlag under betongplaten vil gi ytterligere støyreduksjon: Med denne kombinasjonen vil grenseverdien kunne møtes på hele strekningen.

Delstrekning 2

Vibrasjoner fra bergtunnelene vil være lave og vurderes ikke å overstige grenseverdien. Forutsatt at banen på strekning langs Amalie Skrams vei fundamenteres enten til berg eller til faste løsmasser, vurderes heller ikke vibrasjoner fra dagstrekningen å overstige grenseverdien.

For bergtunnelene mellom Sandbrogaten – Amalie Skrams vei og Amalie Skrams vei – Sandviken sykehus vil strukturstøy kunne overstige grenseverdien i flere boliger over tunnelene. Aktuelt tiltak mot strukturlyd fra banen i tunnel vil være ballastmatter under sporet. Med ballastmatter vil grenseverdien kunne møtes i alle boliger over tunneler. På dagstrekningen er det kun i to boliger nær sporvekslere som beregningene viser overskridelse av grenseverdien. Aktuelt tiltak er svillematter under sporvekslere eller alternativt vibrasjonsisolert fastspor. Med disse tiltakene vil grenseverdien kunne møtes.

Delstrekning 3

Vibrasjoner fra bergtunnelene vil være lave og vurderes ikke å overstige grenseverdien. Forutsatt at banen på strekning ved Ervik fundamenteres til berg eller til faste løsmasser vurderes heller ikke vibrasjoner fra dagstrekningen å overstige grenseverdien.

For de to bergtunnelene, Eidsvågtunnelen og tunnelen mellom Ervik og Tertnes vil strukturstøy kunne overstige grenseverdien i flere boliger over tunnelen. Aktuelt tiltak mot strukturlyd fra banen i tunnel vil være ballastmatter under sporet. Med ballastmatter vil grenseverdien kunne møtes i alle boliger over tunnelene. På dagstrekningen viser beregningene ingen overskridelser av grenseverdien for strukturstøy.

Delstrekning 4

Vibrasjoner fra bergtunnelene vil være lave og vurderes ikke å overstige grenseverdien. Forutsatt at eventuelle torvlag graves vekk og banen fundamenteres på berg eller faste løsmasser vurderes heller ikke vibrasjoner fra dagstrekningen å overstige grenseverdien.

For de to bergtunnelene, mellom Tertneskrysset og Åsane og mellom Langarinden og Arnavegen vil strukturstøy kunne overstige grenseverdien i flere boliger over tunnelene. Aktuelt tiltak mot strukturlyd fra banen i tunnel vil være ballastmatter under sporet. Med ballastmatter vil grenseverdien kunne møtes i alle boliger over tunnelen. På dagstrekningen viser beregningene overskridelse av grenseverdien i en boligblokk ved Åsane senter. Aktuelt tiltak på strekningen er vibrasjonsisolert fastspor. Med tiltaket vil grenseverdien kunne møtes.

Innhold

1	Innledning	7
2	Vibrasjoner og strukturstøy	7
3	Regelverk	7
3.1	Bybanen, Tekniske regelverk for prosjektering og bygging.	7
3.2	Reguleringsbestemmelser for strekningen Nesttun – Rådal og Sentrum - Fyllingsdalen.	8
3.3	Grenseverdier for strekningen Sentrum - Åsane	8
4	Beregningsmetode for vibrasjoner	9
5	Beregningsmetode for strukturstøy	9
6	Tiltak mot vibrasjoner	10
7	Tiltak mot strukturstøy	10
8	Grunnlag for beregningene	11
9	Delstrekning 1	13
9.1	Grunnforhold	13
9.2	Vibrasjoner	13
9.3	Strukturstøy	14
9.4	Anbefalte tiltak	15
10	Delstrekning 2	15
10.1	Grunnforhold	15
10.2	Vibrasjoner	16
10.3	Strukturstøy	16
10.4	Anbefalte tiltak	18
10.5	Konsekvens av grønn grense i Teknisk regelverk	19
11	Delstrekning 3	19
11.1	Grunnforhold	19
11.2	Vibrasjoner	20
11.3	Strukturstøy	21
11.4	Anbefalte tiltak	22
11.5	Konsekvens av grønn grense i Teknisk regelverk	22
12	Delstrekning 4	22
12.1	Grunnforhold	22
12.2	Vibrasjoner	24
12.3	Strukturstøy	24
12.4	Anbefaling om tiltak	25
12.5	Konsekvens av grønn grense i Teknisk regelverk	26
	Referanser	26

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

I forbindelse med utarbeidelse av Teknisk forprosjekt og reguleringsplan for Bybanen i Bergen delstrekning Sentrum - Åsane, har NGI utført beregninger av strukturstøy og vibrasjoner, vurdert grenseverdier og anbefalt tiltak på et overordnet nivå for å tilfredsstill disse.

2 Vibrasjoner og strukturstøy

Vibrasjoner fra trafikk kan bre seg ut via bakken til bygninger, og gi rystelser som mennesker kan føle på kroppen. I tillegg vil vibrasjoner i gulv, vegger og tak også kunne avstråles som hørbar strukturlyd. I rom som vender mot banen, gir strukturlyden ofte lavere støynivåer enn den luftoverførte støyen som går gjennom fasaden. For rom som vender vekk fra banen eller i bygninger over tunneler kan strukturlyden være dominerende.

Følbare rystelser er vanligvis kun et problem når både hus og bane står på løsmasser, spesielt bløte løsmasser som for eksempel bløt leire eller torv. Hørbar strukturlyd på dagstrekninger er først og fremst et problem der både bane og boliger er fundamentert på berg, men også ved fundamentering på leire kan hørbar strukturlyd oppstå grunnet overføring i tørrskorpen. Over tunneler bør risiko for hørbar strukturstøy alltid vurderes.

3 Regelverk

3.1 Bybanen, Tekniske regelverk for prosjektering og bygging.

Bybanen, Tekniske regelverk for prosjektering og bygging, [1], angir krav til strukturstøy og følbare rystelser i tre soner: grønn, gul og rød. Grønn sone er akseptabel, tiltak vurderes ved overskridelse av grense for gul sone og tiltak er nødvendig ved overskridelse av grensen for rød sone. Grenseverdiene gjelder for boliger og bygninger som benyttes til boligformål, herunder også sykehjem, omsorgsboliger og sykehus.

Grenseverdiene for vibrasjoner og strukturstøy som er gitt i Bybanen, Tekniske regelverk for prosjektering og bygging, vises i Tabell 1 og Tabell 2.

For følbare rystelser samsvarer grensen for rød sone med grenseverdien for boliger klasse C, $v_{w,95} = 0,3$ mm/s, i Norsk Standard for vibrasjoner fra landbasert samferdsel, NS 8176 [2]. For strukturstøy fra bane i tunnel og kulvert samsvarer grenseverdien for grønn sone med grenseverdien for klasse C, $L_{AmaxF} = 32$ dB, i Norsk Standard for Lydforhold i bygninger, NS 8175 [3]. For bane i dagen er det ikke fastsatt egne grenseverdier for strukturstøy i NS 8175, men kun til summen av luftoverført støy og strukturstøy fra utendørs lydkilder.

Tabell 1. Krav til maksimalt opptredende vibrasjoner

Bolig	Grønn sone Akseptabelt	Gul sone tiltak vurderes	Rød sone tiltak nødvendig	Referanse Kommentarer
Tunnel $v_{w,95}$ (mm/s)	< 0,1	0,10 – 0,30	> 0,3	NS 8176
Dagstrekning $v_{w,95}$ (mm/s)	< 0,15	0,15 – 0,30	> 0,3	NS 8176

Tabell 2. Grenseverdier for boliger med strukturlyd

Bolig	Grønn sone Akseptabelt	Gul sone tiltak vurderes	Rød sone tiltak nødvendig	Referanse Kommentarer
Innendørs Bane i tunnel og i dagen Målenhet L_{Aekv}	≤ 30 dB	31 – 35 dB	> 35 dB	NS 8175 tabell 4, Klasse C tilsv Grønn sone
Innendørs Bane i tunnel og i dagen Målenhet L_{5AF}	≤ 32 dB	33 – 37 dB	> 37 dB	NS 8175 tabell 4, Klasse C tilsv Grønn sone. L_{AmaksM} kan brukes som alternativ målenhet

3.2 Reguleringsbestemmelser for strekningen Nesttun – Rådal og Sentrum - Fyllingsdalen.

Reguleringsbestemmelsene for strekningen Nesttun – Rådal [4] og Sentrum - Fyllingsdalen, [5], setter følgende krav til vibrasjoner og strukturstøy:

Grenseverdien i NS8176 (klasse C), $v_{w,95} = 0,3$ mm/s legges til grunn for omfanget av tiltak mot vibrasjoner. Dersom kostnadene står i rimelig forhold til effekten, skal det gjennomføres tiltak for å oppnå lavere nivåer for vibrasjoner.

Grenseverdien i NS8175 (klasse C), $L_{A,max} = 32$ dB legges til grunn for omfanget av tiltak mot strukturstøy fra tunnelene. På dagstrekningene er målsetningen $L_{A,max} = 37$ dB i rom der strukturlyd er dimensjonerende. Dersom kostnadene står i rimelig forhold til effekten skal det gjennomføres tiltak for å oppnå lavere nivåer for strukturoverført lyd.

3.3 Grenseverdier for strekningen Sentrum - Åsane

Grønn grense for vibrasjoner i Bybanens tekniske regelverk er vesentlig strengere enn grenseverdien i reguleringsbestemmelsene for Nesttun-Rådal og Sentrum – Fyllingsdalen. Tiltak mot vibrasjoner er samtidig sterkt kostnadsdrivende og vi anbefaler derfor at grenseverdiene i reguleringsbestemmelsene for Nesttun-Rådal og Sentrum –

Fyllingsdalen videreføres i reguleringsbestemmelser for strekningen Sentrum – Åsane og brukes som underlag for vurdering av tiltak. Det er forutsatt i denne rapport. Konsekvenser av å bruke grønn grense fra Teknisk regelverk er imidlertid kommentert i rapporten.

Grønn grense for strukturstøy fra tunnel og kulvert i Bybanens tekniske regelverk er i henhold til reguleringsbestemmelsene for Nesttun-Rådal og Sentrum – Fyllingsdalen og vanlig praksis i utbyggings- og oppgraderingsprosjekter for jernbane og sporveier. For dagstrekninger er imidlertid grenseverdien for grønn grense i Teknisk regelverk strengere enn reguleringskravet for strekningene Nesttun-Rådal og Sentrum – Fyllingsdalen og vanlig praksis i andre tilsvarende utbyggingsprosjekter for bane og sporvei. Vi anbefaler derfor at grenseverdiene for strukturstøy som beskrevet i reguleringsbestemmelsene for Nesttun-Rådal og Sentrum – Fyllingsdalen videreføres i reguleringsbestemmelser for strekningen Sentrum – Åsane og brukes som underlag for vurdering av tiltak. Det er forutsatt i denne rapport. Konsekvenser av å bruke grønn grense i Teknisk regelverk for strukturstøy fra dagstrekninger er imidlertid kommentert i rapporten.

4 Beregningsmetode for vibrasjoner

I henhold til Bybanens tekniske regelverk for prosjektering og bygging skal vibrasjonsnivåer i boliger langs banen beregnes ved hjelp av NGIs semi-empiriske beregningsmodell [6] for vibrasjoner fra samferdsel. Modellen er basert på et stort antall målinger av vibrasjoner fra jernbane og veitrafikk ved ulike grunnforhold og er bygget opp med en rekke faktorer som tar hensyn til togtype, hastighet, banekvalitet, grunnforhold, avstand og forsterking i bygninger. Vibrasjoner fra jernbane har et betydelig element av tilfeldighet i seg. Grunnlaget for modellen er derfor behandlet statistisk. Beregningsmodellen gir statistisk middelvei av forventet vibrasjonsverdi. Det vil si den vibrasjonsverdi som med 50 % sannsynlighet ikke blir overskredet. Som grunnlag for planarbeid bør det imidlertid legges inn høyere sikkerhetsmarginer i beregningene. Vi har lagt 95 % konfidens vibrasjonsverdi til grunn. Det vil si den vibrasjonsverdi som med 95 % sannsynlighet ikke vil bli overskredet. Beregningsmetoden er komplett med resultat fra stikkprøvemålinger av vibrasjoner langs strekningen Sentrum – Nesttun utført av NGI etter banens åpning i august 2010.

5 Beregningsmetode for strukturstøy

Det finnes ikke noen offentlig tilgjengelig beregningsmetode for strukturstøy. Beregningene for strekningen Sentrum – Åsane er derfor utført i henhold til de metoder for beregning av strukturstøy fra tunnel respektive dagstrekning, som ble utviklet av Brekke & Strand akustikk i forbindelse med reguleringsplanarbeidet for strekningen Sentrum – Nesttun. Metodene, som er beskrevet i [7], er basert på målinger av strukturstøy fra jernbane, T-bane og trikk i Oslo og på Tvärbanen i Stockholm.

6 Tiltak mot vibrasjoner

Aktuelle tiltak mot vibrasjoner er enten tiltak under banelegemet for å redusere de vibrasjoner som sendes ut i grunnen, det vil si tiltak ved kilden eller skjermingstiltak for å hindre utbredelsen av vibrasjonene. Der det er behov for å redusere vibrasjonene for et større antall boliger som ligger samlet er det mest økonomisk med tiltak under sporet. For enkelt hus kan det derimot være mer gunstig med lokal avskjerming. For nye bygninger kan det også være aktuelt med fundamentering på peler eller pilarer til fjell.

Hovedkilden for vibrasjoner fra bane er den lokale deformasjonen som overføres gjennom banelegemet til grunnen under hver aksel eller boggi i toget. De fleste tiltak mot vibrasjoner går derfor ut på å gi banelegemet en økt langsgående stivhet og lastfordelende evne slik at de deformasjonene som overføres til grunnen blir redusert og jevnet ut. Jo større langsgående stivhet som oppnås i banelegemet i forhold til bakken, dess mer effektivt vil tiltaket være. Aktuelle tiltak for Bybanen kan være lastfordeling med betongplate der det brukes fastspor og ekstra sprengsteinsfylling eller kalksementpeler under sporet der det brukes ballastspor.

Prinsippet for skjermingstiltak vil være å sette en skjerm ned i bakken foran de aktuelle husene for å redusere utbredelsen av vibrasjoner fra banelegemet. En slik skjerm må enten være langt stivere eller mykere enn bakken selv. Da vil en del innkommende bølgeenergi bli reflektert slik at husene skjerms. Jo større stivhetskontrasten mellom skjermen og bakken er, dess bedre skjerming oppnås. Lavfrekvente vibrasjoner skyldes i det vesentlige overflatebølger (Rayleighbølger). Slike bølger vil ha en stor bølgelengde, typisk 20 m, og involverer vibrasjoner ned i grunnen ned til omtrent en bølgelengdes dybde. For å være effektiv må skjermen derfor være dyp. Den må også gå langt ut til siden for husene for å unngå bølger som bøyes rundt skjermen. Skjermen må også ha en betydelig tykkelse for å være effektiv.

7 Tiltak mot strukturstøy

For strukturstøy har de forstyrrende vibrasjonene så høy frekvens at vibrasjonsisolering basert på masse - fjær prinsippet vil være effektive. Dess høyere masse og mykere elastisk sjikt, dess høyere vibrasjonsisolering kan oppnås.

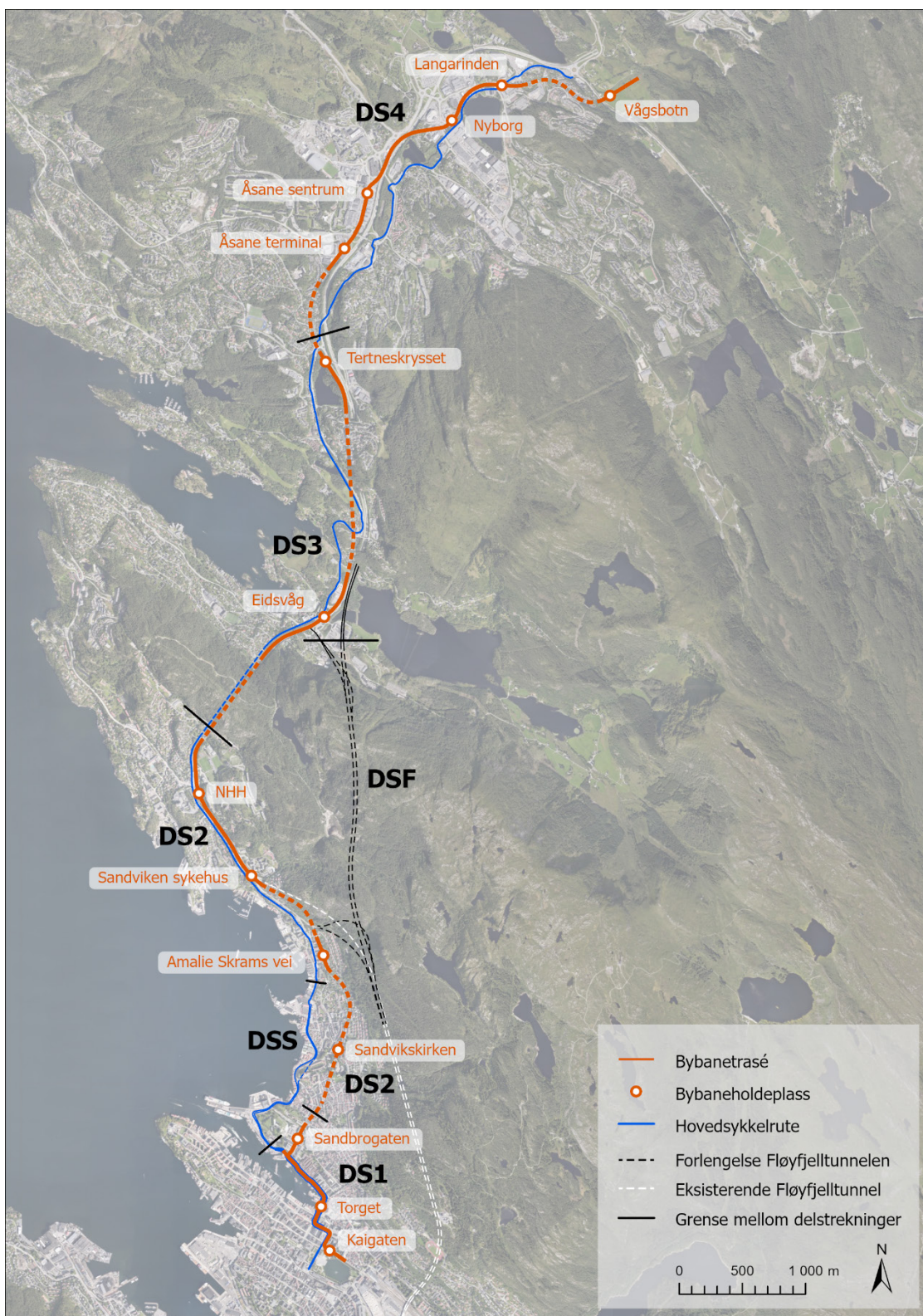
Aktuelle tiltak mot strukturstøy for ballastspor er elastiske matter under sviller (svillematter) eller elastiske matter under ballast (ballastmatter). Ballastmatter er den foretrukne løsningen i tunnel og også den som gir best støyreduksjon.

Nødvendig tykkelse på mattene for å oppnå ønsket støyreduksjon er produktavhengig. På dagstrekninger, der mattene vil bli utsatt for frost og nedbør anbefales det svillematter. Løsningen vil med god margin tilfredsstillende kravene til strukturstøyreduksjon på dagstrekninger.

For fastspor er aktuelle tiltak mot strukturstøy enten å vibrasjonsisolere skinnene fra underlaget, eller å montere skinnene på en betongplate som legges opp på et elastisk sjikt. Løsningene kan også kombineres der det er ekstra strenge krav til strukturstøyreduksjon. For Bybanen på strekningen Sentrum – Nesttun er det benyttet en løsning med såkalt embedded rail de fleste steder der det er fastspor. Det er viktig å velge et system med lav nok resonansfrekvens for at løsningen skal gi tilstrekkelig strukturstøyreduksjon. I [8] anbefales en resonansfrekvens $f_0 \leq 45$ Hz. Denne anbefalingen videreføres for strekningen Sentrum-Åsane.

8 Grunnlag for beregningene

Beregningene er basert på plan- og profiltegninger, [9], og observasjon ved befaring 2021-12-01. Informasjon om type spor og hastigheter er hentet fra plan- og profiltegningene. Informasjon om grunnforhold er hentet fra geotekniske rapporter, geoteknisk datarapporter og løsmassekart fra NGU [10]. Informasjon om overdekking er hentet fra plan- og profiltegninger og ingeniørgeologiske og hydrogeologiske rapporter. Oversiktskart over hele traseen med de ulike delstrekningene vises i Figur 1.



Figur 1. Oversiktskart over hele traseen med de ulike delstrekningene.

9 Delstrekning 1

På delstrekning 1 går banen i dagen langs hele strekningen. På strekningen er det planlagt vibrasjonsisolert fastspor ("embedded rail").

9.1 Grunnforhold

Løsmassekart fra NGU med inntegnet trasé vises i Figur 2. Kartet viser fyllmasser i hele området og at området ligger under marin grense. Grunnundersøkelser viser et fast lag i toppen med lag under av løst lagret sand/grus og/ eller myr/torv (organiske materialer) [11].



Figur 2. Delstrekning 1. Løsmassekart fra NGU med inntegnet trasé. Kartet viser fyllmasser (grå).

9.2 Vibrasjoner

Grunnforholdene på strekningen er ugunstige med avseende på vibrasjoner med til dels svært bløte lag i grunnen. Samtidig er det begrensede muligheter for tiltak i form av masseutskiftning og eller fundamentering av spor til fastere lag grunnet fredede

kulturlag. En fastsporløsning er gunstig ut fra vibrasjonshensyn da betongplaten under sporet vil virke lastfordelende. Langs bryggen planlegges det en spuntvegg mellom bygninger og bane. En slik konstruksjon kan også virke vibrasjonsreducerende.

Grunnet korte avstander og bløte grunnforhold vil det sannsynligvis være nødvendig med tiltak mot vibrasjoner for å kunne møte grenseverdien, $v_{w,95} = 0,3$ mm/s. Utstrekning av tiltak mot vibrasjoner må vurderes i byggeplanfasen basert på mer detaljerte grunnundersøkelser som gir grunnlag for å bestemme skjærbølgehastighet. Eksempel på slike grunnundersøkelser er CPTU eller SCPTU.

Tiltak kan være et elastisk underlag av f.eks. polyuretan eller steinull under betongplaten. Tykkelse på betongplate og egenskaper for et eventuelt elastisk underlag må nøye vurderes sammen med grunnens dynamiske egenskaper i beregninger i byggeplanfasen. Merk at EPS eller XPS ikke vil fungere i denne sammenheng da disse materialene er for stive.

9.3 Strukturstøy

I Tabell 3 vises strukturstøynivå i boliger og andre følsomme bygg langs delstrekning 1 der anbefalt grenseverdi for strukturstøy (ref avsnitt 3.3) beregningsmessig er overskredet med vibrasjonsisoleret fastspor ("embedded rail"). Beregnet nødvendig strukturstøyreduksjon for å møte grenseverdien vises også i tabellen.

Tiltak mot strukturstøy må sees i sammenheng med tiltak mot vibrasjoner. Vibrasjonsisoleret fastspor ("embedded rail") kan gi god effekt på strukturstøy forutsatt en resonansfrekvens $f_0 \leq 45$ Hz. Vibrasjonsisolerende skinneinnfesting i kombinasjon med elastisk underlag under betongplaten vil gi ytterligere støyreduksjon. Det vurderes at grenseverdien for strukturstøy, $L_{AmaxF} = 37$ dB kunne møtes i alle boliger etter tiltak.

Tabell 3. Delstrekning 1. Beregnet strukturstøynivå i boliger der beregningene viser at grenseverdien for strukturstøy er overskredet med vibrasjonsisoleret fastspor (embedded rail)

Km	Hast (km/t)	Adresse	Avstand (m)	Beregnet str.støynivå (dB)	Tiltak (dB) for å møte anbefalt grenseverdi
Dagstrekning					
0,38	15	Vågsallmenningen 7	8	41	4
0,51	20	Strandkaaien 2A	9	38	1
0,75	50	Bryggen 5	11	38	1
1,12	15	Sandbrogaten 1	7	39	2
1,17	15	Sandbrogaten 3	6	41	4
1,19	50	Sandbrogaten 5	7	45	8
1,22	50	Øvre Dreggsallmenningen 6	7	42	5

9.4 Anbefalte tiltak

Anbefalte tiltak på delstrekning 1 for å møte grenseverdiene er vist i Tabell 4. Det forutsettes vibrasjonsisolert fastspor ("embedded rail") på hele strekningen.

Tabell 4. Delstrekning 1. Anbefalte tiltak for å møte anbefalt grenseverdi for strukturstøy og vibrasjoner. Km avser utgående spor. Tiltakene gjelder begge spor der annet ikke er beskrevet. Det er forutsatt vibrasjonsisolert fastspor ("embedded rail") på hele strekningen.

Profil nummer	Tiltak	Kommentar
Utstrekning beregnes i byggeplanfase	Tiltak i form av elastisk sjikt under betongplaten og/eller tykkere og stivere betongplate	-Sjiktets dynamiske egenskaper og betongplaten tykkelse må beregnes i byggeplanfase. -XPS/EPS kan ikke benyttes som elastisk sjikt.
0,35 – 0,41 0,49 – 0,54 0,74 – 0,79 1,10 – 1,24	Tiltak mot strukturstøy i form av elastisk sjikt under betongplaten.	

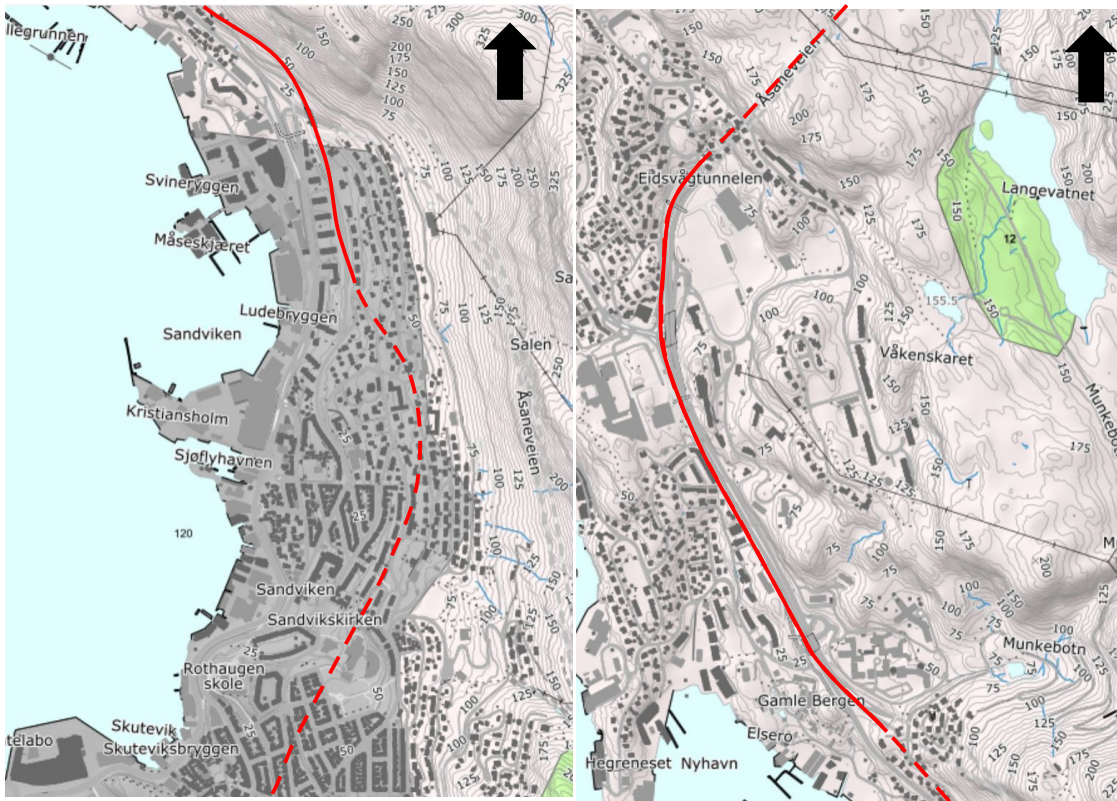
Mulighet å møte grønn grense for vibrasjoner må vurderes i byggeplanfase etter at mer detaljerte grunnundersøkelser er utført. Grønn grense for strukturstøy i Teknisk regelverk medfører ca. 160 m med tiltak i form av elastisk sjikt under betongplaten i tillegg til strekningene i Tabell 4.

10 Delstrekning 2

Langs delstrekning 2 går banen i to bergtunneler, mellom Sandbrogaten og Amalie Skrams vei ca. km 1,36-2,76 og mellom Amalie Skrams vei og Sandviken sykehus ca. km 3,10-3,70. Overdekkingen er stedvis svært liten [12].

10.1 Grunnforhold

Løsmassekart fra NGU med inntegnet trasse vises i Figur 3. I henhold til NGUs løsmassekart preges prosjektområdet av fyllmasser og bart fjell. Området ligger under marin grense. Marine avsetninger kan følgelig forekomme, men Norconsult vurderer risikoen for at forekomst av kvikkleire i de aktuelle områdene som lav, basert på utført grunnundersøkelser og erfaringer i området.



Figur 3. Delstrekning 2. Løsmassekart fra NGU med inntegnet trasé. Fyllmasser (grå), berg i dagen (rosa).

10.2 Vibrasjoner

Vibrasjoner fra bergtunnelene vil være lave og vurderes ikke å overstige grenseverdien, $v_{w,95} = 0,3 \text{ mm/s}$.

På dagstrekningen indikerer NGUs løsmassekart at løsmasselaget er tynt unntatt for strekningen langs Amalie Skrams vei der det er fyllmasser av ukjent mektighet. Forutsatt at banen på denne strekning fundamenteres til berg eller til faste løsmasser vurderes ikke vibrasjoner fra dagstrekningen å overstige grenseverdien, $v_{w,95} = 0,3 \text{ mm/s}$.

10.3 Strukturstøy

Beregningene viser at grenseverdiene for strukturstøy er overskredet noen steder langs delstrekning 2. For bergtunnelene mellom Sandbrogaten – Amalie Skrams vei og Amalie Skrams vei – Sandviken sykehus vil strukturstøy kunne overstige grenseverdien, $L_{AmaksF} = 32 \text{ dB}$ i flere boliger over tunnelene. Aktuelt tiltak mot strukturlyd fra banen i tunnel vil være ballastmatter under spor. Med ballastmatter under spor vil grenseverdien kunne møtes i alle boliger.

På dagstrekningen er det kun i to boliger nær sporvekslere som anbefalt grense for strukturstøy på dagstrekning, $L_{A\text{maksF}} = 37$ dB, vurderes å kunne overstiges. Aktuelt tiltak er svillematter under sporvekslerne eller alternativt vibrasjonsisolerte fastspor. Med tiltaket vil anbefalt grense kunne møtes.

I Tabell 5 vises beregnet strukturstøynivå i boliger og andre følsomme bygg langs delstrekning 2 der anbefalt grenseverdi for strukturstøy (ref avsnitt 3.3) beregningsmessig er overskredet. Beregnet nødvendig strukturstøyreduksjon for å møte grenseverdien vises også i tabellen.

Tabell 5. Delstrekning 2. Beregnet strukturstøynivå i boliger der beregningene viser at grenseverdien for strukturstøy er overskredet

Km	Hast (km/t)	Adresse	Avstand (m)	Beregnet str.støynivå (dB)	Tiltak (dB) for å møte anbefalt grenseverdi
Dagstrekning					
2,96	50	Amalie Skrams vei 40 (grunnet sporveksel)	12	40	3
4,72	50	Søndre Øyjorden 59-61 (grunnet sporveksel)	15	38	1
Tunnel Sandbrogaten – Amalie Skrams vei					
1,43	70	Helgesens gate 19	15	41	9
1,46	70	Skuteviksveien 22	19	39	7
1,48	70	Skuteviksveien 23B	18	39	7
1,50	70	Baglergaten 4B	19	38	6
1,52	70	Bakkegaten 5	21	38	6
1,54	70	Bakkegaten 4	22	37	5
1,58	70	Jens Rolfsens gate 5	23	36	4
1,60	70	Jens Rolfsens gate 6	24	36	4
1,62	70	Repslagergaten 6	27	35	3
1,64	70	Repslagergaten 10	30	33	1
1,67	70	Repslagergaten 13	30	33	1
1,68	70	Ladegårdsgaten 46	30	33	1
1,94	70	Ladegårdsgaten 65	23	36	4
2,56	70	Heien 31	29	34	2
2,64	70	Sudmanns vei 8	27	34	2
2,69	70	Formanns vei 37	22	37	5
2,74	40	Sudmanns vei 12	19	39	7
Tunnel Amalie Skrams vei – Sandviken sykehus					
3,43	70	Munkebotn 5	31	33	1
3,48	70	Munkebotn 4A/B	36	31	1
3,52	70	Munkebotn 6	26	35	3
3,55	70	Munkebotn 8	28	34	2
3,57	70	Munkebotn 10	24	36	4
3,59	70	Munkebotn 12A	17	40	8
3,57	70	Munkebotn 13	26	35	3
3,56	70	Munkebotn 11	19	38	6
3,61	70	Munkebotn 14	19	38	6
3,61	70	Munkebotn 12B	16	40	8
3,65	70	Munkebotn 16	10	44	12
3,43	70	Munkebotn 5	31	33	1

10.4 Anbefalte tiltak

Anbefalte tiltak på delstrekning 2 for å møte grenseverdiene er vist i Tabell 6.

Tabell 6. Delstrekning 2. Anbefalte tiltak for å møte anbefalt grenseverdi for strukturstøy og vibrasjoner. Km avser utgående spor. Tiltakene gjelder begge spor der annet ikke er beskrevet.

Profil nummer	Tiltak	Kommentar
2,95 – 2,99 4,69 – 4,75	Svillematter	Under sporveksler
1,40 - 1,73 1,90 - 1,98 2,54 - 2,80 3,42 - 3,70	Elastiske matter under ballast ²⁾ , $k_{aku} \text{ } ^1) \leq 0,040 \text{ N/mm}^3$	

1) k_{aku} = dynamisk stivhet i frekvensområdet 30 – 500 Hz. Måles i oktavbåndene fra 31,5-250 Hz i hht ISO10846-2 med statisk last 0,03 N/mm², [13].

2) Aktuelle produkter som tilfredsstillende kravet er for eksempel Rockballast 3515 fra Rockdelta og Sylodyn CN 225 fra Getzner, [13].

10.5 Konsekvens av grønn grense i Teknisk regelverk

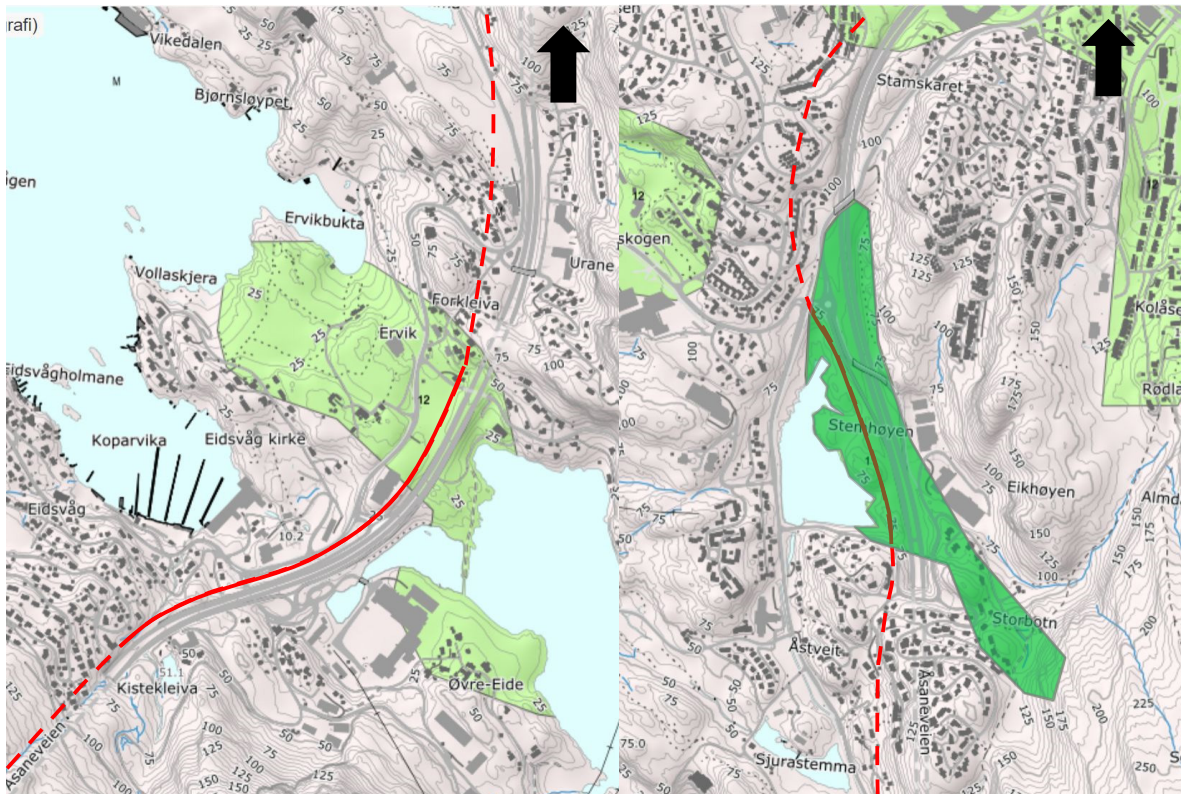
Hvis grønn grense i Teknisk regelverk legges til grunn, vil alle områder der bane og boliger er fundamentert på løsmasser potensielt kunne være berørt av vibrasjoner som overstiger grensen. Omfang av tiltak mot vibrasjoner må vurderes i Byggeplan etter at mer detaljerte grunnundersøkelser er utført. Grønn grense for strukturstøy i Teknisk regelverk medfører ingen ekstra tiltak for tunnelene, men lengre strekninger med svillematter eller vibrasjonsisolert fastspor på dagstrekningen.

11 Delstrekning 3

Langs delstrekning 3 går banen i to bergtunneler, Eidsvåg tunnelen mellom ca. km 4,98-5,82 og tunnel mellom Ervik og Tertnes ca. km 6,82-8,20. Overdekkingen er stedvis svært liten [14]. Resten av strekningen går banen i dagen.

11.1 Grunnforhold

Løsmassekart fra NGU med inntegnet trasse vises i Figur 4. Løsmassekartet indikerer i stor grad bart fjell i planområdet for delstrekning 3. I Ervik er det registrert et sammenhengende eller tynt dekke med morenemateriale mens det ved Griggastemma/Stemhøyden er registrert et sammenhengende dekke av morenemateriale, stedvis med stor mektighet [14].



Figur 4. Delstrekning 3. Løsmassekart fra NGU med inntegnet trasé. Usammenhengende eller tynt morenelag over berggrunnen (lyst grønt), sammenhengende morenelag stedvis med stor mektighet (mørkere grønt), bart fjell (rosa). Tunnelen mellom Tertneskrysset – Åsane tilhører delstrekning 4.

11.2 Vibrasjoner

Vibrasjoner fra bergtunnelene vil være lave og vurderes ikke å overstige grenseverdien, $v_{w,95} = 0,3 \text{ mm/s}$.

På dagstrekningen ved Ervik indikerer NGUs løsmassekart at løsmasselaget er tynt. Forutsatt at banen på denne strekning fundamenteres til berg eller til faste løsmasser vurderes ikke vibrasjoner fra dagstrekningen å overstige grenseverdien, $v_{w,95} = 0,3 \text{ mm/s}$. På dagstrekning langs Griggastemma indikerer NGUs løsmassekart tykkere løsmasselag som potensielt kan medføre risiko for følbare vibrasjoner. Langs denne strekning er det imidlertid per i dag ingen utsatte boliger.

11.3 Strukturstøy

Beregningene viser at grenseverdiene for strukturstøy er overskredet noen steder langs delstrekning 3. For de to bergtunnelene, Eidsvåg tunnelen og tunnelen mellom Ervik og Tertnes vil strukturstøy kunne overstige grenseverdien, $L_{AmaksF} = 32$ dB i flere boliger over tunnelen. Aktuelt tiltak mot strukturlyd fra banen i tunnel vil være ballastmatter under spor. Med ballastmatter under spor vil grenseverdien kunne møtes i alle boliger.

På dagstrekningen viser beregningene ingen overskridelser av anbefalt grenseverdi for strukturstøy.

I Tabell 7 vises beregnet strukturstøynivå i boliger og andre følsomme bygg langs delstrekning 3 der anbefalt grenseverdi for strukturstøy (ref avsnitt 3.3) beregningsmessig er overskredet. Beregnet nødvendig strukturstøyreduksjon for å møte grenseverdien vises også i tabellen.

Tabell 7. Delstrekning 3. Beregnet strukturstøynivå i boliger der beregningene viser at grenseverdien for strukturstøy er overskredet

Km	Hast (km/t)	Adresse	Avstand (m)	Beregnet str.støynivå (dB)	Tiltak (dB) for å møte anbefalt grenseverdi
Dagstrekning					
-	-	-	-	-	-
Eidsvåg tunnelen					
5,00	80	Søndre Øyjorden 38	14	41	9
5,02	80	Søndre Øyjorden 36	17	39	7
5,03	80	Søndre Øyjorden 34	20	38	6
5,04	80	Søndre Øyjorden 28	23	37	5
5,05	80	Søndre Øyjorden 32	25	36	4
5,06	80	Søndre Øyjorden 30	28	34	2
5,78	80	Granlien 29	31	33	1
5,80	80	Granlien 25	34	31	1
Tunnel Ervik - Tertnes					
6,90	80	Ervikveien 23	22	37	5
6,98	80	Ervikveien 59	29	34	2
7,07	80	Ervikveien 49	31	33	1
7,11	80	Ervikveien 51	31	33	1
7,16	80	Ervikveien 58	27	35	3
7,21	80	Ervikveien 62	24	36	4
7,55	80	Ervikveien 79	28	34	2
7,67	80	Ervikveien 85	31	33	1
7,77	80	Ervikveien 103	27	34	2
7,80	80	Ervikveien 105	26	35	3
7,85	80	Ervikveien 87	29	34	2
7,99	80	Storbotn 99	27	34	2
8,00-8,05	80	Storbotn 33-39	20	38	6
8,10	80	Storbotn 25	35	31	1

11.4 Anbefalte tiltak

Anbefalte tiltak på delstrekning 3 for å møte grenseverdiene er vist i Tabell 8.

Tabell 8. Delstrekning 3. Anbefalte tiltak for å møte anbefalt grenseverdi for strukturstøy og vibrasjoner. Km avser utgående spor. Tiltakene gjelder begge spor der annet ikke er beskrevet.

Profil nummer	Tiltak	Kommentar
Eidsvåg tunnelen		
4,98 - 5,08	Elastiske matter under ballast ²⁾ ,	
5,76 - 5,84	$k_{aku} \leq 0,040 \text{ N/mm}^3$	
Tunnel Ervik - Tertneskrysset		
6,86 - 7,30	Elastiske matter under ballast ²⁾ ,	
7,52 - 8,14	$k_{aku} \leq 0,040 \text{ N/mm}^3$	

1) k_{aku} = dynamisk stivhet i frekvensområdet 30 – 500 Hz. Måles i oktavbåndene fra 31,5-250 Hz i hht ISO10846-2 med statisk last 0,03 N/mm², [13].

2) Aktuelle produkter som tilfredsstillt kravet er for eksempel Rockballast 3515 fra Rockdelta og Sylodyn CN 225 fra Getzner, [13].

11.5 Konsekvens av grønn grense i Teknisk regelverk

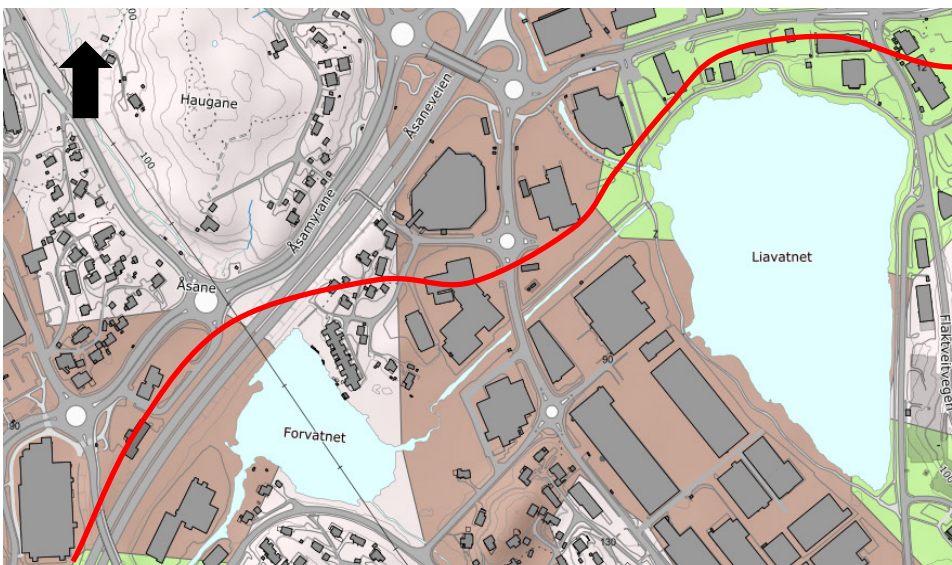
Hvis grønn grense i Teknisk Regelverk legges til grunn vil alle områder der bane og boliger er fundamentert på løsmasser potensielt kunne være berørt av vibrasjoner som overstiger grensen. Omfang av tiltak mot vibrasjoner må vurderes i Byggeplan etter at mer detaljerte grunnundersøkelser er utført. Grønn grense for strukturstøy i Teknisk regelverk medfører ingen ekstra tiltak.

12 Delstrekning 4

Langs delstrekning 4 går banen i to bergtunneler, mellom Tertneskrysset og Åsane ca. km 8,64-9,36 og mellom Langarinden og Arnavegen ca. km 11,66-12,34. Mellom bergtunnelene går banen i dagen.

12.1 Grunnforhold

Løsmassekart fra NGU med inntegnet trasse vises i Figur 5. På delstrekning 4 er dybden til berg de fleste steder rundt 3 m eller lavere. På noen steder er det torv i grunnen over fastere løsmasser, hvilket er ugunstig med hensyn til vibrasjoner [15] og [16]. I henhold til [16] vil imidlertid torvlaget bli fjernet og banen fundamentert på berg eller fastere løsmasser. I våre vurderinger er det forutsatt at dette utføres.



Figur 5. Delstrekning 4. Løsmassekart fra NGU med inntegnet trasé. Tynt morenelag i overflaten mot berg under (grønt område), berg i dagen (rosa) og torv eller myr (brunt). Tunnel mellom Tertneskrysset – Asane som vises i Figur 4 tilhører også delstrekning 4.

12.2 Vibrasjoner

Vibrasjoner fra bergtunnelen vil være lave og vurderes ikke å overstige grenseverdien, $v_{w,95} = 0,3$ mm/s.

På dagstrekningen indikerer NGUs løsmassekart torv. Forutsatt at torvlaget graves vekk og banen fundamenteres på berg eller faste løsmasser viser beregningene at vibrasjoner i boliger på delstrekning 4 ikke vil overstige grenseverdien, $v_{w,95} = 0,3$ mm/s.

12.3 Strukturstøy

Beregningene viser at grenseverdiene for strukturstøy er overskredet noen steder langs delstrekning 4. For de to bergtunnelene, mellom Tertneskrysset og Åsane og mellom Langarinden og Arnavegen vil strukturstøy kunne overstige grenseverdien, $L_{A\text{maks}F} = 32$ dB i flere boliger over tunnelene. Aktuelt tiltak mot strukturlyd fra banen i tunnel vil være ballastmatter under spor. Med ballastmatter under spor vil grenseverdien kunne møtes i alle boliger.

På dagstrekningen er det kun i en boligblokk ved Åsane senter som anbefalt grense for strukturstøy på dagstrekning, $L_{A\text{maks}F} = 37$ dB, vurderes kunne overstiges. Aktuelt tiltak på strekningen er vibrasjonsisolert fastspor. Med tiltaket vil anbefalt grense kunne møtes.

I Tabell 9 vises beregnet strukturstøynivå i boliger og andre følsomme bygg langs delstrekning 4 der anbefalt grenseverdi for strukturstøy (ref avsnitt 3.3) beregningsmessig er overskredet. Beregnet nødvendig strukturstøyreduksjon for å møte grenseverdien vises også i tabellen.

Tabell 9. Delstrekning 4. Beregnet strukturstøynivå i boliger der beregningene viser at grenseverdien for strukturstøy er overskredet

Km	Hast (km/t)	Adresse	Avstand (m)	Beregnet str.støynivå (dB)	Tiltak (dB) for å møte anbefalt grenseverdi
Tunnel Tertneskrysset - Åsane					
8,69	50	Tertnesveien 2	15	41	9
8,73	80	Åstveitskogen 14	21	38	6
8,75	80	Åstveitskogen 20A	23	36	4
8,78	80	Åstveitskogen 20	25	36	4
8,80-8,80	80	Åstveitskogen 18-18D	25	35	3
9,12	80	Nedre Ulsetskogen 17	31	33	1
9,14-9,20	80	Nedre Ulsetskogen 19-31	26	35	3
9,20-9,25	80	Nedre Ulsetskogen 33-43	21	38	6
9,25-9,27	80	Nedre Ulsetskogen 45-47	24	36	4
Dagstrekning					
10,060	20	Åsane Senter 54	15	38	1
Tunnel Langarinden - Vågsbotn					
11,72	60	Nordre Langarinden 13	19	39	7
11,75	60	Nordre Langarinden 29	14	41	9
11,81	60	Nordre Langarinden 27	13	42	10
11,85	60	Nordre Langarinden 55	17	40	8
11,89	60	Nordre Langarinden 25	18	39	7
11,92	60	Vågsbotn 11	18	39	7
11,96	60	Vågsbotn 10	18	39	7
12,00	60	Langarinden 112	19	38	6
12,01	60	Langarinden 110	19	38	6
12,08	60	Langarinden 162	31	33	1
12,10	50	Langarinden 156	31	33	1
12,13	50	Langarinden 154	29	34	2
12,15	50	Langarinden 152	28	34	2
12,17	50	Langarinden 150	29	34	2
12,19	50	Langarinden 148	23	36	4
12,22	50	Langarinden 146	21	37	5
12,25	50	Langarinden 144	23	36	4
12,27	50	Langarinden 142	23	37	5
12,30	50	Langarinden 140	23	37	5

12.4 Anbefaling om tiltak

Anbefalte tiltak på delstrekning 4 for å møte grenseverdiene er vist i Tabell 10.

Tabell 10. Delstrekning 4. Anbefalte tiltak for å møte anbefalt grenseverdi for strukturstøy og vibrasjoner. Km avser utgående spor. Tiltakene gjelder begge spor der annet ikke er beskrevet.

Profil nummer	Tiltak	Kommentar
Tunnel Tertneskrysset – Åsane terminal		
8,67 – 8,88	Elastiske matter under ballast ²⁾ ,	
9,10 – 9,28	$k_{aku} \leq 0,040 \text{ N/mm}^3$	
Dagstrekning		
10,03 - 10,08	Tiltak mot strukturstøy i form av svillematter.	
Tunnel Langarinden - Vågsbotn		
11,680 - 12,380	Elastiske matter under ballast ²⁾ ,	
	$k_{aku} \leq 0,040 \text{ N/mm}^3$	

1) k_{aku} = dynamisk stivhet i frekvensområdet 30 – 500 Hz. Måles i oktavbåndene fra 31,5-250 Hz i hht ISO10846-2 med statisk last 0,03 N/mm², [13].

2) Aktuelle produkter som tilfredsstiller kravet er for eksempel Rockballast 3515 fra Rockdelta og Sylodyn CN 225 fra Getzner, [13].

12.5 Konsekvens av grønn grense i Teknisk regelverk

Hvis grønn grense i Teknisk Regelverk legges til grunn vil alle områder der bane og boliger er fundamentert på løsmasser potensielt kunne være berørt av vibrasjoner som overstiger grensen. Omfang av tiltak mot vibrasjoner må vurderes i Byggeplan etter at mer detaljerte grunnundersøkelser er utført. Grønn grense for strukturstøy i Teknisk regelverk medfører ingen ekstra tiltak.

Referanser

- [1] Bybanen Bergen Light Rail, Tekniske regelverk for prosjektering og bygging. Datert 2019-05-02.
- [2] NS 8176:2017. Vibrasjoner og støt — Måling i bygninger av vibrasjoner fra landbasert samferdsel, vibrasjonsklasser og veiledning for bedømmelse av virkning på mennesker.
- [3] NS 8175:2019. Lydforhold i bygninger — Lydklasser for ulike bygningstyper.
- [4] Bergen kommune, Fana, gnr 40, 42 ,43 ,44 ,119 ,120. Reguleringsbestemmelser til plan 19170000. Bybane og fremkommelighetstiltak for buss på strekningen Nesttun – Rådal. Reguleringsbestemmelser vedtatt av Bergen bystyre 24.06.08
- [5] Bergen kommune, Områdereguleringsplan. Reguleringsbestemmelser for Bybanen fra sentrum til Fyllingsdalen, Delstrekning 1: Nonneseter – Kronstad.

Nasjonal arealplan-ID 1201_64040000 og Delstrekning 3: Mindemyren – Fyllingsdalen. Nasjonal arealplan-ID 1201_64050000. Vedtatt av Bergen bystyre 21.06.17.

- [6] Prediction model for low frequency vibrations from high speed railways on soft ground. Journal of Sound and Vibration. (1996), 93(1),pp, 195-203. C Madshus, B Bessason and L Hårvik (1995).
- [7] Bybanen i Bergen. Delprosjekt 1 Strukturlyd og vibrasjoner – delstrekning 4. Brekke & Strand Akustikk AS. Datert 11. Mars 2003.
- [8] Bergen Bybane. Ground borne noise from embedded tracks. Brekke & Strand Akustikk AS. Datert 23/8-06.
- [9] BT5 Bybanen til Åsane. Plan- og profil bane, rev 01. Tegningsnr: BT-C-10101, BT-C-10201, BT-C-20101, BT-C-20201, BT-C-20301, BT-C-30101, BT-C-30201, BT-C-30301, BT-C-40101, BT-C-40201, BT-C-40301
- [10] <https://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- [11] Norconsult rapport RA-DS1-004. Geoteknisk datarapport Bybanen Bergen. Byggetrinn 5: Sentrum – Åsane. Versjon J01, datert 2020-11-13.
- [12] Bybanen til Åsane – BT5. Reguleringsplan med teknisk forprosjekt. Delstrekning 2, Sandbrogaten – Eidsvågstunnelen, Ingeniørgeologisk og hydrogeologisk rapport, rev 01, 2022-04-01.
- [13] Bybanen Sentrum – Nesttun. Byggeplan Spesifisering av ballastmatter. Brekke & Strand Akustikk AS. Notat nr. N-BS-0004. Datert 24. April 2007.
- [14] Bybanen til Åsane – BT5. Reguleringsplan med teknisk forprosjekt. Delstrekning 3, Eidsvågstunnelen - Tertneskrysset, Ingeniørgeologisk og hydrogeologisk rapport, rev 01C, 202X-XX-XX.
- [15] Norconsult rapport: Bybanen Bergen. Byggetrinn 5: Sentrum - Åsane. Geoteknisk datarapport. Delstrekning 4. Rapport nr: RA-DS4-001. Versjon J02, 2021-03-16.
- [16] Bybanen til Åsane – BT5. Reguleringsplan med teknisk forprosjekt. Delstrekning 4, Tertneskrysset – Vågsbotn, Geoteknisk rapport, rev 01A, 2021-12-12.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Strukturlyd og vibrasjoner		Dokumentnr./Document no. 20180567-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Bergen kommune	Dato/Date 2022-06-14
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords vibrasjoner, rystelser, strukturlyd		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Bergen	Felt navn/Field name
Sted/Location Bergen	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2022-05-27 Karin Norén-Cosgriff	2022-05-31 Finn Løvholt		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 14. juni 2022	Prosjektleder/Project Manager Karin Norén-Cosgriff
--	-----------------------------------	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

