

Jernbanetunnel gjennom Gamlebyen. Teknisk/økonomisk utredning.

Vibrasjonsteknisk vurdering.

953024-1

25 mars 1996

Oppdragsgiver: Berdal Strømme a.s.

Kontaktperson: Stein Eriksen

Kontraktreferanse:

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder:



Linda Hårvik

Rapport utarbeidet av:

Linda Hårvik

Kontrollert av:



Christian Madshus

Arbeid også utført av:

Jan K. Holme
Klaus Tronstad

Sammendrag

Denne rapporten inngår i den teknisk/økonomiske utredningen av jernbanetunnel gjennom Gamlebyen.

NGI er engasjert av Berdal Strømme a.s. for å gi en vibrasjonsteknisk vurdering. Arbeidet omfatter vurdering av vibrasjoner i driftsfasen, det vil si vibrasjoner som oppstår i nabobebyggelsen på grunn av togtrafikk.

Rapporten inneholder en vurdering av seks forskjellige trasealternativer med hensyn til forstyrrelse av mennesker på grunn av vibrasjoner fra togtrafikken. To alternativer i nordre korridor (alternativ N1 og N4), to alternativer i midtre korridor (alternativ M1 og M2) og to alternativer i søndre korridor (alternativ S3 og S5), er vurdert. For å kunne beregne nettovirkningen på miljøet fra en ny løsning for jernbanen i det området de seks trasealternativene går gjennom, er de også vurdert opp mot et gitt Sammenligningsgrunnlag.

Vibrasjonsnivå i nabobebyggelsen er estimert ved hjelp av en empirisk regnemodell utviklet på NGI (Madshus et al., 1995). Beregningene av vibrasjoner er basert på en kategorisering av grunnforhold, bygninger og togtyper.

Grenseverdier for vibrasjoner brukt i forbindelse med utbygging av Gardermobanen er lagt til grunn i prosjektet. Lokale variasjoner i grunnen, individuelle forskjeller mellom hus og tog i samme kategori, fører til usikkerhet i vibrasjonsestimaterne. Ved beregning av vibrasjonsnivå er det tatt hensyn til denne usikkerheten ved å beregne 90%-konfidensverdier. Det vil si at planleggingen er utført slik at det er ca. 90% sannsynlighet for at de anbefalte vibrasjonsgrensene ikke blir overskredet.

Aktuelle vibrasjonsreducerende tiltak er beskrevet, og enhetspriser for tiltakene er gitt. I tillegg er kostnadsoverslag for vibrasjonsreducerende tiltak for de forskjellige trasealternativene presentert. Effekten av vibrasjonsreducerende tiltak er basert på informasjon fra litteraturen og erfaringstall fra blant annet Sverige.

Uten avbøtende tiltak kommer Sammenligningsgrunnlaget og alternativ M1 dårligst ut i det ca. 1240 boenheter får et vibrasjonsnivå som overskrider nedre grenseverdi på 0,4 mm/s. Ca. 390 boenheter får et vibrasjonsnivå som overskrider øvre grenseverdi på 1,0 mm/s. Alternativ M2 har et noe lavere antall boenheter vesentlig på grunn av riving av bebyggelsen i Arups gate. Alternativ N1 og N4 er de beste med hensyn til vibrasjoner. For disse trasealternativene vil ca. 40 boenheter ha et vibrasjonsnivå som er høyere enn 0,4 mm/s uten avbøtende tiltak. Det tilsvarende tallet for 1,0 mm/s er på 10 boenheter eller mindre. Alternativ S3 og S5 vil ha henholdsvis ca. 460 og 410 boenheter med et vibrasjonsnivå i området fra 0,4 til 1,0 mm/s uten avbøtende tiltak. Ingen

boenheter har et vibrasjonsnivå som er høyere enn 1,0 mm/s for alternativene i søndre korridor.

Med avbøtende tiltak kommer alternativ M1 igjen dårligst ut i det ca. 490 boenheter overskrider nedre grenseverdi på 0,4 mm/s etter iverksetting av tiltak. Ca. 230 boenheter får et vibrasjonsnivå som er høyere enn 0,4 mm/s etter iverksetting av tiltak for alternativ M2. Ingen boenheter får et vibrasjonsnivå som overskrider øvre grenseverdi på 1,0 mm/s etter iverksetting av tiltak for alternativene i midrte korridor. Alternativ N1 og N4 er de beste med hensyn til vibrasjoner - ingen boenheter vil ha et vibrasjonsnivå som overskrider grenseverdien etter iverksetting av tiltak. For alternativ S3 og S5 vil ca. 110 boenheter ha et vibrasjonsnivå høyere enn 0,4 mm/s etter iverksetting av avbøtende tiltak. Heller ikke for alternativene i søndre korridor vil noen boenheter ha et vibrasjonsnivå som overskrider øvre grense etter iverksetting av tiltak.

Det understrekes at selv om tiltak mot vibrasjoner iverksettes vil det fremdeles være boliger som vil ha et vibrasjonsnivå som er høyere enn anbefalt nedre grenseverdi på 0,4 mm/s. Også for denne situasjonen finnes det tiltak som kan redusere vibrasjonene ytterligere, men som er forbundet med adskillig større kostnader og tekniske problemer. Slike tiltak er ikke vurdert.

Kostnader for vibrasjonsreduserende tiltak er beregnet i området fra ca. 2 millioner kroner for alternativ N1 og N4. Kostnadene forbundet med tiltak for alternativ S3 og S5 er henholdsvis ca. 10 og 14 millioner kroner. Tiltak for alternativ M1 og M2 er dyrest, og er beregnet til ca. 30 mill. kroner for M2 og til ca. 42 mill. kroner for M1. Tiltaksgrensen er basert på et vibrasjonsnivå på 0,4 mm/s.

Antall passeringer av dimensjonerende togtype som overskrider nedre og øvre grenseverdi på nattetid (kl. 2200-0600) med og uten avbøtende tiltak for trasealternativene, er beskrevet i vedlegg C. Betraktningemetoden gir ikke et eksakt bilde av antall overskridelser i det aktuelle tidsrommet, men den gir et godt bilde av det relative forholdet mellom de forskjellige trasealternativene.

I forbindelse med kulverter og bruer er det viktig å ta spesielle hensyn for at ikke overgangen mellom et banelegeme på løsmasser og et banelegeme på et stivt dekke i en kulvert eller over en bru, skal virke vibrasjonsgenererende. NGI anbefaler at hellende overgangsplater (ca. 5 m lange) legges ved brukar og ved inn- og utgang til kulverter.

Innhold

1 INNLEDNING	5
2 FORUTSETNINGER OG RAMMEBETINGELSER.....	5
2.1 Vibrasjoner fra jernbane som miljøfaktor.....	5
2.2 Grenseverdier for vibrasjoner	7
2.3 Beregningsmodell	8
3 FORVENTET VIBRASJONSNIVÅ UTEN AVBØTENDE TILTAK	11
3.1 Sammenligningsgrunnlaget	11
3.2 Nordre korridor, alternativ N1	12
3.3 Nordre korridor, alternativ N4.....	12
3.4 Midtre korridor, alternativ M1.....	13
3.5 Midtre korridor, alternativ M2.....	14
3.6 Søndre korridor, alternativ S3	14
3.7 Søndre korridor, alternativ S5	15
4 AVBØTENDE TILTAK	16
4.1 Generelt	16
4.2 Masseutskifting ned til fjell	16
4.3 Økt tykkelse av forsterkningslaget	16
4.4 Banelegeme på kalksementpeler	16
4.5 Langsgående betongdrager i banelegemet	17
4.6 Skjerm av kalksementpeler i bakken mellom hus og bane.....	17
4.7 Peling av konstruksjoner til fjell.....	17
4.8 Enhetspriser	18
5 FORVENTET VIBRASJONSNIVÅ MED AVBØTENDE TILTAK.....	19
5.1 Generelt	19
5.2 Nordre korridor, alternativ N1	20
5.3 Nordre korridor, alternativ N4.....	20
5.4 Midtre korridor, alternativ M1.....	20
5.5 Midtre korridor, alternativ M2.....	21
5.6 Søndre korridor, alternativ S3	21
5.7 Søndre korridor, alternativ S5	21
6 KONKLUSJONER	22
7 LITTERATURLISTE	24

Figur 1-20

Vedlegg A:	Vibrasjonsmåling på Alnabru
Vedlegg B:	Trasebeskrivelser
Vedlegg C:	Togtrafikk i tidsrommet mellom klokken 2200 og 0600

Kontroll- og referanseside

1 INNLEDNING

Denne rapporten inngår i teknisk Hovedplan for utredning av jernbanetunnel gjennom Gamlebyen.

NGI er engasjert av Berdal Strømme a.s. for å gi en vibrasjonsteknisk vurdering. Arbeidet omfatter vurdering av vibrasjoner i driftsfasen, det vil si vibrasjoner som oppstår i nabobebyggelsen på grunn av togtrafikk.

Rapporten inneholder en vurdering av seks forskjellige trasealternativer med hensyn til forstyrrelse av mennesker på grunn av vibrasjoner fra togtrafikken. To alternativer i nordre korridor (alternativ N1 og N4), to alternativer i midtre korridor (alternativ M1 og M2) og to alternativer i søndre korridor (alternativ S3 og S5), er vurdert. For å kunne beregne nettovirkningen på miljøet fra en ny løsning for jernbanen i det området de seks trasealternativene går gjennom, er de også vurdert opp mot et gitt Sammenligningsgrunnlag.

Vibrasjonsnivå i nabobebyggelsen er estimert ved hjelp av en empirisk regnemodell utviklet på NGI (Madshus et al., 1995). Beregningene av vibrasjoner er basert på en kategorisering av grunnforhold, bygninger og togtyper.

Grenseverdier for vibrasjoner brukt i forbindelse med utbygging av Gardermobanen er lagt til grunn i prosjektet. Lokale variasjoner i grunnen, individuelle forskjeller mellom hus og tog i samme kategori, fører til spredning i vibrasjonsestimaterne. Ved beregning av vibrasjonsnivå er det tatt hensyn til denne usikkerheten ved å beregne 90%-konfidensverdier. Det vil si at planleggingen er utført slik at det er ca. 90% sannsynlighet for at de anbefalte vibrasjonsgrensene ikke blir overskredet.

Aktuelle vibrasjonsreducerende tiltak er beskrevet, og enhetspriser for tiltakene er gitt. I tillegg er kostnadsoverslag for vibrasjonsreducerende tiltak for de forskjellige trasealternativene presentert. Effekten av vibrasjonsreducerende tiltak er basert på informasjon fra litteraturen og erfaringstall fra blant annet Sverige.

2 FORUTSETNINGER OG RAMMEBETINGELSER

2.1 Vibrasjoner fra jernbane som miljøfaktor

Vibrasjoner fra togtrafikk forplanter seg gjennom bakken og overføres til bygninger i nærheten via bygningenes fundamenter (NGI, 1994g).

Vibrasjoner er svært små svingninger av gulv, vegger tak og inventar. Utsvingene er maksimalt noen 100-dels millimeter. Et vibrasjonsforløp er i sin enkleste form definert ved utsvingets størrelse og antall svingninger pr. sekund

(frekvens). Vibrasjonenes styrke angis vanligvis ved hjelp av utsvingets hastighet (mm/s) eller akselerasjon (mm/s^2).

Vibrasjoner fra jernbanetrafikk er vanligvis så svake at de ikke fører til bygningsskade. Sjenanse for mennesker som bor og arbeider i bygninger langs jernbanetraseen er det helt overveiende problemet når det gjelder vibrasjoner.

Vibrasjoner fra jernbanetrafikk oppfattes av muskler og nerver over hele kroppen, også av balanseorganet. Vibrasjoner som oppfattes på denne måten ligger i frekvensområdet fra ca. 1 til 80 Hz, og betegnes som "helkroppsvibrasjoner".

Innen dette frekvensområdet varierer menneskers følsomhet for vibrasjoner noe. For å ta hensyn til dette, frekvensveies vibrasjonene, og det tas hensyn til den tidskonstant mennesket har for oppfatning av vibrasjoner. Slike veide, tidsmidlele vibrasjoner angis som $v_{w,RMS}$ (mm/s) eller $a_{w,RMS}$ (mm/s^2).

Det er også relativt stor forskjell på menneskers toleranse overfor vibrasjoner. For den enkelte kan vibrasjoner oppfattes forskjellig avhengig av miljøfaktorer ellers. Dersom vibrasjonene opptrer sammen med andre sanseintrykk som støy, et vindu som rister osv., oppfattes de som kraftigere enn ellers. Mennesker er mest følsomme for vibrasjoner når de sitter eller ligger helt i ro. Tabell 1 gir en grov oversikt over hvordan vibrasjoner ved forskjellige nivå i gjennomsnitt blir oppfattet.

Tabell 1 *Gjennomsnittlig oppfatning av vibrasjoner (modifisert etter Griffin, 1990)*

Vibrasjonsnivå $v_{w,RMS}$ (mm/s)	Vibrasjonsnivå $a_{w,RMS}$ (mm/s^2)	Oppfatning
< 0,15	5	Ikke følbart
0,30	10	Knapt følbart
0,60	20	
1,10	40	Klart følbart
2,80	100	Veldig klart følbart
		Sterkt følbart

2.2 Grenseverdier for vibrasjoner

Grenseverdier for vibrasjoner skal referere til steder der mennesker oppholder seg, og til det stedet i en bygning der vibrasjonene er kraftigst. Som oftest er dette midt på det gulvet i det oppholdsrommet som har det største spennet i et hus. Vibrasjoner forsterkes vanligvis i en bygning, og har som regel maksimumsnivå i øverste etasje.

Grenseverdier for vibrasjoner referert til bygningens fundament, som ofte brukes i forbindelse med bygningsskader og sprengninger, er ikke relevante når det gjelder sjenanse for mennesker på grunn av togtrafikk.

I dette prosjektet har NGI lagt til grunn grenseverdier for vibrasjoner brukt i forbindelse med utbygging av Gardermobanen som foreskrevet av Samferdselsdepartementet i program for konsekvensutredning for jernbanetunnel gjennom Gamlebyen (Berdal Strømme, 1995b). Disse grenseverdiene som er vist i tabell 2, med en nedre grenseverdi på 0,4 mm/s og en øvre grenseverdi på 1,0 mm/s, ble fastlagt etter et omfattende forarbeide beskrevet i NGI (1993) og NGI (1994c).

Grenseverdiene for vibrasjoner er gitt som RMS-verdier ("Root Mean Square"-verdier), tidsmidlet over ett sekund og frekvensveiet, slik det er beskrevet i de internasjonale standardene ISO 2631 og ISO 8041 og i norsk standard NS-ISO 2631.

Tabell 2 Grenseverdier for vibrasjoner brukt for Gardermobanen (NGI, 1994c)

Grense	ISO-veiet akselerasjon	ISO-veiet hastighet
	$a_{w,RMS}$ (mm/s ²)	$v_{w,RMS}$ (mm/s)
Nedre	15	0,4
Øvre	35	1,0

I forbindelse med vibrasjonsberegninger for Gardermobanen ble det tatt hensyn til usikkerhet ved å beregne 90%-konfidensverdier for aktuelle togtyper og toghastigheter. Det vil si at planleggingen er utført slik at det er ca. 90% sannsynlighet for at de anbefalte vibrasjonsgrensene ikke blir overskredet. Den samme konfidensgrensen er brukt i dette prosjektet.

En konfidensgrense på 90% er tilnærmet den samme som "Norsk Regnemetode for Jernbanestøy" (Ringheim, 1984) tar sikte på i sine støyestimer. I annen samfunnsplanlegging benyttes ofte enda høyere (dvs. mer konservative) konfidensgrenser enn 90%.

2.3 Beregningsmodell

For å kunne beregne vibrasjonsnivået i banenes nabobebyggelse, må en kjenne boligens beliggenhet i forhold til jernbanesporet, grunnforhold for bane og hus, banens oppbygging, bygningstyper, togtyper og kjørehastighet.

Vibrasjonsnivå i boliger langs banestrekningene er beregnet ved hjelp av en semiempirisk modell. Den benyttede beregningsmodellen og dens grunnlag er beskrevet i NGI (1993)/NGI (1994e) og i Madshus et al.(1995). Vibrasjonsnivået V , for togtype T er beregnet ved hjelp av følgende formel:

$$V = f_v(S,D,T) \cdot f_R \cdot f_B \quad (1)$$

hvor: $f_v(S,D,T)$ er en basisfunksjon som angir vibrasjonsnivået på bakken som funksjon av toghastighet, S , avstand fra spor, D og togtype, T , på referansebanelegement, ved de gitte grunnforhold.

f_R tar hensyn til banens kvalitet og oppbygging i forhold til referansebanelegemet.

f_B tar hensyn til forsterkning i bygningene

I utgangspunktet er alle faktorene i ligning frekvensavhengige, og gitt for hver 1/3-oktav i det aktuelle frekvensområdet mellom 1 og 80 Hz. I dette prosjektet er en forenklet utgave av metoden benyttet, der kun frekvensveide, tidsmidlede samleverdier for hele frekvensområdet er angitt. Samleverdiene kan direkte sammenlignes med grenseverdiene som er gitt i tabell 2.

I den forenklete modellen er basisfunksjonen gitt som:

$$f_v = V_T \cdot f_S \cdot f_D = V_T \cdot (S/S_0)^A \cdot (D/D_0)^{-B} \quad (2)$$

hvor: V_T er vibrasjonsnivået på bakken i 15 m avstand fra senter spor, når den aktuelle togtypen passerer i 70 km/t, på en bane med "standard" oppbygging og kvalitet. Basisvibrasjonsnivået avhenger av togtype og grunnforhold.

f_S tar hensyn til kjørehastighet, hvor
 S er kjørehastighet
 S_0 er basiskjørehastighet, $S_0 = 70$ km/t, og
 A er hastighetseksponent,

f_D tar hensyn til avstandsdempning, hvor
 D er avstand fra senter av spor,

D_0 er basisavstand, $D_0 = 15$ m, og
 B er avstandsdempningsfaktor

En bane med et tykt forsterkningslag gir mindre vibrasjoner til omgivelsene enn en bane med et tynt forsterkningslag. En jevn bane, med et godt justert spor gir mindre vibrasjoner enn en bane med et ujevnt spor. Parameteren f_R gir anledning til å ta hensyn til disse effektene.

Basisfunksjonen representerer vibrasjoner på bakken, mens målet er å kunne beregne vibrasjoner inne i bygg. Oppover i en bygning vil vibrasjonene som oftest bli forsterket på grunn av resonanser i de bærende konstruksjonene. Hvor mye vibrasjonene totalt sett blir forsterket fra bakken til målgivende vibrasjon på gulv i huset varierer mye fra hus til hus. Høye hus vil ofte gi mere forsterkning enn lave hus. Parameteren f_B gir anledning til å ta hensyn til forsterkning i bygninger.

Alle faktorene i ligning (1) er forutsatt å være statistisk uavhengige og ha ukjent fordeling. Ved hjelp av sentralgrenseverditeoremet finner en at V gitt i ligning (1) er tilnærmet lognormalfordelt, og 90%-konfidensverdier kan bestemmes ut fra middelverdiene og variasjonskoeffisientene til de enkelte faktorene.

Regnemetoden som er benyttet, gir vibrasjonsestimater i henhold til ISO 2631, ISO 8041 og NS-ISO 2631.

Basisfunksjonen

Basisfunksjonen definert i ligning (2), inneholder tre parametre V_T , A og B , som må estimeres. I tillegg må variasjonskoeffisienten for basisfunksjonen estimeres for konfidensnivåberegningene. Parametrene er bestemt ut fra regresjonsanalyse av måledata og erfaringsdata.

Som anbefalt i NGI (1994e) er en hastighetsekspONENT $A=1,0$ brukt. Dette tilsvarer en dobling av vibrasjonsnivået for hver dobling av kjørehastigheten.

Parametrene V_T og B , er beregnet ut fra måleresultater fra Hovedbanen og Østfoldbanen.

For å bestemme effekten på vibrasjonsnivået av en betongkulvert med støpt bunn, ble det utført vibrasjonsmålinger på Alnabru i november 1995. Målingene med resultater er dokumentert i vedlegg A. Målingene viser at kulverter typisk reduserer vibrasjonsnivået med ca. 50%. Denne redusjonsfaktoren er brukt i dette prosjektet.

Basert på målinger i Gamlebyen er det antatt at vertikale vibrasjoner er dimensjonerende i alle aktuelle bygninger.

Sesongvariasjon

Fra målinger utført ved forskjellige årstider (NGI, 1994e) fremgår det at vibrasjonsnivået er sesongavhengig. Vibrasjonsnivået for vinterforhold er lavere enn det som måles for sommerforhold der grunnen først og fremst består av leire. Sesongvariasjonen er større for passasjertog enn for godstog. Generelt genererer godstogene mer lavfrekvente bølger enn passasjertogene. De lavfrekvente bølgene forplanter seg dypere nede i grunnene enn de høyfrekvente, og er derfor mindre avhengige av om det er tele i bakken eller ikke.

Vibrasjonsnivået er i dette prosjektet bare beregnet for sommerforhold som er antatt dimensjonerende.

Banelegeme

Det er antatt at det nye dobbeltsporet får en "normal" oppbygging med 0,5 m ballast og ca 1,1 m forsterkningslag. I detalj- og reguleringsplanarbeidet for Gardermobanen (NGI, 1994c) ble det ut fra målinger og beregninger, anslått at en slik ny dobbeltsporet bane vil gi ca. 30% lavere vibrasjoner, enn ordinære, "gamle" spor, det vil si at f_B er lik 0,70. Den samme antagelsen er brukt her.

Bebyggelse

Omfattende målinger viser at vibrasjonsnivået på bakken i gjennomsnitt, blir forsterket med en faktor på 2,0 i bygninger med 1 til 2 etasjer. I skorsteingsgårder, det vil si murgårder med etasjeskillere av tre, viser målinger i Gamlebyen (NGI, 1995) at vibrasjonsnivået blir forsterket med en faktor på ca. 3,0 i 3 til 8 etasje. De fleste gårdene i Gamlebyen er av denne typen. I bygninger med etasjeskillere i betong, er det antatt en forsterkningsfaktor på 2,5 for tredje til åttende etasje.

Opplysninger om rivning av bygninger av anleggstekniske årsaker er basert på Arkitektskap (1996).

For bygg med mer enn to etasjer er boenhetene i samtlige etasjer som en forenkling, behandlet vibrasjonsmessig likt. Det vil si at det er antatt at alle boenheter i en bygning har det samme maksimale vibrasjonsnivået.

Det er ikke tatt hensyn til ny bebyggelse som eventuelt settes opp over kulverter eller på områder der anleggstekniske årsaker forårsaker at eksisterende bebyggelse rives.

Grunnforhold

Grunnes egenskaper har stor innflytelse på hvilket vibrasjonsnivå som oppstår på grunn av togtrafikk. Bløt grunn gir betydelige vibrasjoner ved lave frekvenser. Stiv grunn eller fjell gir praktisk talt ingen lavfrekvente vibrasjoner.

I vibrasjonsberegningene er det ikke mulig å fullt ut ta hensyn til mindre variasjoner i grunnforhold. Grunnforholdene der det er boliger som ligger nærmere enn 100 m fra de forskjellige trasealternativene er her klassifisert i tre hovedgrupper; *fjell*, *bløt leire* og *middels fast leire*. Data angående grunnforhold er samlet fra kvartærgeologisk kart over Oslo (NGU, 1993) og Berdal Strømme (1995a, 1996b, 1996e, 1996f, 1996h). Basert på denne informasjonen er det antatt middels fast leire i alle sonene med løsmasse der det ligger boliger.

Kjørehastighet

Beregning av forventede vibrasjoner er gjort i henhold til hastighetsprofilen vist i figur 1 (NSB, 1996b). Følgende antagelser er gjort:

- For tog på Gardermobanen er det kun regnet med hastighet for gjennomgående tog, det vil si 110 m/t.
- For Gjøvikbanen er det regnet med en maksimalhastighet på 80 km/t for alle togtyper.
- For Østfoldbanen er Hovedbanens hastighetsprofil brukt
- For godssporet mellom Lodalen og Alnabru er maksimalhastighet på 80 km/t brukt.

3 FORVENTET VIBRASJONSNIVÅ UTEN AVBØTENDE TILTAK

3.1 Sammenligningsgrunnlaget

Sammenligningsgrunnlaget er definert i Berdal Strømme (1996a) og kan i stikkordsform beskrives som følger:

- Trafikksituasjon for 2010
- Hastighetsprofil i henhold til figur 1
- Ingen avbøtende tiltak med hensyn til vibrasjoner
- Hovedbanen og Gjøvikbanen bruker eksisterende trase
- Gardermobanen bruker trase for Hovedbanen fram til Etterstadgata
- Østfoldbanen følger trase i henhold til plan for nytt dobbeltspor Oslo-Ski (NSB, 1996a)

Det er ikke gjort beregninger for Østfoldbanen. For vurdering av vibrasjoner refereres det til NSB (1995).

Tabell B1 i vedlegg B beskriver hvordan traseen er klassifisert for å beregne forventet vibrasjonsnivå. I vedlegget er det også vist hvordan vibrasjonsnivået i bygninger varierer som funksjon av avstand fra bane, togtype og kjørehastighet (fig. B1, B2 og B3).

Figur 2a viser antall boenheter som får et vibrasjonsnivå overskrider grenseverdiene for de forskjellige delene av traseen. Totalt vil 1237 boenheter få et vibrasjonsnivå som er større enn 0,4 mm/s, mens 387 boenheter vil få et vibrasjonsnivå som overstiger 1,0 mm/s.

Figur 2b viser antall togpasseringer på nattetid (2200-0600) med dimensjonerte togtype som gir overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner.

3.2 Nordre korridor, alternativ N1

Trasealternativ N1 beskrives som følger:

- Hastighetsprofil i henhold til figur 1
- Trase for Hovedbanen, Gjøvikbanen Gardermobanen som beskrevet i vedlegg B (kap. B3.1)
- Gjøvikbanen følger Hovedbanen til Bryn og legges om via Alnabanen på strekningen Alna-Grefsen.
- Østfoldbanen følger trase i henhold til plan for nytt dobbeltspor Oslo-Ski (NSB, 1996a)

Det er ikke gjort beregninger for Østfoldbanen. For vibrasjonsteknisk vurdering refereres det til NSB (1995).

Tabell B5 i vedlegg B beskriver hvordan traseen er klassifisert for å beregne forventet vibrasjonsnivå. I vedlegget er det også vist hvordan vibrasjonsnivået i bygninger varierer som funksjon av avstand fra bane, togtype og kjørehastighet (fig. B1, B2 og B3).

Figur 3a viser antall boenheter som får overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner for de forskjellige delene av traseen. Totalt vil 42 boenheter få et vibrasjonsnivå som er større enn 0,4 mm/s, mens 10 boenheter vil få et vibrasjonsnivå som overstiger 1,0 mm/s uten avbøtende tiltak.

Figur 3b viser antall togpasseringer på nattetid (2200-0600) med dimensjonerte togtype som gir overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner.

3.3 Nordre korridor, alternativ N4

Trasealternativ N4 beskrives som følger:

- Hastighetsprofil i henhold til figur 1

- Trase for Hovedbanen, Gjøvikbanen Gardermobanen som beskrevet i vedlegg B (kap. B4.1)
- Gjøvikbanen følger Hovedbanen til Bryn og legges om via Alnabanen på strekningen Alna-Grefsen.
- Østfoldbanen følger trase i henhold til plan for nytt dobbeltspor Oslo-Ski (NSB, 1996a)

Det er ikke gjort beregninger for Østfoldbanen. For vibrasjonsteknisk vurdering refereres det til NSB (1995).

Tabell B5 i vedlegg B beskriver hvordan traseen er klassifisert for å beregne forventet vibrasjonsnivå. I vedlegget er det også vist hvordan vibrasjonsnivået i bygninger varierer som funksjon av avstand fra bane, togtype og kjørehastighet (fig. B1, B2 og B3).

Figur 4a viser antall boenheter som får overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner langs de forskjellige delene av traseen. Totalt vil 38 boenheter få et vibrasjonsnivå som er større enn 0,4 mm/s, mens ingen boenheter vil få et vibrasjonsnivå som overstiger 1,0 mm/s uten avbøtende tiltak.

Figur 4b viser antall togpasseringer på nattetid (2200-0600) med dimensjonerte togtype som gir overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner.

3.4 Midtre korridor, alternativ M1

Trasealternativ M1 er definert i Berdal Strømme (1996a) og kan i stikkordsform beskrives som følger:

- Hastighetsprofil i henhold til figur 1
- Hovedbanen og Gjøvikbanen bruker eksisterende trase
- Gardermobanen bruker trase for Hovedbanen fram til Etterstadgata
- Østfoldbanen følger trase i henhold til plan for nytt dobbeltspor Oslo-Ski (NSB, 1996a)

Det er ikke gjort beregninger for Østfoldbanen. For vibrasjonsteknisk vurdering refereres det til NSB (1995).

Uten avbøtende tiltak er alternativet det samme som Sammenligningsgrunnlaget.

Figur 5a viser antall boenheter som får overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner. Totalt vil 1237 boenheter få et vibrasjonsnivå som er større enn 0,4 mm/s, mens 387 boenheter vil få et vibrasjonsnivå som overstiger 1,0 mm/s uten avbøtende tiltak.

Figur 5b viser antall togpasseringer på nattestid (2200-0600) med dimensjonerte togtype som gir overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner.

3.5 Midtre korridor, alternativ M2

Trasealternativ M2 kan i stikkordsform beskrives som følger:

- Hastighetsprofil i henhold til figur 1
- Banen går i kulvert gjennom Gamlebyen
- Hovedbanen og Gjøvikbanen bruker eksisterende trase
- Gardermobanen bruker trase for Hovedbanen fram Etterstadgata
- Østfoldbanen følger trase i henhold til plan for nytt dobbeltspor Oslo-Ski (NSB, 1996a)

Det er ikke gjort beregninger for Østfoldbanen. For vibrasjonsteknisk vurdering refereres det til NSB (1995).

Tabell B5 og kap. B6.1 i vedlegg B beskriver hvordan traseen er klassifisert for å beregne forventet vibrasjonsnivå. I vedlegget er det også vist hvordan vibrasjonsnivået i bygninger varierer som funksjon av avstand fra bane, togtype og kjørehastighet (fig. B1, B2 og B3).

Figur 6a viser antall boenheter som får overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner for forskjellige deler av traseen. Totalt vil 916 boenheter få et vibrasjonsnivå som er større enn 0,4 mm/s, mens 81 boenheter vil få et vibrasjonsnivå som overstiger 1,0 mm/s uten avbøtende tiltak.

Figur 6b viser antall togpasseringer på nattestid (2200-0600) med dimensjonerte togtype som gir overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner.

3.6 Søndre korridor, alternativ S3

Trasealternativ S3 kan i stikkordsform beskrives som følger:

- Hastighetsprofil i henhold til figur 1
- Trase for Hovedbanen, Gardermobanen og Gjøvikbanen i henhold til kap. B7.1
- Østfoldbanen følger trase i henhold til plan for nytt dobbeltspor Oslo-Ski (NSB, 1996a)

Det er ikke gjort beregninger for Østfoldbanen. For vibrasjonsteknisk vurdering refereres det til NSB (1995).

Tabell B18 i vedlegg B beskriver hvordan traseen er klassifisert for å beregne forventet vibrasjonsnivå. I vedlegget er det også vist hvordan vibrasjonsnivået i bygninger varierer som funksjon av avstand fra bane, togtype og kjørehastighet (fig. B1, B2 og B3).

Figur 7a viser antall boenheter som får overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner for forskjellige deler av traseen. Totalt vil 464 boenheter få et vibrasjonsnivå som er større enn 0,4 mm/s, mens ingen boenheter vil få et vibrasjonsnivå som overstiger 1,0 mm/s uten avbøtende tiltak.

Figur 7b viser antall togpasseringer på nattetid (2200-0600) med dimensjonerte togtype som gir overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner.

3.7 Søndre korridor, alternativ S5

Trasealternativ S5 kan i stikkordsform beskrives som følger:

- Hastighetsprofil i henhold til figur 1
- Trase for Hovedbanen, Gardermobanen og Gjøvikbanen i henhold til kap. B8.1
- Østfoldbanen følger trase for Hovedbanen mot Bryn

Tabell B22 i vedlegg B beskriver hvordan traseen er klassifisert for å beregne forventet vibrasjonsnivå. I vedlegget er det også vist hvordan vibrasjonsnivået i bygninger varierer som funksjon av avstand fra bane, togtype og kjørehastighet (fig. B1, B2 og B3).

Figur 8a viser antall boenheter som får overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner for forskjellige deler av traseen. Totalt vil 409 boenheter få et vibrasjonsnivå som er større enn 0,4 mm/s, mens ingen boenheter vil få et vibrasjonsnivå som overstiger 1,0 mm/s uten avbøtende tiltak.

Figur 8b viser antall togpasseringer på nattetid (2200-0600) med dimensjonerte togtype som gir overskridelse av grenseverdiene for vibrasjoner.

4 AVBØTENDE TILTAK

4.1 Generelt

Generelt kan følgende tiltak iverksettes for å senke vibrasjonsnivået i boliger:

- Masseutskifting ned til fjell
- Økt tykkelse av forsterkningslaget
- Banelegeme på kalksementpeler
- Langsgående betongdrager i banelegemet
- Skjerm av kalksementpeler i bakken mellom hus og bane
- Peling av konstruksjoner til fjell

Det må i hvert enkelt tilfelle vurderes om disse tiltakene kan ha negativ effekt når det gjelder overføring av strukturstøy.

4.2 Masseutskifting ned til fjell

På banestrekninger der det er grunt til fjell kan man eliminere problemer med lavfrekvente vibrasjoner ved å fjerne alle naturlige bløte leirige løsmasser og erstatte disse med sprengstein eller grus.

4.3 Økt tykkelse av forsterkningslaget

Dette tiltaket innebærer oppbygging av et tykt forsterkningslag av lagvis komprimert sprengsteinsfylling av høy kvalitet. Ved bruk av tiltaket oppnås det forhøyet stivhet i lengderetningen, bedre lastfordelende evne og større masse til å fordele vibrasjonsenergien på.

For å oppnå noen effekt på vibrasjonsnivået, må forsterkningslagets tykkelse økes til minst 4 til 5 m.

Det er meget vanskelig å tallfeste effekten av økt tykkelse av forsterkningslaget på vibrasjoner. Grove overslag utført av NGI og Banverket viser at en masseutskifting på 4 m vil gi en vibrasjonsreduksjon i størrelsesorden 20 til 40%. Det foreligger forøvrig ingen systematiske målinger som dokumenterer virkningen av tiltaket.

4.4 Banelegeme på kalksementpeler

Ved å benytte dette tiltaket blir stivheten av bakken under det ordinære banelegemet økt.

Banverket i Sverige har benyttet metoden på flere strekninger, mest på bløt leire. Vanlig pelelengde har vært 10–15 m. Svenske målinger viser at effekten varierer en del fra sted til sted, men at selv på de ugunstigste stedene, er det oppnådd

minst 50% reduksjon av vibrasjonsnivået. Effekten av kalksementpeler er størst ved bløte grunnforhold.

4.5 Langsgående betongdrager i banelegemet

Tiltaket består i å legge inn langsgående, stive, prefabrikerte, forspente betongdrager i banelegemet. Tiltaket virker ved å gi banelegemet en økt langsgående stivhet og langsgående lastfordelingsevne.

Banverket i Sverige har detaljprosjektet dette tiltaket og gjort beregninger av forventet effekt, men det har aldri vært prøvet i praksis. Tiltaket er spesielt utformet slik at det kan legges inn på eksisterende banestrekninger. Beregningsmessig regner man med at tiltaket vil redusere vibrasjonene ved bløte grunnforhold med mer enn 50%. NGI vil ikke anbefale tiltaket iverksatt før det er prøvet ut i praksis.

En prinsippsskisse av tiltaket basert på de svenske ideen, er vist i fig. 18.

4.6 Skjerm av kalksementpeler i bakken mellom hus og bane

Formålet med en slik skjerm er å lage en barriere for vibrasjonsbølger i bakken, og dermed redusere bølgene som når bebyggelsen på utsiden av skjermen. Dette tiltaket kan enten brukes under utbygging av banen, eller som et tilleggstiltak dersom det etter at banen er satt i drift, viser seg at det lokalt er for høyt vibrasjonsnivå. I prinsippet er det ved ekstreme forhold mulig å kombinere dette tiltaket med tiltak i selve banelegemet.

For å være effektiv må en slik skjerm være dypere enn bølgelengden for den laveste frekvensen det skal skjermes mot. På de aktuelle stedene i dette prosjektet tilsvarer dette 10 til 20 meter dybde eller til fjell / fast grunn, og en bredde på 3 til 4 meter. Skjermen består av to langsgående pelerader med 4 m innbyrdes avstand. Mellom peleradene er det ribber med en senteravstand på 2,5 m. Skjermen kan enten plasseres langs jernbanen, eller foran et enkelthus og da 20 til 30 m til hver side for huset.

Skjerm av kalksementpeler er prøvet i Sverige og Norge. Ved riktig utforming er det oppnådd en reduksjon av vibrasjonsnivået på mellom 40 og 50%, basert på måleresultater fra Sverige.

En prinsippsskisse av tiltaket er vist i fig. 19.

4.7 Peling av konstruksjoner til fjell

Konstruksjoner så som kulverter, broer, hus kan peles til fjell hvis fjelloverflaten ikke ligger for dypt. Ved å benytte dette tiltaket kan problemer

med lavfrekvente vibrasjoner reduseres vesentlig. Det er viktig å pele fundamentet på den aktuelle konstruksjonen slik at det blir stivt nok. Basert på erfaring er det i dette prosjektet estimert at vibrasjonsnivået blir redusert med ca. 70% på grunn av peling til fjell.

En prinsippkisse av tiltaket er vist i fig. 20.

4.8 Enhetspriser

Et overslag på enhetspriser på vibrasjonsreduserende tiltak er gitt i tabell 3. Prisene gjelder installasjon av tiltak i nyanlegg. Spesielle anleggskostnader som påløper på grunn av for eksempel dårlig tilgjengelighet, driftsstopp på eksisterende bane, etc. er ikke tatt med.

Tabell 3 antyder også den antatte vibrasjonsreduserende effekten av hvert tiltak.

Tabell 3 Overslag på enhetspriser for vibrasjonsreducerende tiltak (nyanlegg).

Tiltak	Enhetspris (pr. lm tiltak)	Vibrasjonsreducerende effekt (%)	Merknad
Kalsementpelskjerm ¹⁾	8160	~ 40	Uavhengig av antall spor
Økt tykkelse av forsterkningslaget	4400	~ 30	2 spor
	2900		1 spor
Langsgående betongdrager i banelegemet	20000	~ 60	2 spor
	10000		1 spor
Banelegeme på kalksementpeler ²⁾	3740	~ 50	2 spor
	2140		1 spor
Peling av kulvert til fjell ³⁾	20000	~ 70	4 spor

¹⁾ Peler med diameter 600 mm og 15 m lengde.

²⁾ Peler med diameter 600 mm og 10 m lengde.

³⁾ Peler med 10 m lengde og sentersenteravstand på 1,5 m.

5 FORVENTET VIBRASJONSNIVÅ MED AVBØTENDE TILTAK

5.1 Generelt

Vibrasjonsreducerende tiltak som er vurdert som teknisk og økonomisk gjennomførbare er foreslått. Selv om slike tiltak mot vibrasjoner iverksettes vil det fremdeles være boliger som vil ha et vibrasjonsnivå som er høyere enn anbefalt nedre grenseverdi på 0,4 mm/s. Også for denne situasjonen finnes det tiltak som kan redusere vibrasjonene ytterligere, men som er forbundet med adskillig større kostnader. Slike tiltak er ikke vurdert.

5.2 Nordre korridor, alternativ N1

Figur 9a viser antall boenheter som vil få et vibrasjonsnivå som overskrider nedre (0,4 mm/s) og øvre (1,0 mm/s) grenseverdi etter tiltak. Figuren viser at ingen boenheter overskrider grenseverdiene etter iverksetting av tiltak.

Antall togpasseringer som overskrider nedre og øvre grenseverdi nattetid (kl. 2200-0600) etter iverksetting av avbøtende tiltak, er vist i fig. 9b.

Anbefalte vibrasjonsreduserende tiltak for trasealternativet er beskrevet og kostnadsberegnet i kap. B3 i vedlegg B. Totale kostnader er beregnet til ca. 2 millioner kroner. Kostnader for peling av kulvert til fjell i Gamlebyen er ikke tatt med i forbindelse med vibrasjonsreduserende tiltak, men er inkludert i pelekostnader for kontruksjonen.

5.3 Nordre korridor, alternativ N4

Figur 10a viser antall boenheter som vil få et vibrasjonsnivå som overskrider nedre (0,4 mm/s) og øvre (1,0 mm/s) grenseverdi etter tiltak. Figuren viser at ingen boenheter overskrider grenseverdiene etter iverksetting av tiltak.

Antall togpasseringer som overskrider nedre og øvre grenseverdi nattetid (kl. 2200-0600) etter iverksetting av avbøtende tiltak, er vist i fig. 10b.

Anbefalte vibrasjonsreduserende tiltak for trasealternativet er beskrevet og kostnadsberegnet i kap. B4 i vedlegg B. Totale kostnader er beregnet til ca. 2 millioner kroner. Kostnader for peling av kulvert til fjell i Gamlebyen er ikke tatt med i forbindelse med vibrasjonsreduserende tiltak, men er inkludert i pelekostnader for kontruksjonen.

5.4 Midtre korridor, alternativ M1

Figur 11a viser antall boenheter som vil få et vibrasjonsnivå som overskrider nedre (0,4 mm/s) og øvre (1,0 mm/s) grenseverdi etter tiltak. Figuren viser at 485 boenheter vil overskride nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og ingen boenheter vil overskride øvre grenseverdi (1,0 mm/s) etter iverksetting av tiltak.

Antall togpasseringer som overskrider nedre og øvre grenseverdi nattetid (kl. 2200-0600) etter iverksetting av avbøtende tiltak, er vist i fig. 11b.

Anbefalte vibrasjonsreduserende tiltak for trasealternativet er beskrevet og kostnadsberegnet i kap. B5 i vedlegg B. Totale kostnader er beregnet til ca. 42 millioner kroner.

5.5 Midtre korridor, alternativ M2

Figur 12a viser antall boenheter som vil få et vibrasjonsnivå som overskrider nedre (0,4 mm/s) og øvre (1,0 mm/s) grenseverdi etter tiltak. Figuren viser at 233 boenheter vil overskride nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og ingen boenheter vil overskride øvre grenseverdi (1,0 mm/s) etter iverksetting av tiltak.

Antall togpasseringer som overskrider nedre og øvre grenseverdi nattetid (kl. 2200-0600) etter iverksetting av avbøtende tiltak, er vist i fig. 12b.

Anbefalte vibrasjonsreduserende tiltak for trasealternativet er beskrevet og kostnadsberegnet i kap. B6 i vedlegg B. Totale kostnader er beregnet til ca. 30 millioner kroner.

5.6 Søndre korridor, alternativ S3

Figur 13a viser antall boenheter som vil få et vibrasjonsnivå som overskrider nedre (0,4 mm/s) og øvre (1,0 mm/s) grenseverdi etter tiltak. Figuren viser at 109 boenheter vil overskride nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og ingen boenheter vil overskride øvre grenseverdi (1,0 mm/s) etter iverksetting av tiltak.

Antall togpasseringer som overskrider nedre og øvre grenseverdi nattetid (kl. 2200-0600) etter iverksetting av avbøtende tiltak, er vist i fig. 13b.

Anbefalte vibrasjonsreduserende tiltak for trasealternativet er beskrevet og kostnadsberegnet i kap. B7 i vedlegg B. Totale kostnader er beregnet til ca. 14 millioner kroner. Kostnader for peling av kulvert til fjell i Ruinparken er ikke tatt med i forbindelse med vibrasjonsreduserende tiltak, men er inkludert i pelekostnader for konstruksjonen.

5.7 Søndre korridor, alternativ S5

Figur 14a viser antall boenheter som vil få et vibrasjonsnivå som overskrider nedre (0,4 mm/s) og øvre (1,0 mm/s) grenseverdi etter tiltak. Figuren viser at 109 boenheter vil overskride nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og ingen boenheter vil overskride øvre grenseverdi (1,0 mm/s) etter iverksetting av tiltak.

Antall togpasseringer som overskrider nedre og øvre grenseverdi nattetid (kl. 2200-0600) etter iverksetting av avbøtende tiltak, er vist i fig. 14b.

Anbefalte vibrasjonsreduserende tiltak for trasealternativet er beskrevet og kostnadsberegnet i kap. B8 i vedlegg B. Totale kostnader er beregnet til ca. 10 millioner kroner. Kostnader for peling av kulvert til fjell i Ruinparken er ikke tatt med i forbindelse med vibrasjonsreduserende tiltak, men er inkludert i pelekostnader for konstruksjonen.

6 KONKLUSJONER

Tabell 4 og figur 15a sammenstiller antall boenheter som vil få et vibrasjonsnivå som overskrider øvre og nedre grenseverdi for Sammenligningsgrunnlaget og de forskjellige trasealternativene uten avbøtende tiltak. Nettovirkningen av de seks alternativene er illustrert i fig. 15b. Med nettovirkning menes antall boenheter for Sammenligningsgrunnlaget minus antall boenheter for det aktuelle trasealternativet (N1, N4, M1, M2, S3 og S5). Sammenligningsgrunnlaget og alternativ M1 dårligst ut i det ca. 1240 boenheter overskrider nedre grenseverdi på 0,4 mm/s. Ca. 390 boenheter får et vibrasjonsnivå som overskrider øvre grenseverdi på 1,0 mm/s. Alternativ M2 har et noe lavere antall boenheter vesentlig på grunn av riving av bebyggelsen i Arups gate. Alternativ N1 og N4 er de beste med hensyn til vibrasjoner. For disse trasealternativene vil ca. 40 boenheter ha et vibrasjonsnivå som er høyere enn 0,4 mm/s uten avbøtende tiltak. Det tilsvarende tallet for 1,0 mm/s er på 10 boenheter eller mindre. Alternativ S3 og S5 vil ha henholdsvis ca. 460 og 410 boenheter med et vibrasjonsnivå i området fra 0,4 til 1,0 mm/s uten avbøtende tiltak. Ingen boenheter har et vibrasjonsnivå som er høyere enn 1,0 mm/s for alternativene i søndre korridor.

Tabell 4 og figur 16a viser antall boenheter som får et vibrasjonsnivå som overskrider grenseverdiene selv etter at avbøtende tiltak i henhold til kap. 5 er iverksatt. Nettovirkningen er vist i fig. 16b. Hvilke tiltak som er foreslått for de forskjellige trasealternativene er beskrevet i vedlegg B. Alternativ M1 kommer igjen dårligst ut i det ca. 490 boenheter overskrider nedre grenseverdi på 0,4 mm/s etter iverksetting av tiltak. Ca. 230 boenheter får et vibrasjonsnivå som er høyere enn 0,4 mm/s etter iverksetting av tiltak for alternativ M2. Ingen boenheter får et vibrasjonsnivå som overskrider øvre grenseverdi på 1,0 mm/s etter iverksetting av tiltak for alternativene i midrte korridor. Alternativ N1 og N4 er de beste med hensyn til vibrasjoner - ingen boenheter vil ha et vibrasjonsnivå som overskrider grenseverdien etter iverksetting av tiltak. For alternativ S3 og S5 vil ca. 110 boenheter ha et vibrasjonsnivå høyere enn 0,4 mm/s etter iverksetting av avbøtende tiltak. Heller ikke for alternativene i søndre korridor vil noen boenheter ha et vibrasjonsnivå som overskrider øvre grense etter iverksetting av tiltak.

En oppsummering av kostnader for avbøtende tiltak for de forskjellige trasealternativene er gitt i tabell 4 og illustrert i fig. 17.

Det understrekes at selv om tiltak mot vibrasjoner iverksettes vil det fremdeles være boliger som vil ha et vibrasjonsnivå som er høyere enn anbefalt nedre grenseverdi på 0,4 mm/s. Også for denne situasjonen finnes det tiltak som kan redusere vibrasjonene ytterligere, men som er forbundet med adskillig større kostnader og tekniske problemer. Slike tiltak er ikke vurdert.

Oslo bispegård vil ha et vibrasjonsnivå i området fra 0,4 mm/s til 1,0 mm/s etter iverksetting av tiltak

Tabell 4 Oppsummering av antall boenheter som får overskridelse av vibrasjonsgrensene før og etter iverksetting av avbøtende tiltak samt kostnader for vibrasjonsreducerende tiltak for de forskjellige trasealternativene.

Trasealternativ	Antall boenheter		Antall boenheter		Kostnad (mill. kr)
	Uten avbøtende tiltak		Med avbøtende tiltak		
	Vibr. nivå >0,4 mm/s	Vibr. nivå >1,0 mm/s	Vibr. nivå >0,4 mm/s	Vibr. nivå >1,0 mm/s	
N1	40	10	0	0	2
N4	40	10	0	0	2
M1	1240	390	490	0	42
M2	920	80	230	0	30
S3	460	0	110	0	14
S5	410	0	110	0	10
Sammenlignings- grunnlaget	1240	390	-	-	-

Antall passeringer av dimesjonerende togtype som overskrider nedre og øvre grenseverdi på nattestid (kl. 2200-0600) med og uten avbøtende tiltak for trasealternativene, er beskrevet i vedlegg C. Betraktningemetoden gir ikke et eksakt bilde av antall overskridelser i det aktuelle tidsrommet, men den gir et godt bilde av det relative forholdet mellom de forskjellige trasealternativene.

I forbindelse med kulverter og bruer er det viktig å ta spesielle hensyn for at ikke overgangen mellom et banelegeme på løsmasser og et banelegeme på et stivt dekke i en kulvert eller over en bru, skal virke vibrasjonsgenererende. NGI anbefaler at hellende overgangsplater (ca. 5 m lange) legges ved brukar og ved inn- og utgang til kulverter.

7 LITTERATURLISTE

Arkitektskap (1996)

Telefaks fra Arkitektskap. Oversikt over bygningsmasse som skal rives, 16 februar 1996.

Berdal Strømme a.s. (1995a)

Oslo S-Etterstad. Forstudie. Arbeidsrapport. Rapport til NSB Bane Region Øst. Januar 1995.

Berdal Strømme a.s. (1995b)

Telefaks fra Berdal Strømme. Tiltaksdefinisjon, målsetning og premisser, 26 oktober 1995.

Berdal Strømme a.s. (1995c)

Alternativ M1/M2 i eksisterende korridor. Plan og profil. Tegning nr. PLM1, 27 november 1995.

Berdal Strømme a.s. (1996a)

Telefaks fra Berdal Strømme. Definisjon av Sammenligningsgrunnlaget og alt. M1, 24 januar 1996

Berdal Strømme a.s. (1996b)

Telefaks fra Berdal Strømme. Grunnforhold i område 1: Tvetenveien-Ole Veviksvei, 29 januar 1996.

Berdal Strømme a.s. (1996c)

C- tegninger (N1_C03, N_C04), alt. N1, C og X-tegninger alt. S3, 5 februar 1996.

Berdal Strømme a.s. (1996d)

Telefaks fra Berdal Strømme. Kravspesifikasjon på beregning av maksimalt støynivå, strukturstøy og vibrasjoner om natten, 6 februar 1996.

Berdal Strømme a.s. (1996e)

Telefaks fra Berdal Strømme. Grunnforhold Alnabanen, 12 februar 1996.

Berdal Strømme a.s. (1996f)

Telefaks fra Berdal Strømme. Grunnforhold Oslogate-Dyvekesvei, 13 februar 1996.

Berdal Strømme a.s. (1996g)

C- og X-tegninger, alt. S5, 13 februar 1996.

Berdal Strømme a.s. (1996h)

Telefaks fra Berdal Strømme. Grunnforhold Kværnerdalen, 15 februar 1996.

Berdal Strømme a.s. (1996i)

C- og X-tegninger alt. N1, N4 og M2 , 15 februar 1996.

Brekke & Strand (1996)

Telefaks fra Brekke&Strand. Godstrafikk i tidsrommet klokken 2200-0600 på Hovedbanen, Gjøvikbanen, Alnabanen og godssporet mellom Loenga og Alnabru, 19 februar 1996.

Ergoplan (1996)

Telefaks fra Ergoplan. Trafikkgrunnlag for støyberegninger, 18 januar 1996.

Madshus C., B. Bessason og L. Hårvik (1995)

Prediction model for low frequency vibrations from high speed railways on soft ground. Artikkel publisert på 5IWRN-konferansen på Voss, juni 1995.

NGU (1993)

Kvartærgeologisk kart over Oslo.

Norges Geotekniske Institutt (1993a)

Vibrasjonsvurdering for strekningen Nitelva-Åråsen.

NGI-rapport 933005-1 til NSB Gardermobanen A/S, 2 juli 1993.

Norges Geotekniske Institutt (1993b)

Vibrasjonsvurdering for strekningen Nitelva-Åråsen.

NGI-rapport 933005-2 til NSB Gardermobanen A/S, 2 juli 1993.

Norges Geotekniske Institutt (1994c)

Vibrasjonsstrategi for Gardermobanen. Detaljplan/reguleringsplan.

Måleresultater og beregningsgrunnlag for strekningene mellom Åråsen og Eidsvoll - Fellesrapport.

NGI-rapport 933016-6 til NSB Gardermobanen A/S, 23 juni 1994.

Norges Geotekniske Institutt (1994d)

NSB Gardermobanen A/S. Sone Åråsen-Arteid bru. Vurdering av vibrasjoner.

Sone Åråsen-Leirsundveien. NGI-rapport 940027-2 til Dr. ing. A. Aas-Jacobsen, 30 september 1994.

Norges Geotekniske Institutt (1994e)

NSB Gardermobanen A/S. Sone Åråsen-Arteid bru. Styrking av vibrasjonstek-

nisk grunnlag. NGI-rapport 940027-4 til Dr. ing. A. Aas-Jacobsen, 10 nov. 1994.

Norges Geotekniske Institutt (1994f)
NSB Gardermobanen A/S. Sone Åråsen-Arteid bru. Vurdering av vibrasjoner.
Sone Leirsundveien-Arteid bru. NGI-rapport 940027-3 til Dr. ing. A. Aas-Jacobsen, 28 oktober 1994.

Norges Geotekniske Institutt (1994g)
Vibrasjoner fra jernbane-krav og tiltak.
Fjellsprengningskonferansen/Bergmekanikkdagen/Geoteknikkdagen 1994. Proc.
pp 33.1-33.19.

Norges Geotekniske Institutt (1995)
Hovedplanarbeid i Gamlebyen. Vibrasjonsmåling i september 1995. NGI-rapport 953009-1 til Brekke & Strand akustikk, 12 september 1995.

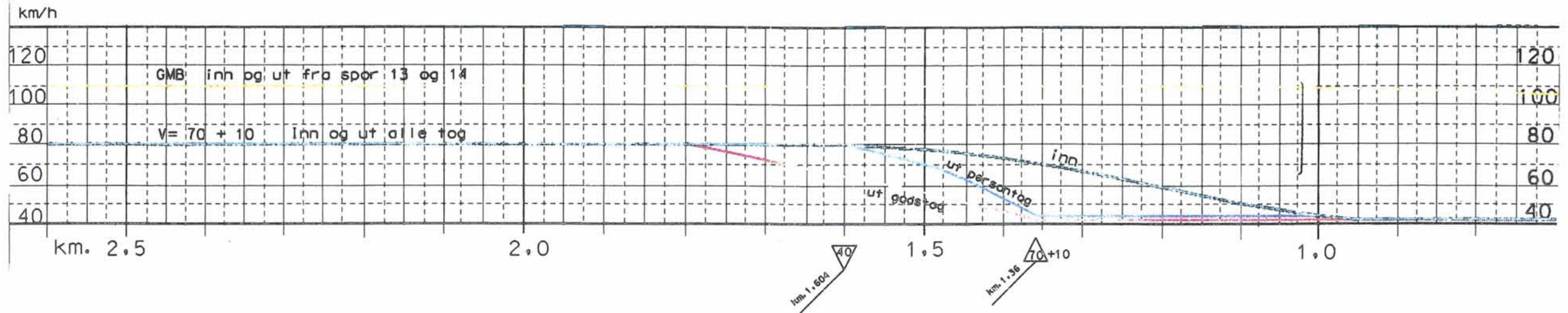
NSB Bane Region Øst (1995)
Oslo-Ski. Hovedrapport, juni 1995 (høringsutkast).

NSB Bane Region Øst (1996)
Hastighetsprofil. Tegning, 17 januar 1996.

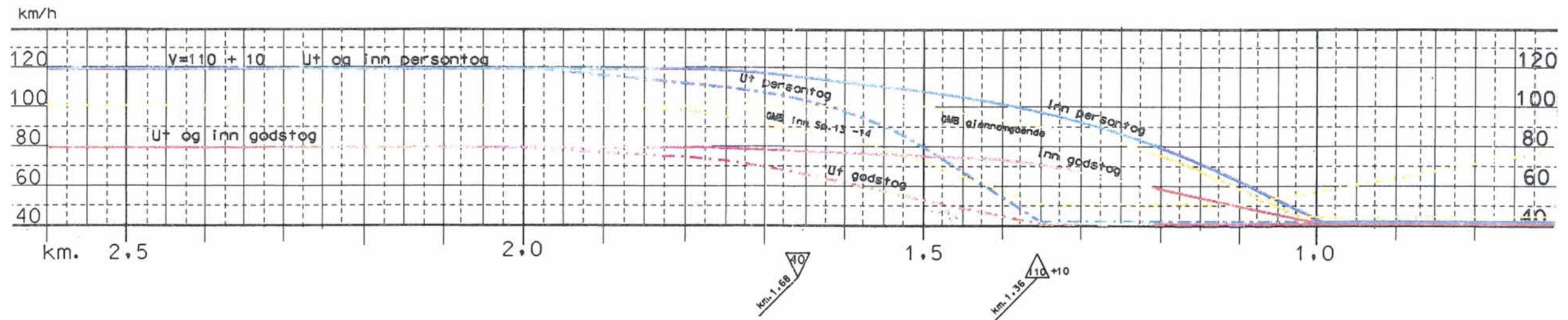
NSB Gardermobanen A/S (1994)
Program for miljøoppfølging, 4 mai 1994.

Ringheim, M. (1984)
Beregningmetode for støy fra skinnegående trafikk. SFT/NSB, juli 1984.

Gjøvikbanen



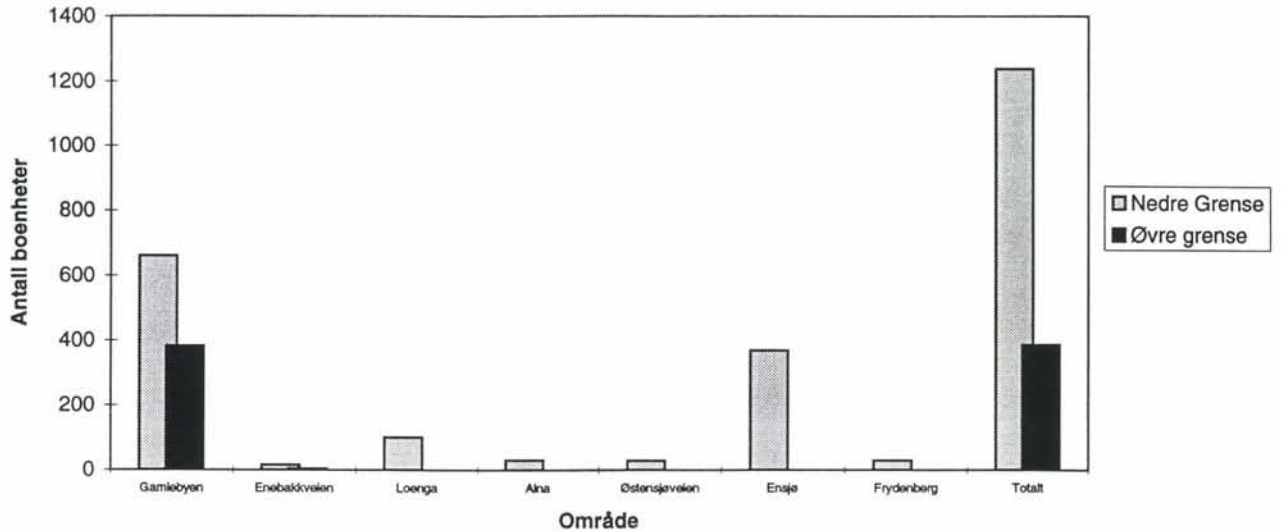
Hovedbanen



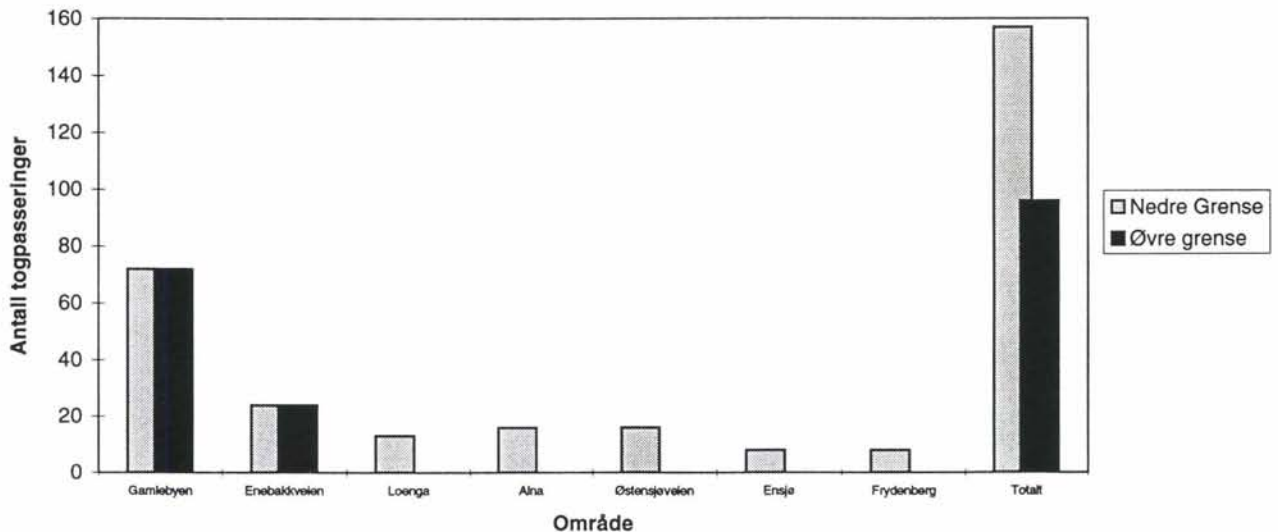
Hastighetsdiagram for
Hovedbanen og Gjøvikbanen
Strekning km.0,7 - km.2,6

<p>JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN</p> <p>Hastighetsprofil brukt i beregningene</p>	<p>Rapport nr. 953024-1</p> <p>Tegner NSB</p> <p>Kontrollert <i>u</i></p> <p>Godkjent <i>AA</i></p>	<p>Figur nr. 1</p> <p>Dato 01.03.96</p>
--	---	---

Overskridelse vibrasjonsgrenser



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
2

Tegner

Dato
96-02-26

Kontrollert

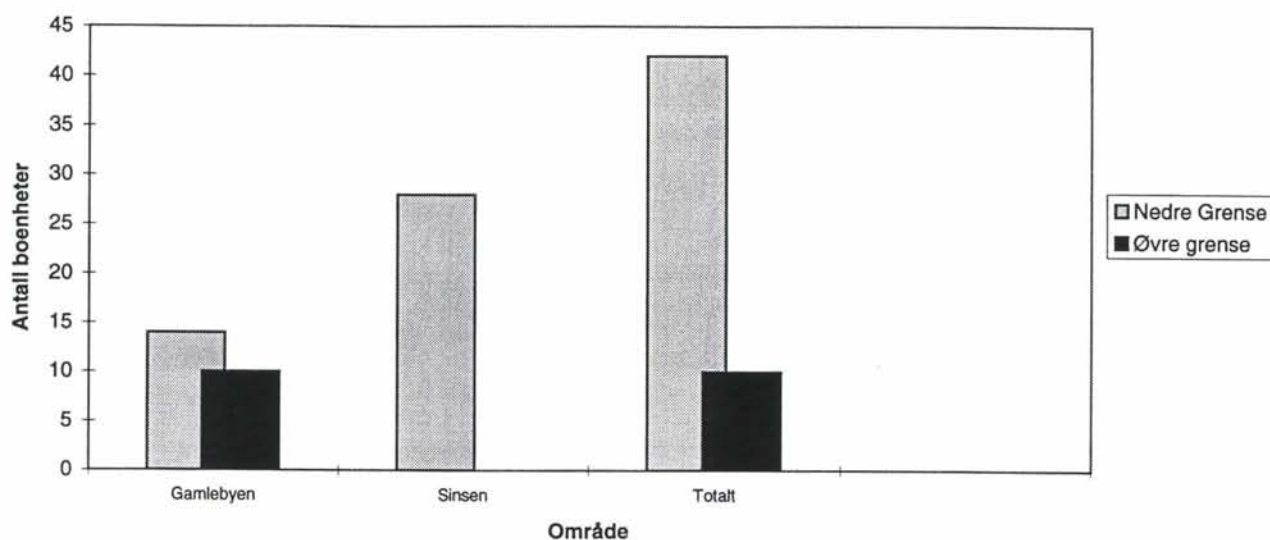
Godkjent



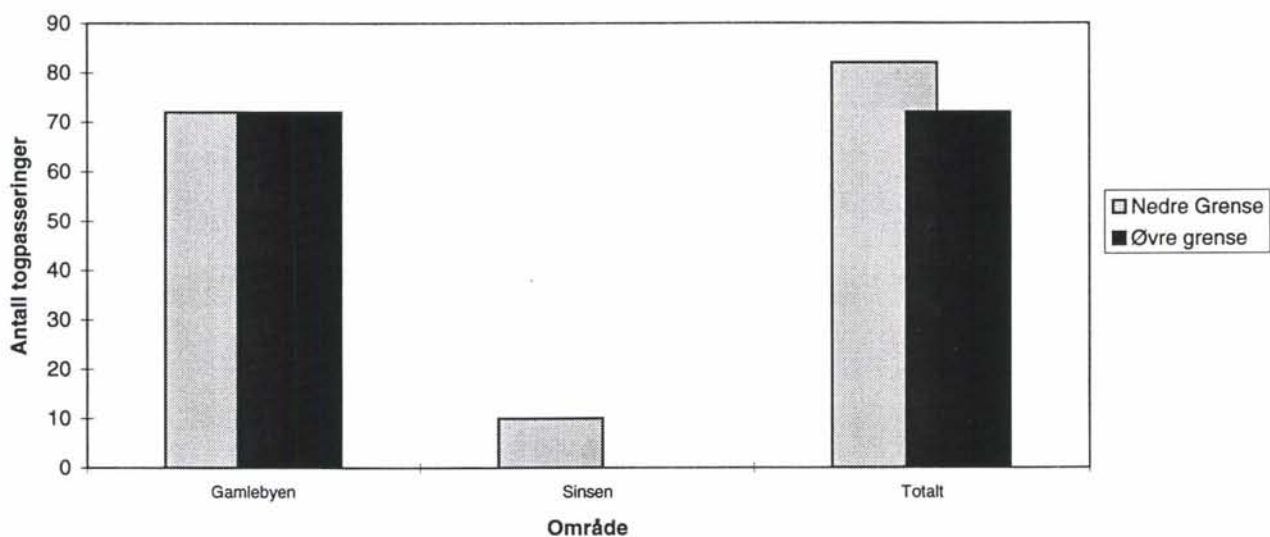
Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Uten avbøtende tiltak. Sammenligningsgrunnlaget.

Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ N1



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ N1



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
3

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

Kontrollert
[Signature]

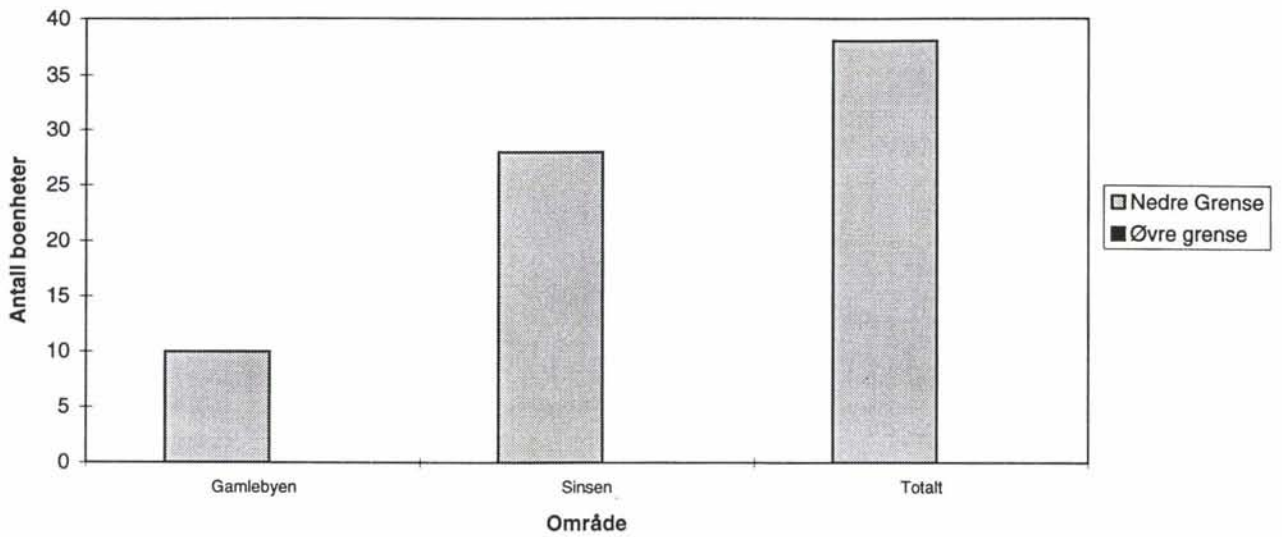
Godkjent
[Signature]



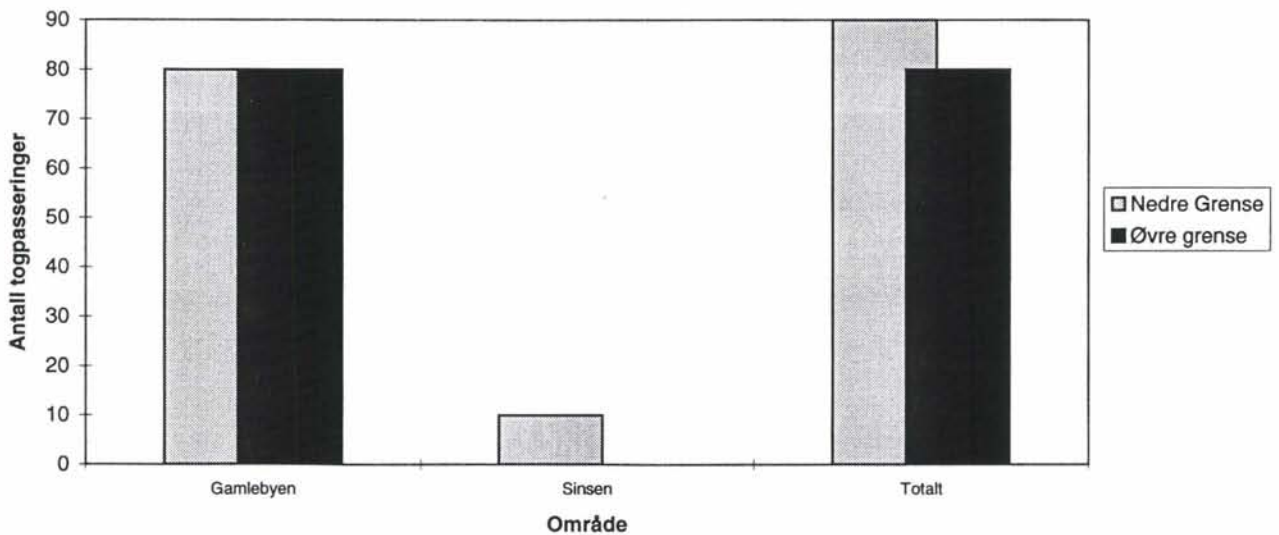
Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Uten avbøtende tiltak. Alternativ N1.

Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ N4



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ N4



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
4

Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

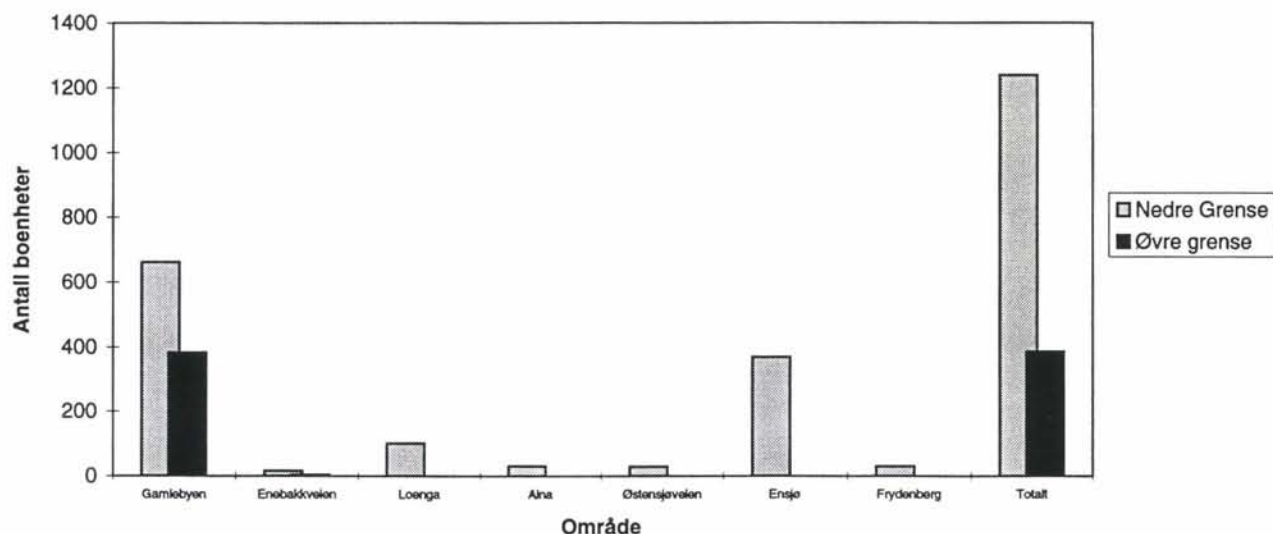
Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]

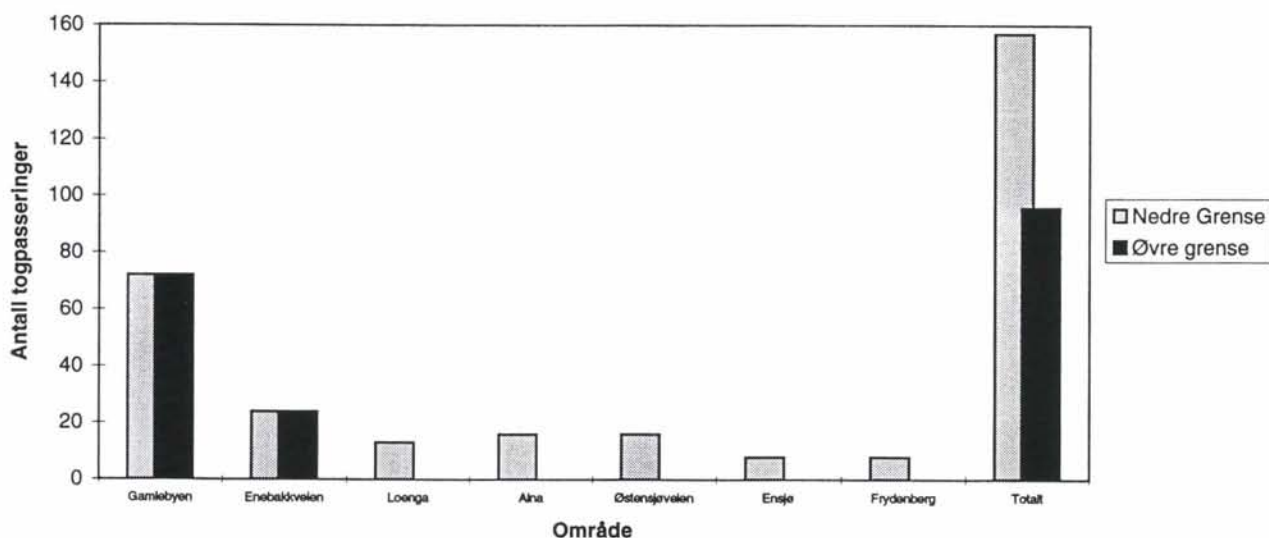


Uten avbøtende tiltak. Alternativ N4.

Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ M1



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ M1



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
5

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

Kontrollert
[Signature]

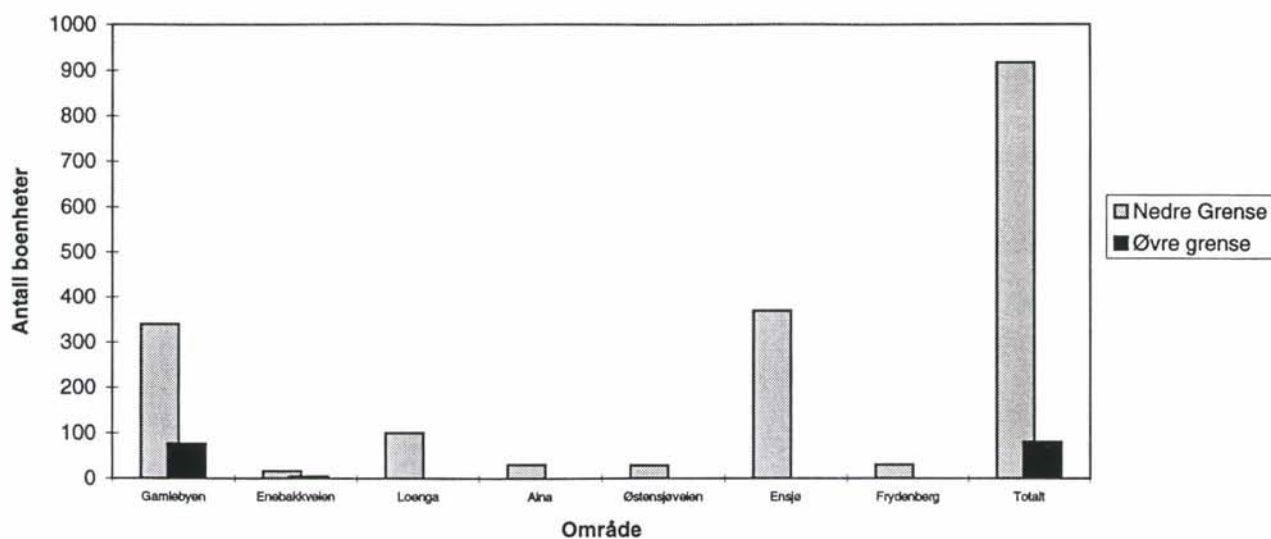
Godkjent
[Signature]



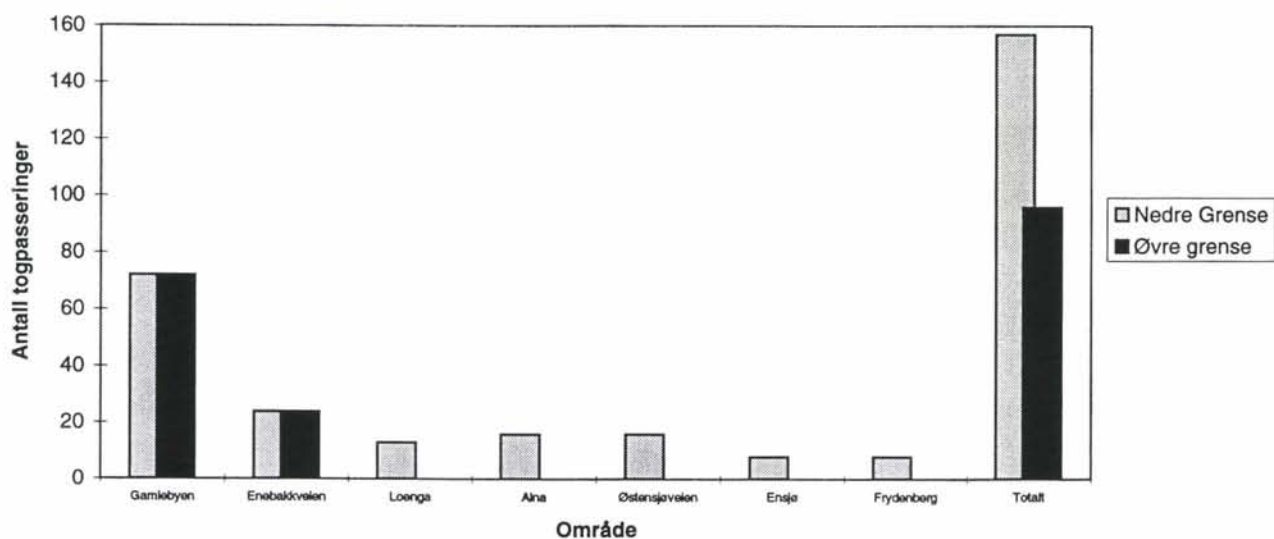
Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Uten avbøtende tiltak. Alternativ M1.

Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ M2



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ M2



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
6

Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

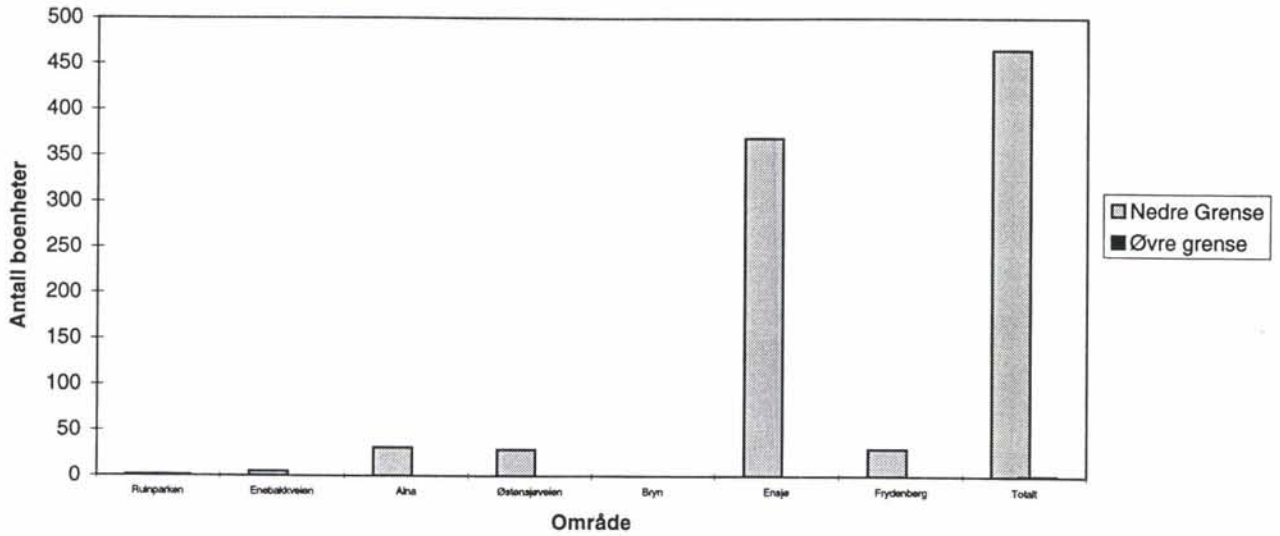
Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]

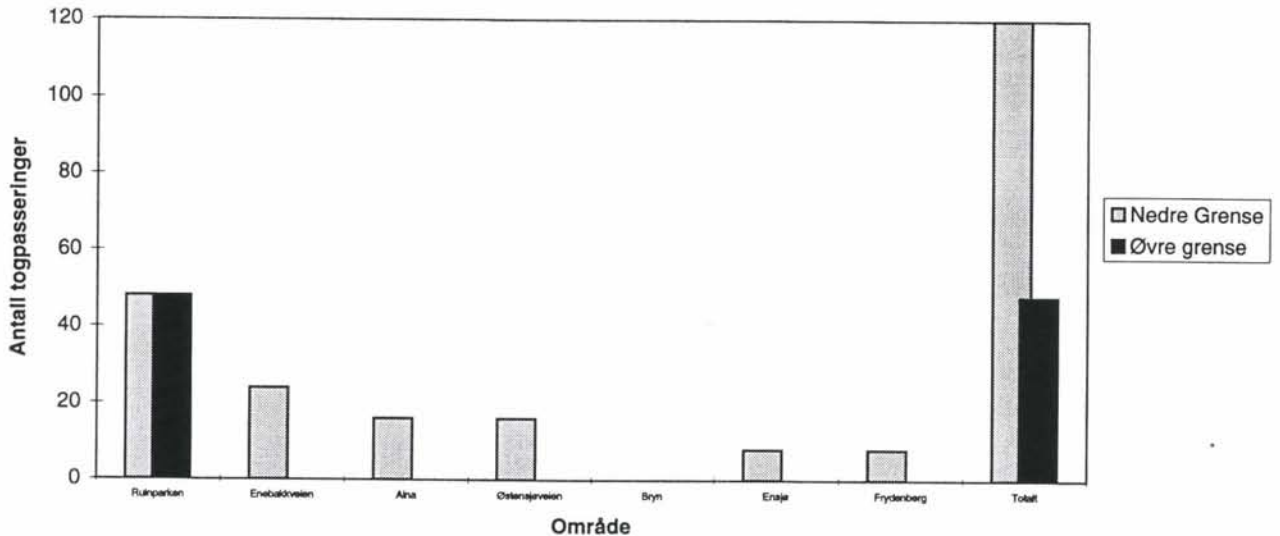


Uten avbøtende tiltak. Alternativ M2.

Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ S3



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ S3



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
7

Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

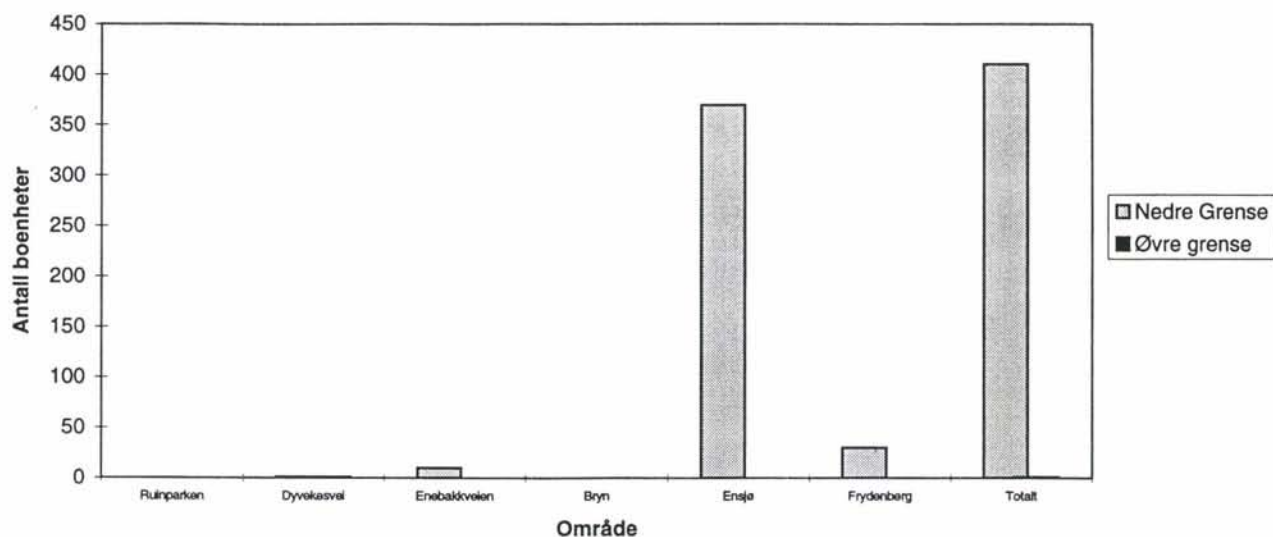
Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]

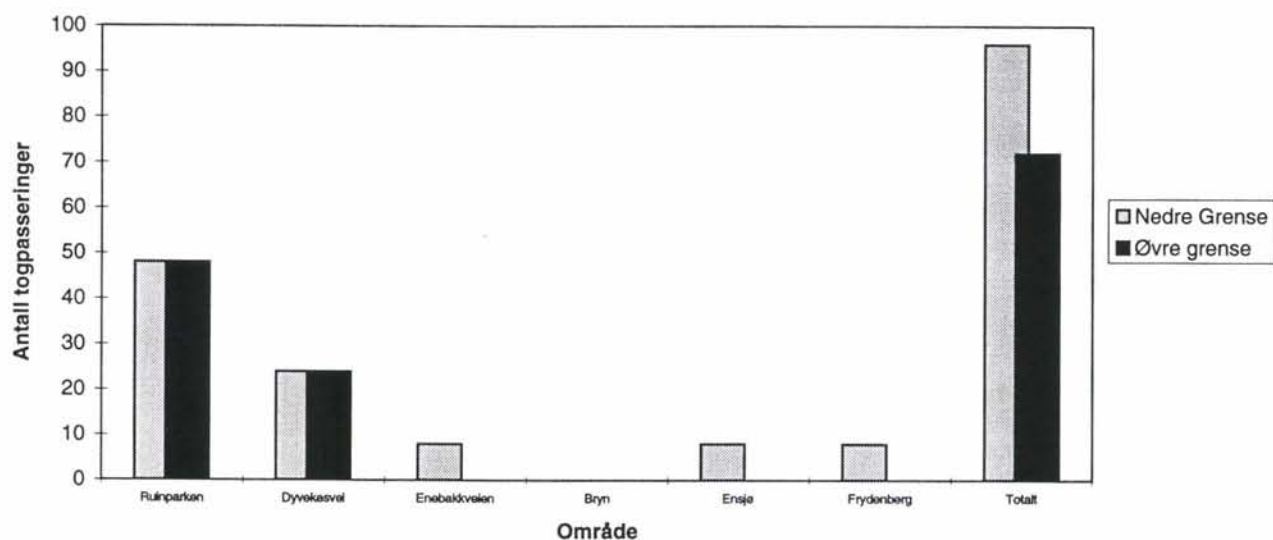


Uten avbøtende tiltak. Alternativ S3.

Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ S5



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ S5



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
8

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

Kontrollert
[Signature]

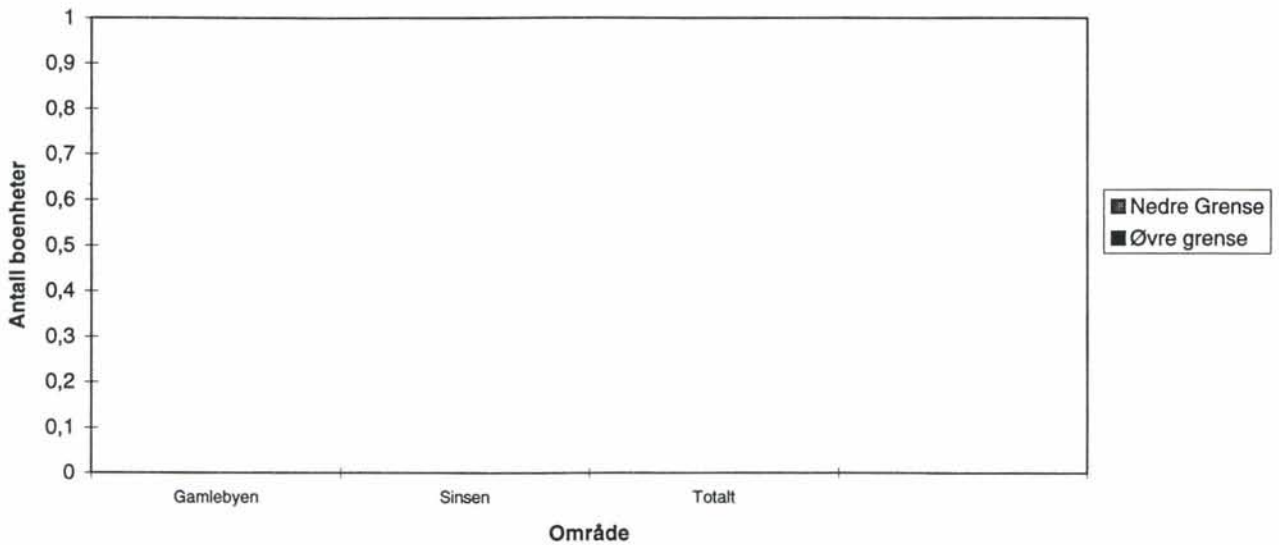
Godkjent
[Signature]



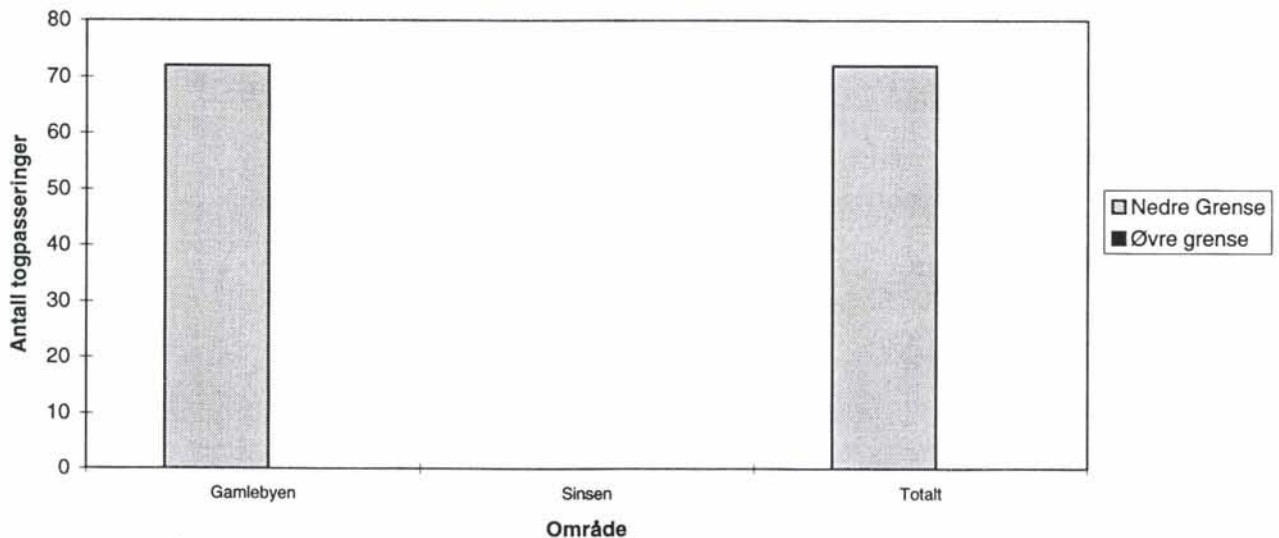
Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Uten avbøtende tiltak. Alternativ S5.

**Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ N1
Med tiltak**



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ N1



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
9

Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Tegner

Dato
96-02-26

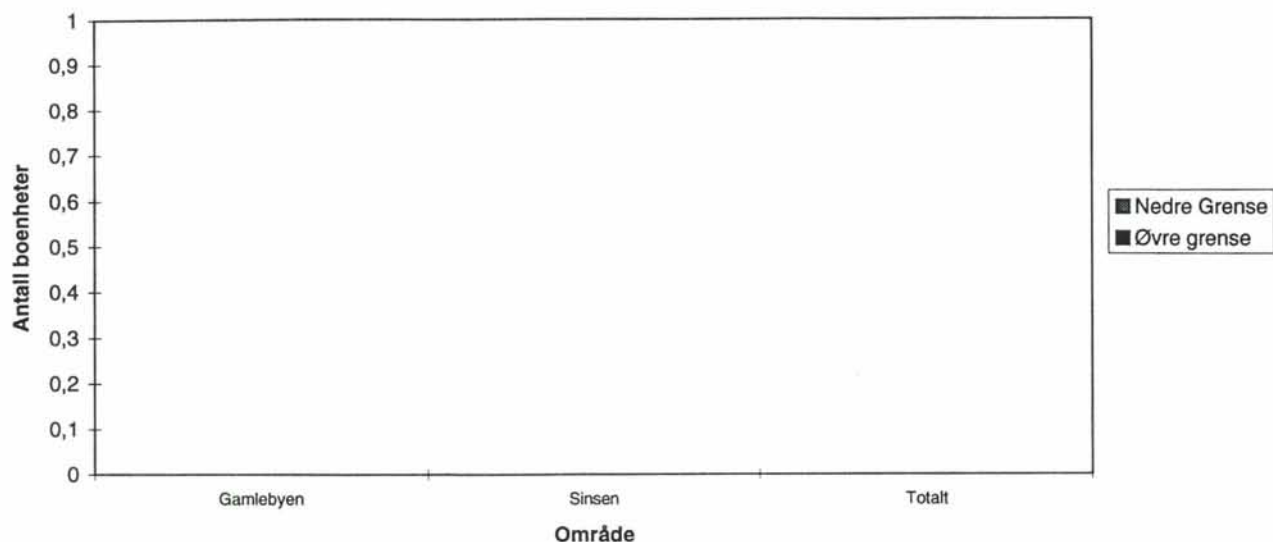
Kontrollert

Godkjent

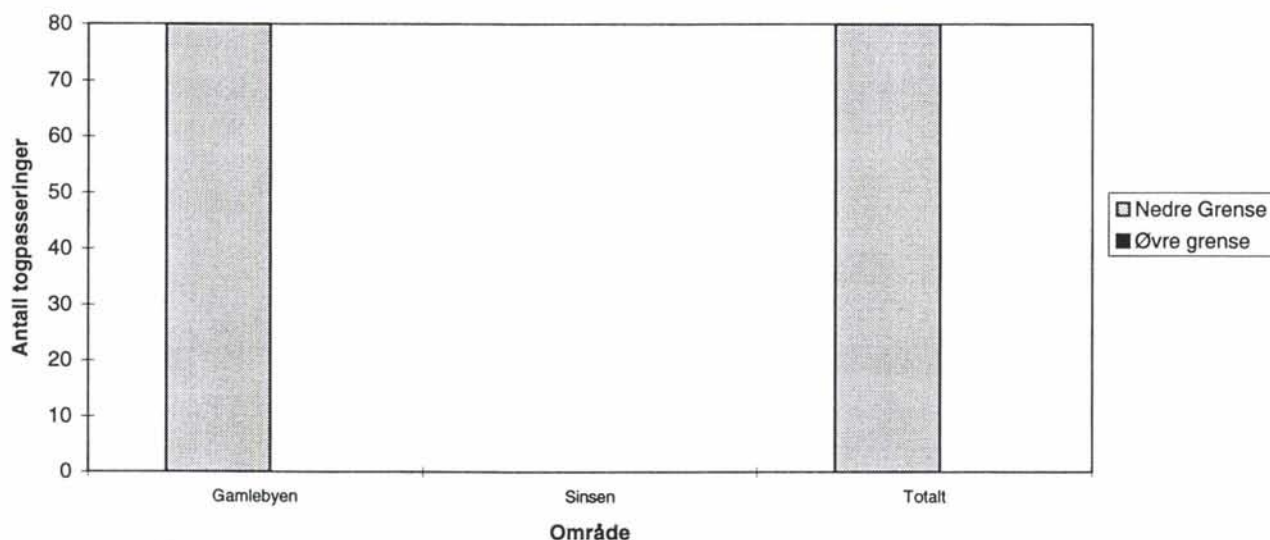


Med avbøtende tiltak. Alternativ N1.

**Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ N4
Med tiltak**



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ N4



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr. 953024-1 Figur nr. 10

Tegner *[Signature]* Dato 96-02-26

Kontrollert *[Signature]*

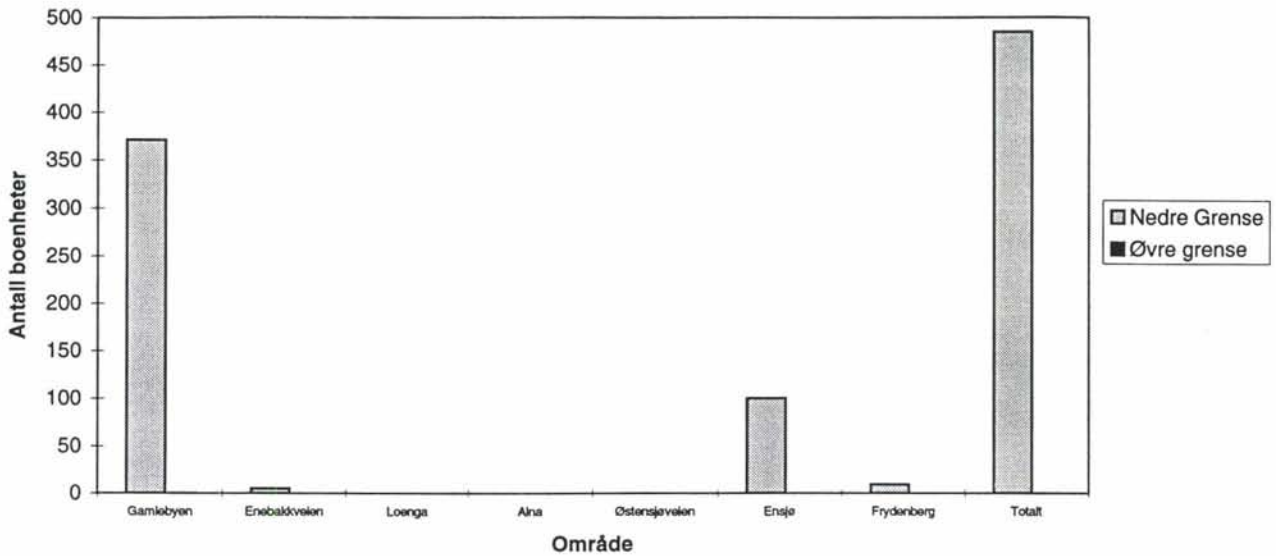


Godkjent *[Signature]*

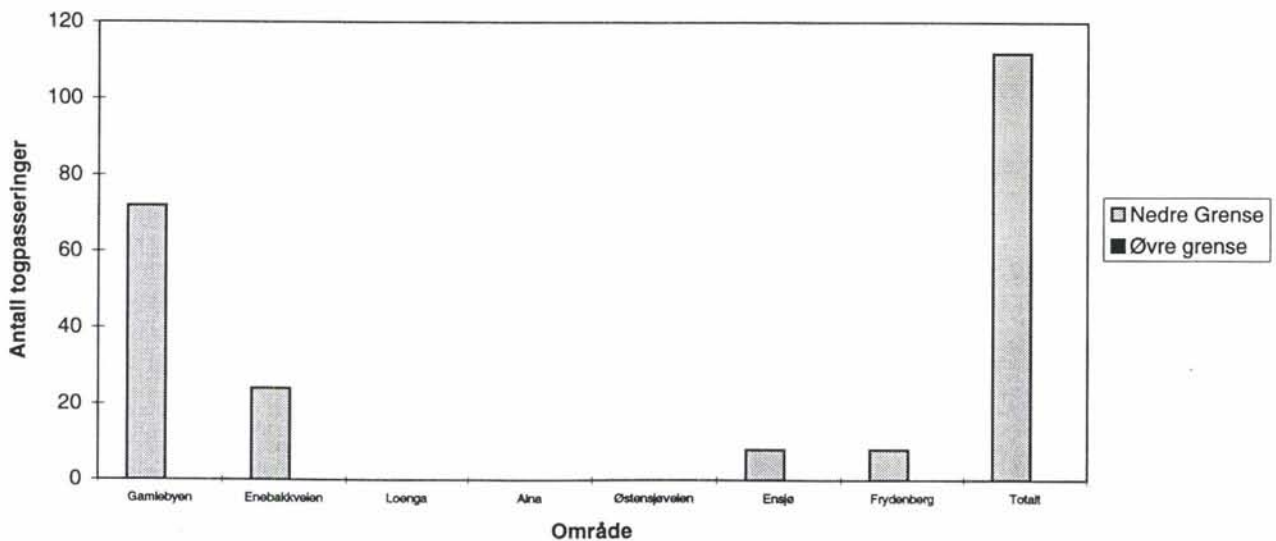
Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Med avbøtende tiltak. Alternativ N4.

Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ M1
Med tiltak



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ M1



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
11

Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

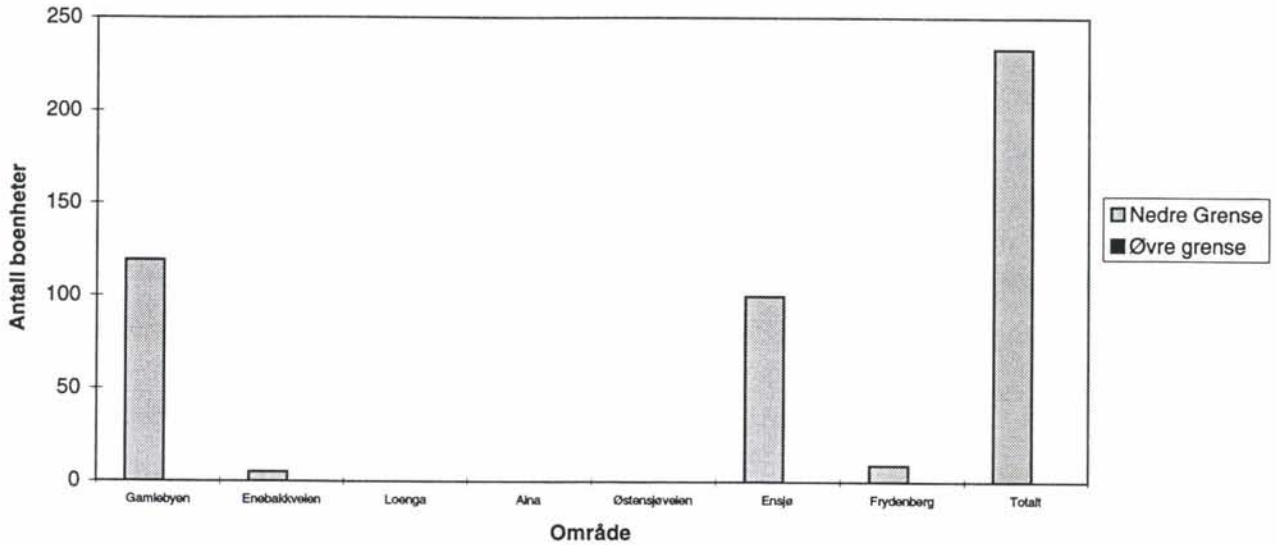
Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]

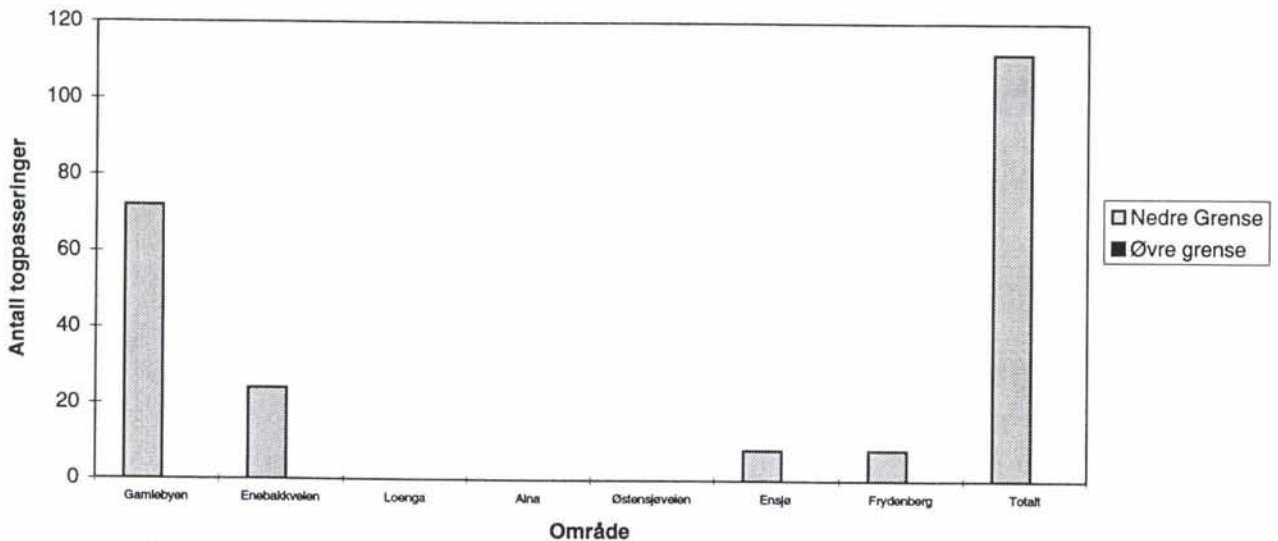


Med avbøtende tiltak. Alternativ M1.

Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ M2
Med tiltak



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ M2



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
12

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

Kontrollert
[Signature]

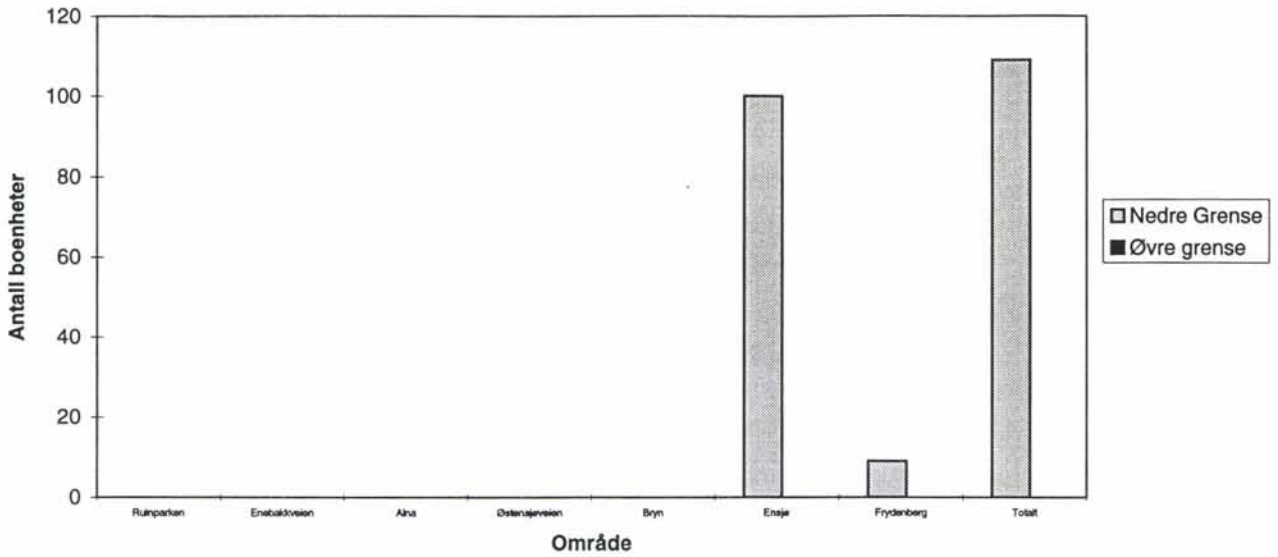
Godkjent
[Signature]



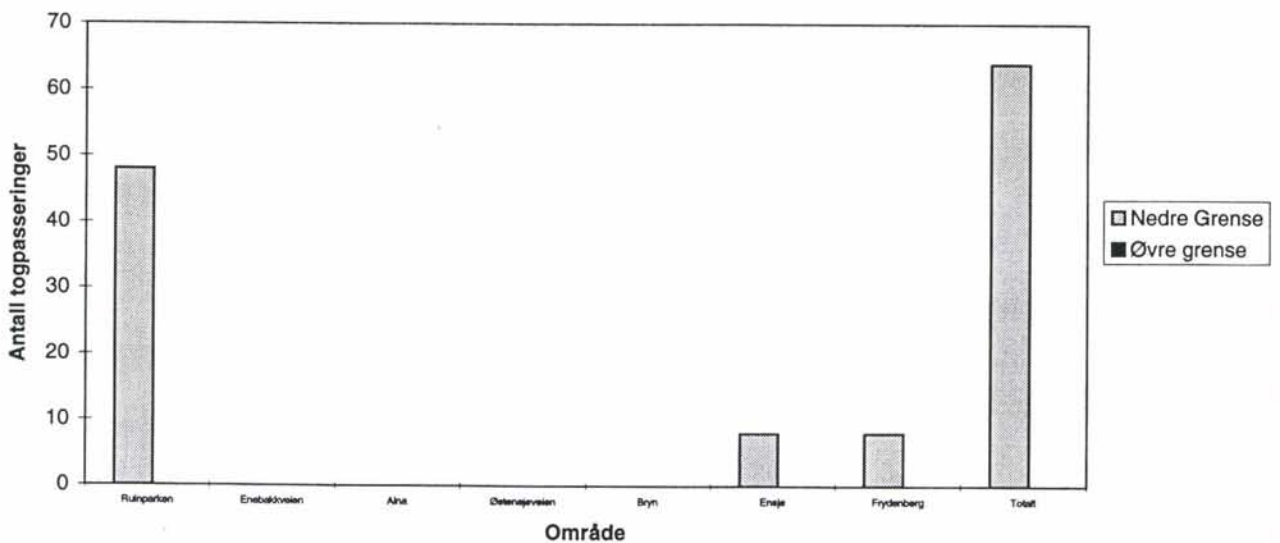
Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Med avbøtende tiltak. Alternativ M2.

Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ S3
Med tiltak



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ S3



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
13

Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

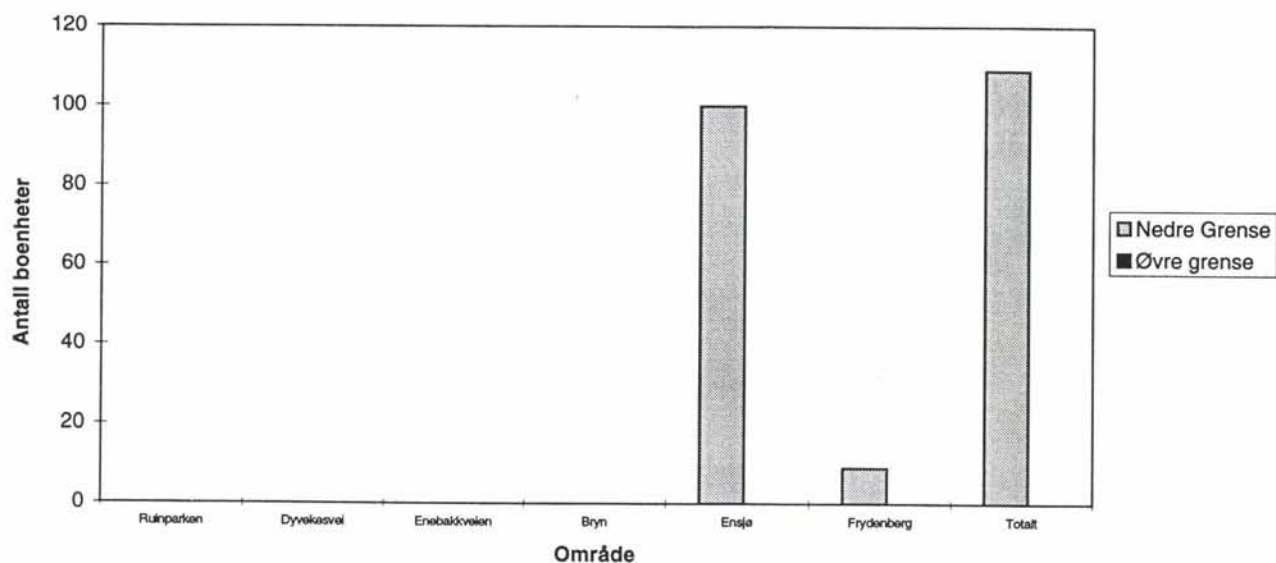
Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]

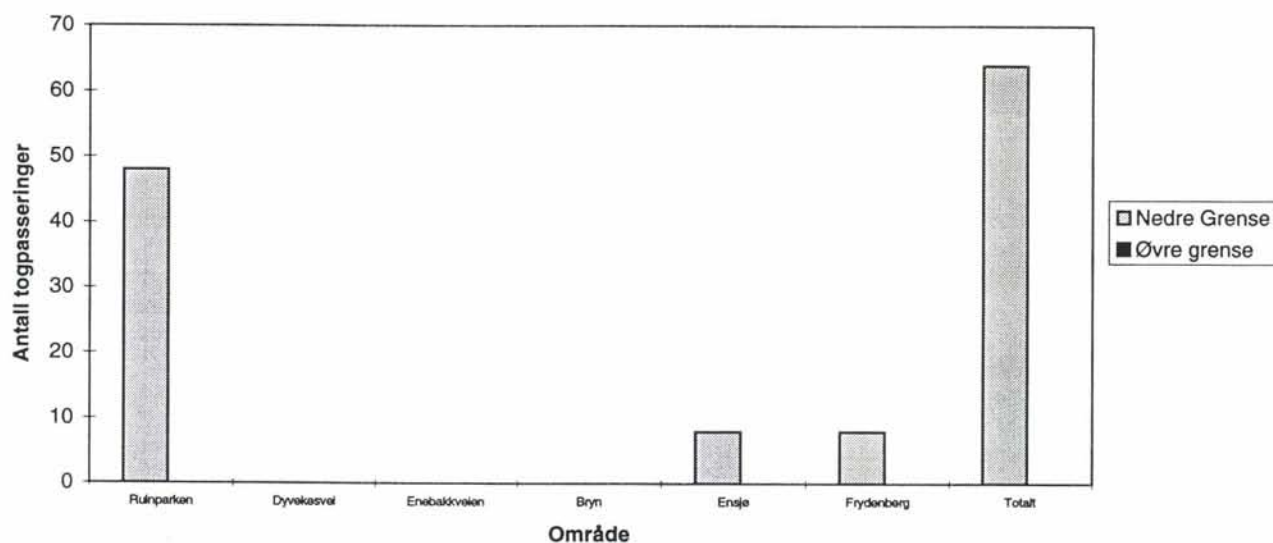


Med avbøtende tiltak. Alternativ S3.

Overskridelse vibrasjonsgrenser - Alternativ S5
Med tiltak



Overskridelse vibrasjonsgrenser i tidsrommet kl. 2200-0600 - Alternativ S5



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
14

Antall boenheter (a) og antall togpasseringer om natten (2200-0600) (b) som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner.

Tegner

Dato
96-02-26

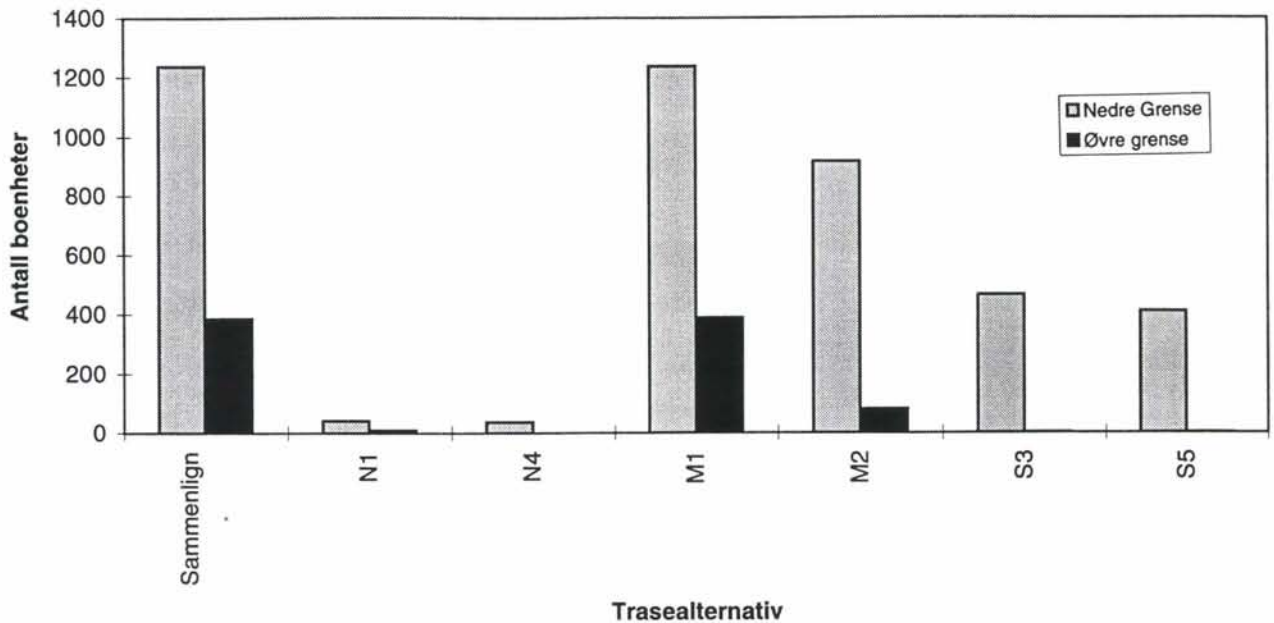
Kontrollert

Godkjent

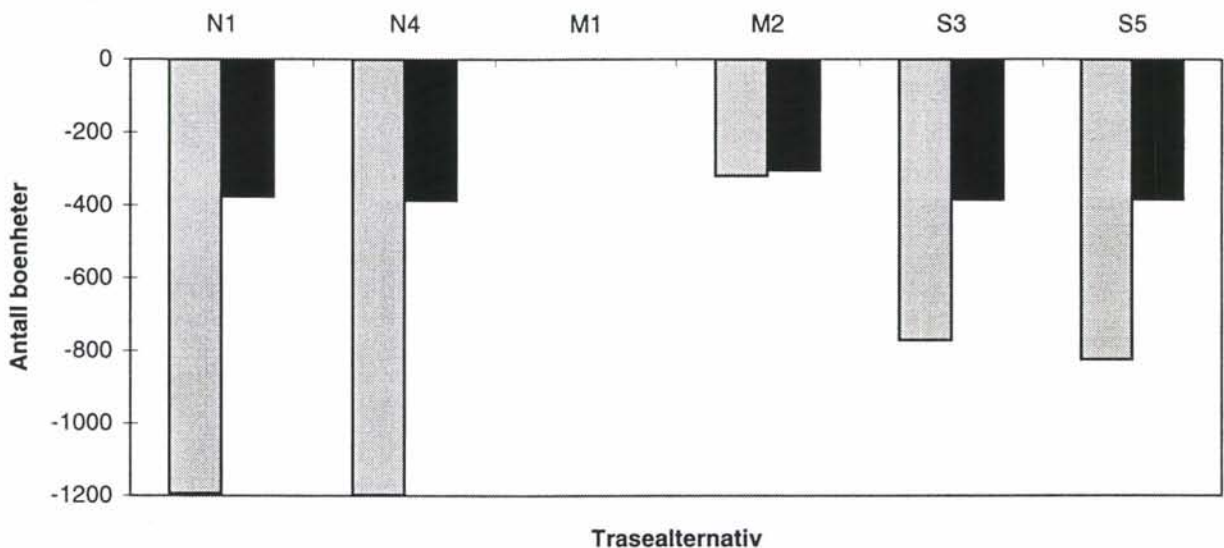


Med avbøtende tiltak. Alternativ S5.

**Overskridelse vibrasjonsgrenser
Sammenstilling - Totale tall - Uten tiltak**

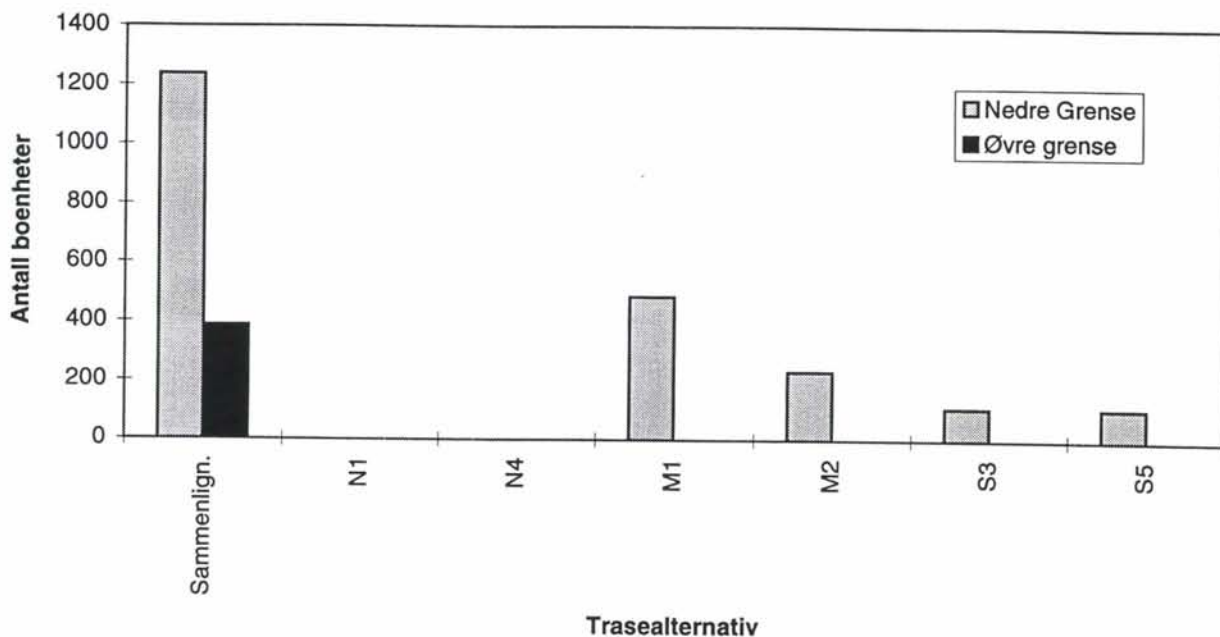


**Overskridelse av vibrasjonsgrenser
Sammenstilling nettovirkning**

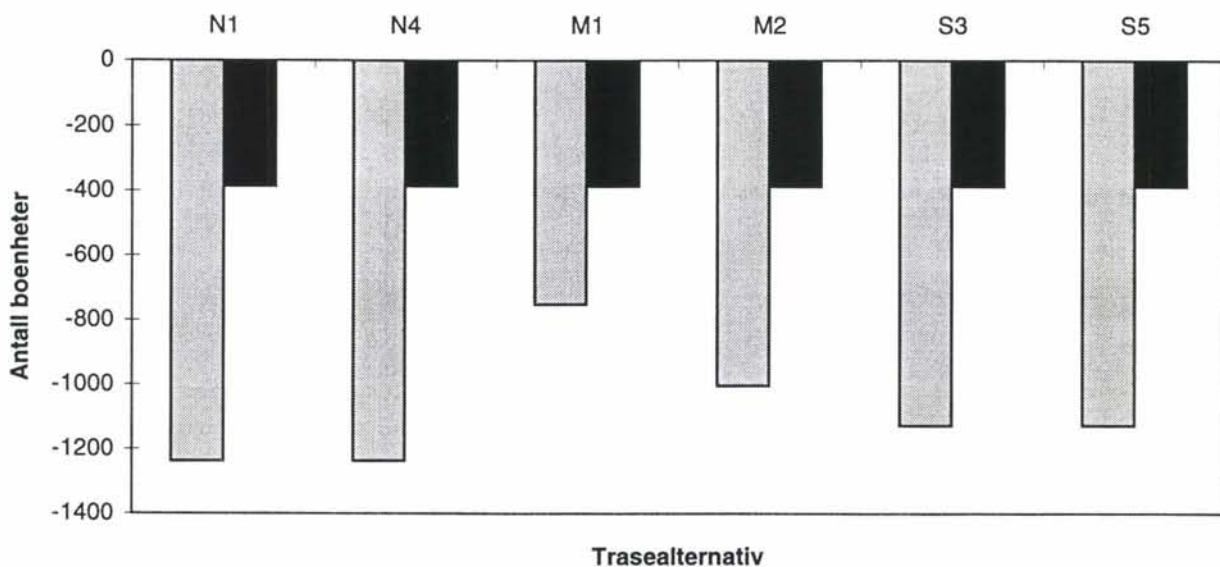


JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN Antall boenheter som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner. Totale tall (a). Nettovirkning (b). Uten avbøtende tiltak. Alle alternativer.	Rapport nr. 953024-1	Figur nr. 15
	Tegner 	Dato 96-02-26
	Kontrollert 	
Godkjent 		NGI

Overskridelse vibrasjonsgrenser
Sammenstilling - Totale tall - Med tiltak



Overskridelse av vibrasjonsgrenser
Sammenstilling nettvirkning
Med tiltak



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
16

Antall boenheter som får overskridelse for nedre grenseverdi (0,4 mm/s) og øvre grenseverdi (1,0 mm/s) for vibrasjoner. Totale tall (a). Nettovirkning (b).

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

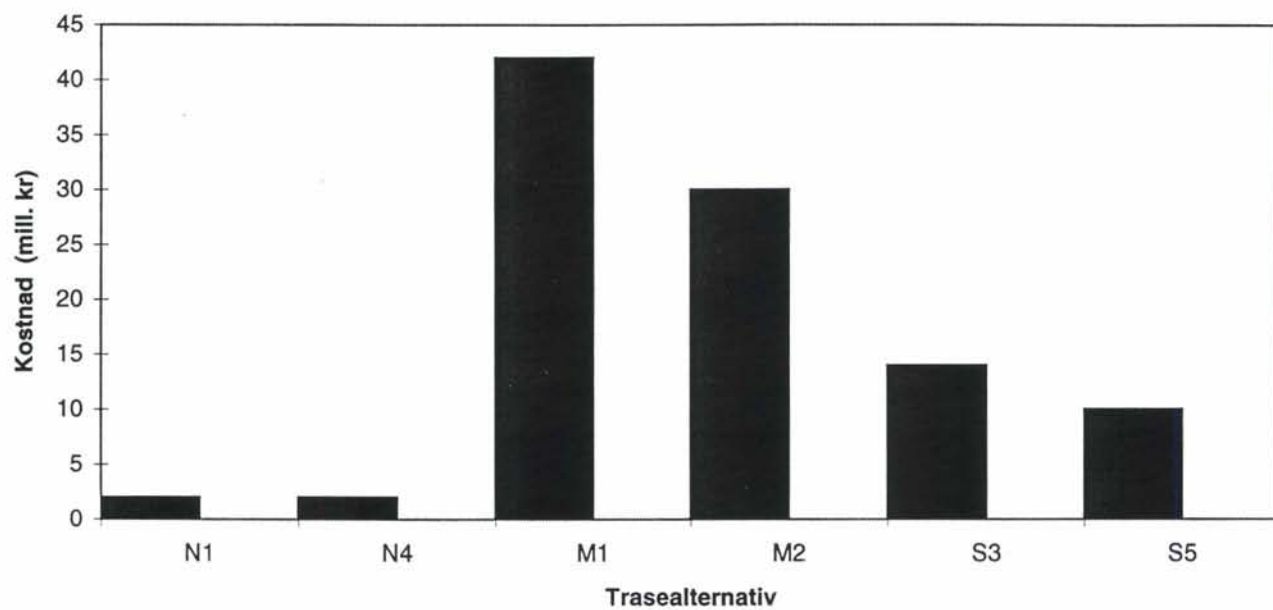
Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]



Med avbøtende tiltak. Alle alternativer.

Kostnader for vibrasjonsreduserende tiltak



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Kostnad for vibrasjonsreduserende tiltak.
Tiltaksgrense = 0,4 mm/s.
Alle alternativer.

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
17

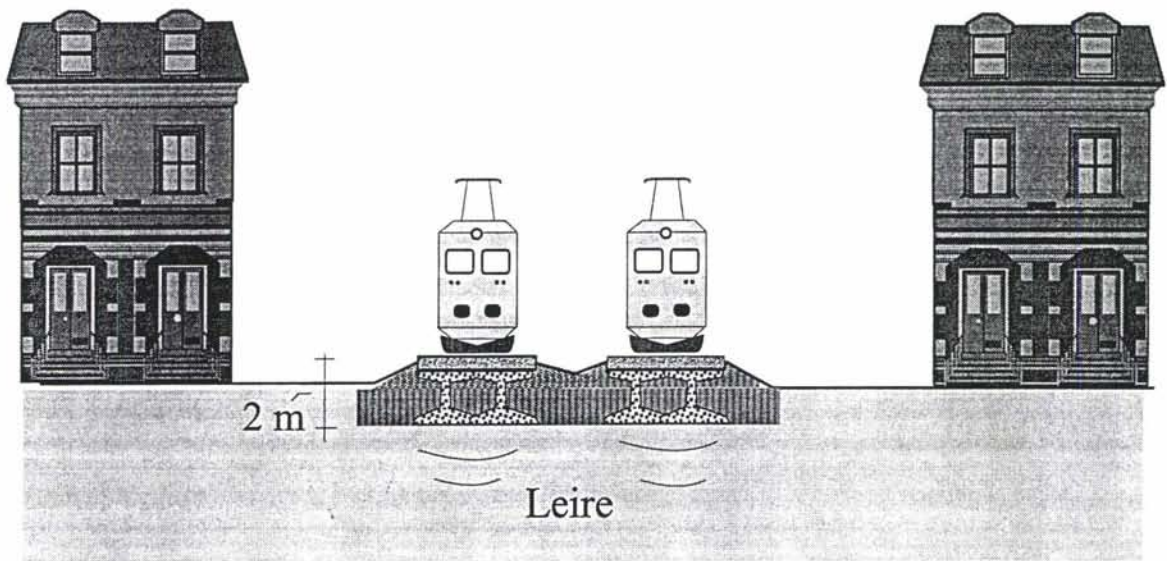
Tegner

Dato
96-02-26

Kontrollert

Godkjent





JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
18

Vibrasjonsreduserende tiltak.
Langsgående betongdrager.
Prinsippskisse.

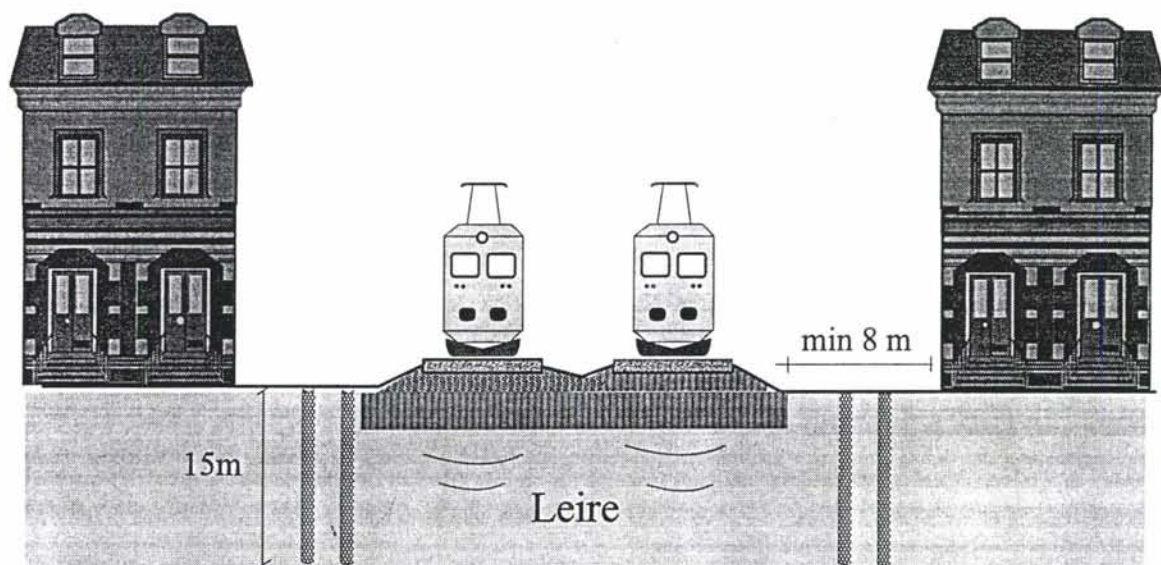
Tegner
JKH

Dato
96-02-26

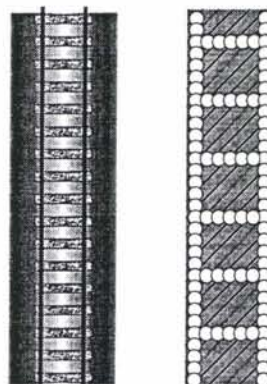
Kontrollert

Godkjent





Kalksement-skjermen sett ovenifra.



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
19

Vibrasjonsreducerende tiltak.
Kalksementpelskjerm.
Prinsippskisse.

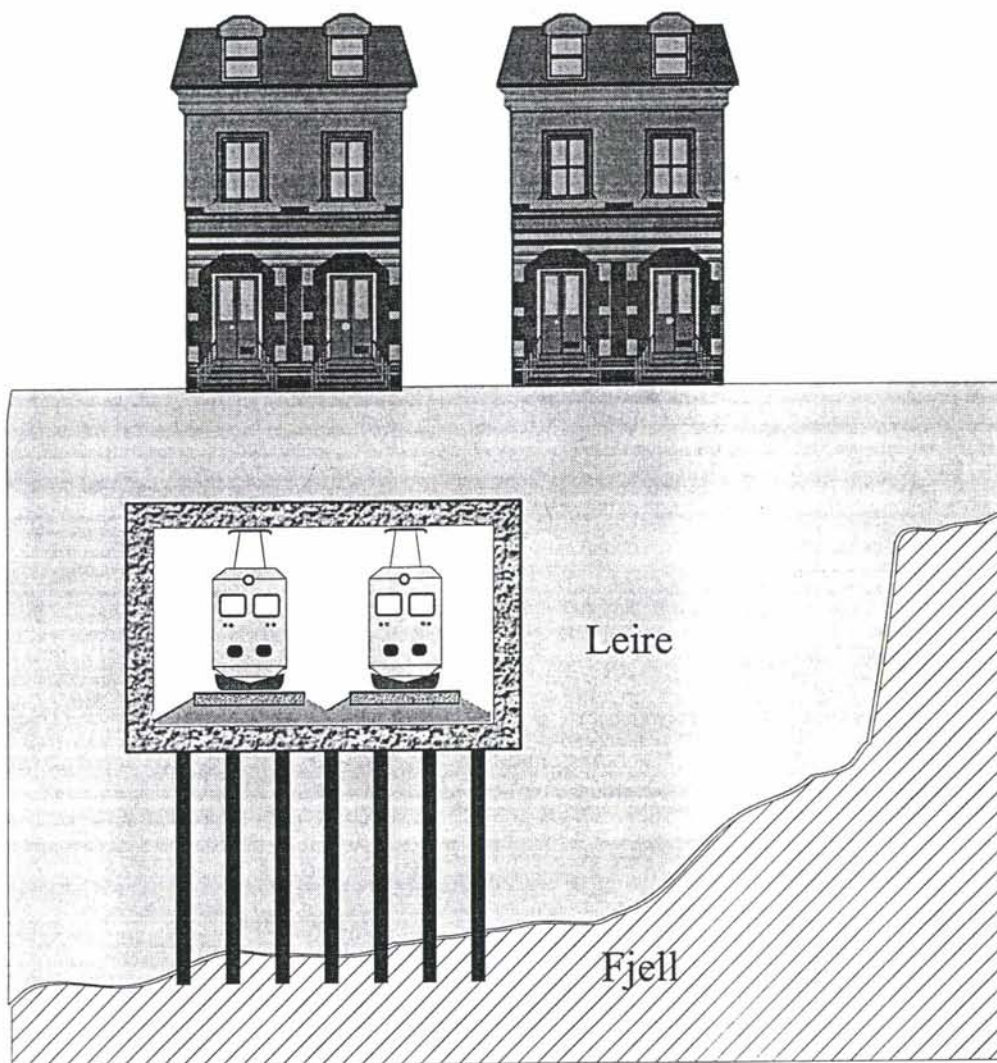
Tegner
JKH

Dato
96-02-26

Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]





JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
20

Vibrasjonsreduserende tiltak.
Peling av kulvert til fjell.
Prinsippskisse.

Tegner
JKH

Dato
96-02-26

Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]





Vedlegg A - Vibrasjonsmåling på Alnabru

INNHold

A1 BAKGRUNN	2
A2 MÅLEOPPSETT.....	2
A3 DATAINNSAMLING.....	3
A4 RESULTATER	4

Figur A1 - A3

A1 BAKGRUNN

Formålet med målingene var å skaffe data om den vibrasjonsreduserende effekten en løsmassekulvert i Gamlebyen vil ha i forhold til sporet på terreng.

En egnet kulvert ble funnet på Hovedbanen, der denne krysser søndre ende av Alna skiftestasjon. Kulverten er en lukket betongprofil, med bunnplate. Noe ugunstig er det at kulverten er kort, bare 50 meter, og at terrenget i området er noe uoversiktlig med endel oppfylte masser. Figur A1 viser et oversiktskart.

Grunnforholdene ved kulverten er karakterisert som bløt leire, med mektighet på over 20 meter til fjell.

Det ble målt vibrasjoner fra togtrafikk ved kulverten på sydsiden av Alnabru skiftestasjon fra klokken 15⁰⁰ 15 november til klokken 10³⁰ 16 november 1995. Været var kaldt og tørt over lenger tid før målingene begynte. Tele i bakken kan ha forekommet.

A2 MÅLEOPPSETT

Det ble målt vibrasjoner samtidig i to tverrprofiler, ett gjennom kulverten, og ett i fritt terreng utenfor kulverten som vist i figur A2.

Figur A3 viser skjematisk plassering av målerene. I alt ble det målt i 15 forskjellige målepunkter. To målepunkter ble brukt for å måle toghastigheten. Disse ble plassert mellom de to sporene i kulverten. Videre ble det brukt 3 målepunkter i kulverten for å finne den dynamiske oppførselen av kulverten. For å kunne måle den effekten kulverten hadde på vibrasjonene, ble det målt i et profil ved midten av kulverten (5 målepunkter) som ble sammenliknet med et profil langs dobbeltsporet i dagen ca. 70 meter unna kulverten (5 målepunkter).

Tabell A1 Måleoppsett.

Kanal	Sensor	Plassering	Avstand fra senter spor (m)	Retning
1	HS-1	Ved sporet	0	V
3	HS-1	Ved sporet	0	V
2	HS-1	Midt på vegg i kulvert	5	V
4	HS-1	På hjørne i kulvert	5	V
5	HS-1	Midtspenn kulvert	0	V
6	HS-1	Profil langs kulvert	10	V
7	SM-6	Profil langs kulvert	15	V
8	SM-6	Profil langs kulvert	20	V
9	SM-6	Profil langs kulvert	20	H
11	SM-6	Profil langs kulvert	35	V
19	SM-6	Profil åpent terreng	15	V
20	SM-6	Profil åpent terreng	20	V
21	SM-6	Profil åpent terreng	32	V
22	SM-6	Profil åpent terreng	32	H
23	SM-6	Profil åpent terreng	44	V

V: Vertikalt

H: Horisontalt tvers på sporet.

A3 DATAINNSAMLING

Vibrasjonene fra togtrafikken ble registrert samtidig i de 15 målepunktene. Det ble benyttet 5 4,5 Hz HS-1 geofoner fra Geospace med følsomheten 12,6 mV/mm/s og 10 SM-6 geofoner fra Sensor Nederland, Western Atlas med følsomheten 28,8 mV/mm/s.

Dataene ble innsamlet med Terralock MK6 seismograf fra ABEM. Det ble brukt 500 Hz samplingsfrekvens pr. kanal i samtlige målinger. Målekjeden dekker frekvensområdet fra 1-2 Hz til 100 Hz.

De digitaliserte dataene ble i ettertid behandlet med signalanalyzesystemet SADANA. I signalbehandlingen ble følgende størrelser bestemt:

- 1/3-dels rms oktavspektra, med 1 s midling.
- Dominerende frekvens
- Frekvensveiet vibrasjonsnivå (mm/s), 1 s rms-verdi ("max slow") i henhold til ISO2631-2.
- Toghastighet

(Togenes kjørehastighet ble bestemt ut fra registreringer foretatt på to sensorer (1 og 3) som var plassert mellom Spor 1 og Spor 2 med en innbyrdes avstand på ca. 40 meter.)

Det ble registrert vibrasjoner fra 64 togpasseringer, 57 lokaltog, 3 godstog og 4 fjerntog.

A4 RESULTATER

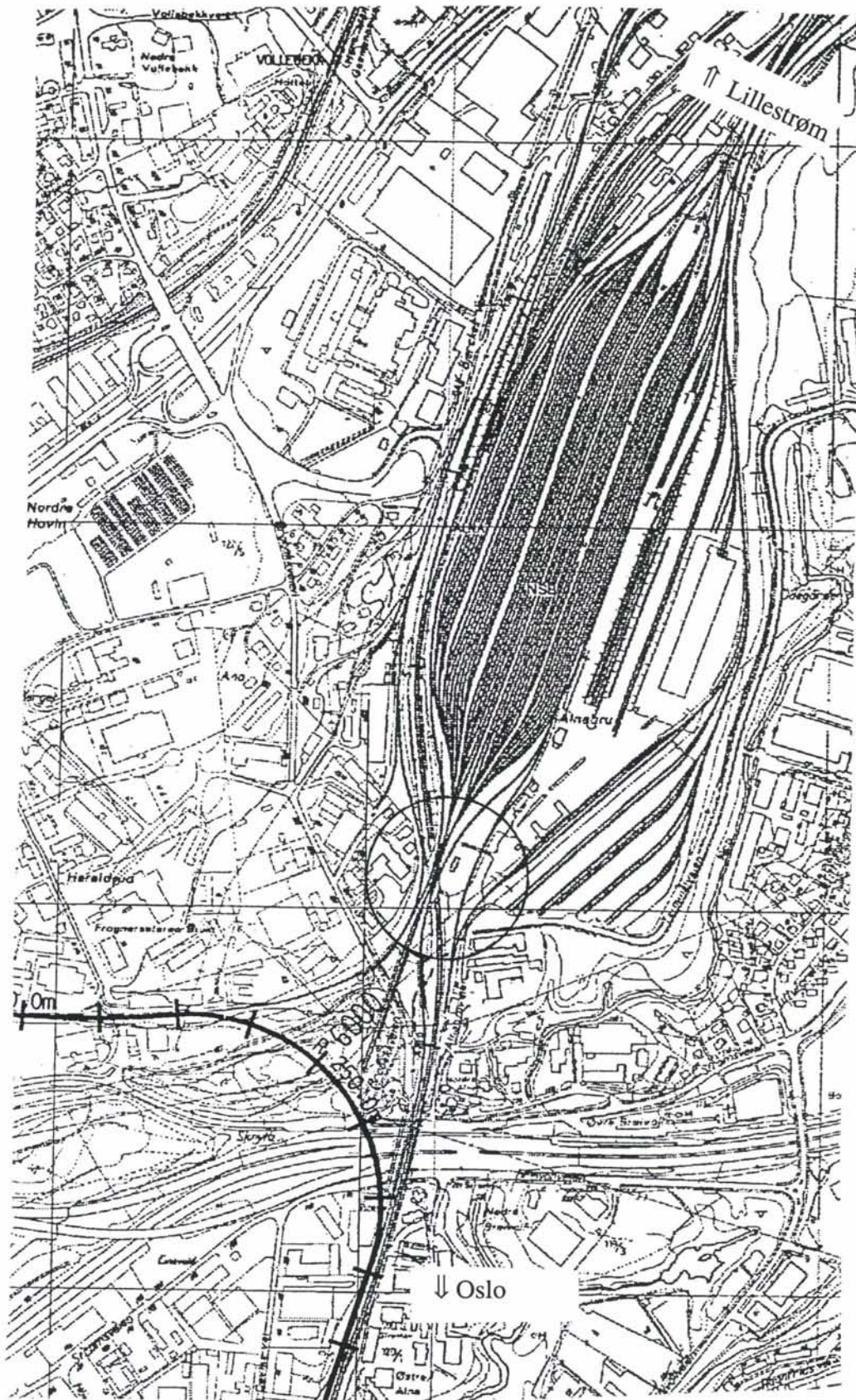
Måledataene er blitt bearbeidet og klassifisert etter togtype. Som en referanse ble profil i fritt terreng sammenholdt med andre resultater fra bløt leire og bane på terreng. Det ble funnet en god overensstemmelse.

Sett samlet, frekvensveiet over området 2-100 Hz, viser undersøkelsen at den aktuelle kulverten vil gi en reduksjon av vibrasjoner på ca. 50% i forhold til bane på terreng.

Med det grunnlag vi har, anses dette som representativt for bløt og middels fast leire. Kulvertens korte lengde bidrar til et konservativt estimat.

Tabell A2 Kulvertens effekt på vibrasjoner, sammenliknet med bane i åpent terreng, klassifisert etter togtype.

Togtype	Effekt av kulvert (%)
Lokaltog	60
Ekspresstog	60
Godstog	50

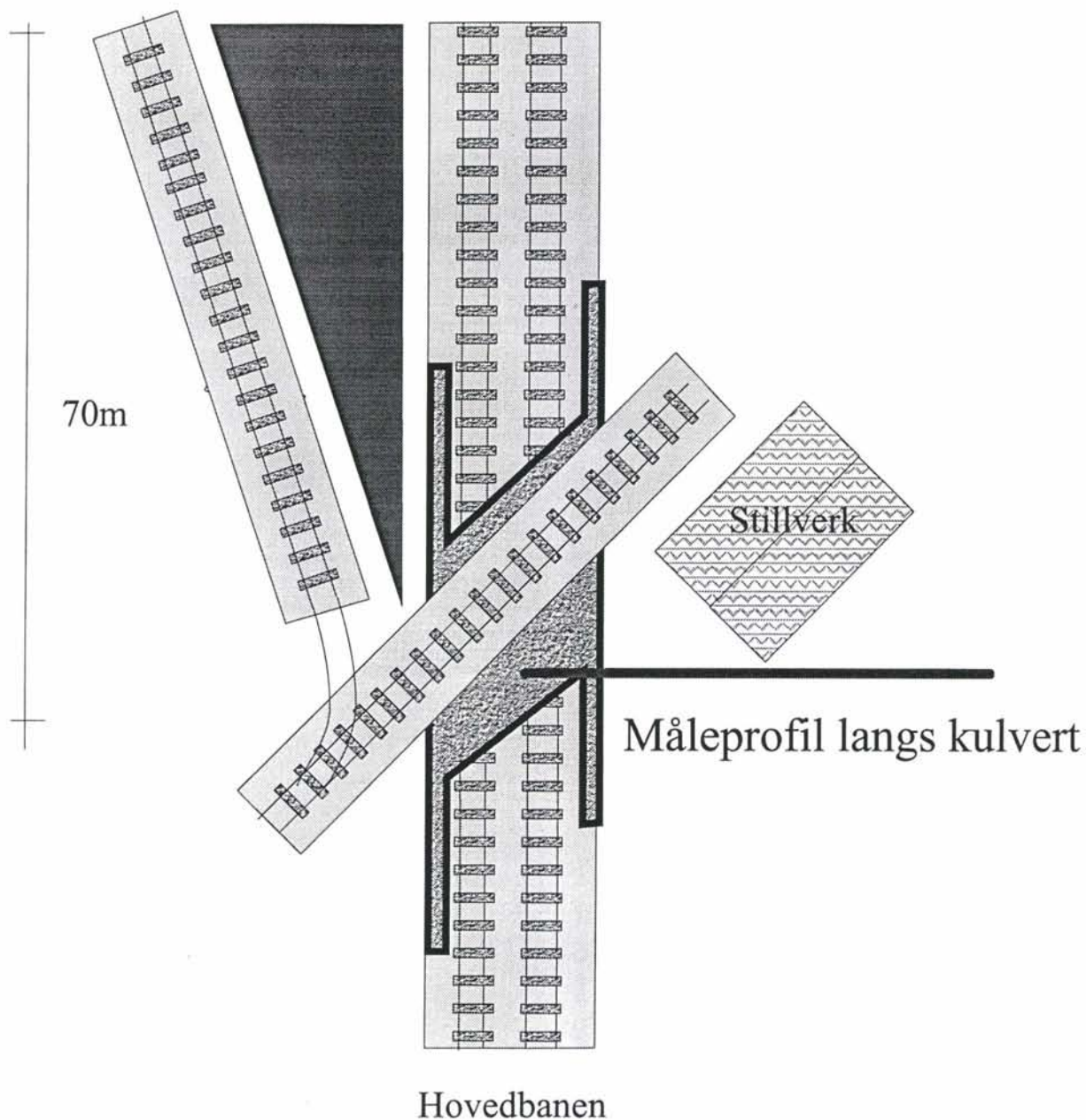


JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Kart over målestedet.

Rapport nr. 953024-1	Figur nr. A1
Tegner JKH	Dato 96-02-26
Kontrollert <i>[Signature]</i>	
Godkjent <i>[Signature]</i>	

Måleprofil langs terreng



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
A2

Prinsippskisse over Hovedbane i kulvert med godsspor over.

Tegner
JKH

Dato
96-02-26

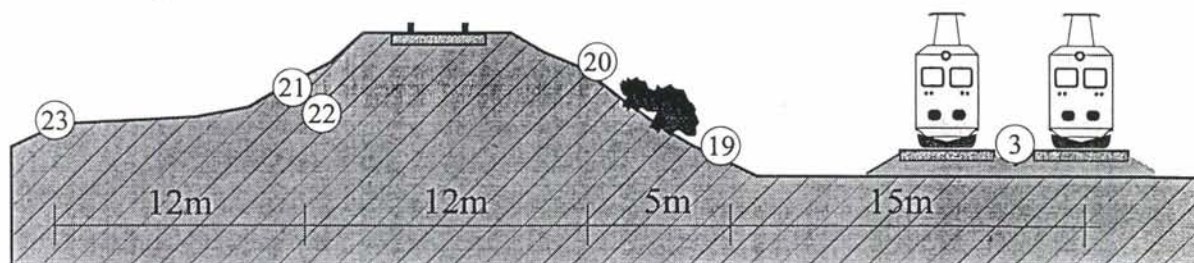
Avstand mellom måleprofiler er ca. 70 m.

Kontrollert

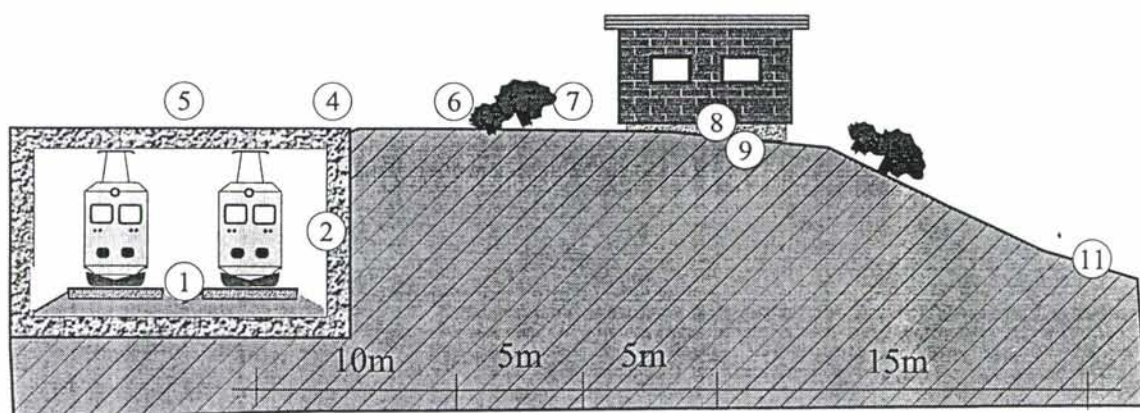
Godkjent



Profil i terreng



Profil gjennom kulvert



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
A3

Måleoppsett.

Tegner
JKH

Dato
96-02-26

Avstand mellom måleprofiler er ca. 70 m.

Kontrollert

Godkjent





Vedlegg B - Trasebeskrivelser

INNHold

B1 INNLEDNING	2
B2 SAMMENLIGNINGSGRUNNLAGET.....	3
B3 NORDRE KORRIDOR, ALTERNATIV N1.....	6
B4 NORDRE KORRIDOR, ALTERNATIV N4.....	10
B5 MIDTRE KORRIDOR, ALTERNATIV M1	13
B6 MIDTRE KORRIDOR, ALTERNATIV M2	16
B7 SØNDRE KORRIDOR, ALTERNATIV S3.....	20
B8 SØNDRE KORRIDOR, ALTERNATIV S5.....	24

Figur B1-B3

B1 INNLEDNING

For alle trasealternativer og sammenligningsgrunnlaget er banestrekningen der forventet vibrasjonsnivå er beregnet, beskrevet i en tilhørende tabell. Hvert alternativ er delt opp i flere understrekninger der parametre som er relevante for vibrasjonsvurdering angitt så som linjeføring (dagsone/kulvert/fjelltunnel) og den togtype med tilhørende hastighet som gir det høyeste vibrasjonsnivået, er angitt.

Det er antatt at vibrasjonsnivået på bakken blir forsterket med en faktor på 2,0 i bygninger med 1 til 2 etasjer. I skorsteinsgårder, det vil si murgårder med etasjeskillere av tre, er det antatt at vibrasjonsnivået blir forsterket med en faktor på 3,0, i 3 til 8 etasje. De fleste gårdene i Gamlebyen er av denne typen. I bygninger med etasjeskillere i betong, er det antatt en forsterkningsfaktor på 2,5 for tredje til åttende etasje.

Opplysninger om rivning av bygninger av anleggstekniske årsaker er basert på Arkitektskap (1996). Det er ikke tatt hensyn til ny bebyggelse som eventuelt settes opp over kulverter eller på områder der anleggstekniske årsaker forårsaker at eksisterende bebyggelse rives.

For bygg med mer enn to etasjer er boenhetene i samtlige etasjer som en forenkling, behandlet vibrasjonsmessig likt. Det vil si at det er antatt at alle boenheter i en bygning har det samme maksimale vibrasjonsnivået.

Grunnforholdene der det er boliger som ligger nærmere enn 100 m fra de forskjellige trasealternativene er her klassifisert i tre hovedgrupper; *fjell*, *bløt leire* og *middels fast leire*. Data angående grunnforhold er samlet fra kvartærgeologisk kart over Oslo (NGU, 1993) og Berdal Strømme (1995a, 1996b, 1996e, 1996f, 1996h). Basert på denne informasjonen er det antatt middels fast leire i alle sonene med løsmasse der det ligger boliger.

For de deler av traseene der boligene eller bane ligger på fjell eller der banen går i fjelltunnel, er forventet vibrasjonsnivå ikke beregnet.

Antallet hus der vibrasjonsgrensene bli overskredet er talt opp ved å telle hus på gjeldende plantegninger. Antall boenheter er beregnet basert på opplysninger innhentet gjennom befarings og opplysninger fra Telenor angående antall telefonabbonenter i en bygning.

B2 SAMMENLIGNINGSGRUNNLAGET

B2.1 Trasebeskrivelse

Hovedbanen

Hovedbanen følger eksisterende bane. Banen går på løsmasser fram til Enebakkveien. Ut i fra linjepålegget gitt i Berdal Strømme (1995c) går banen på fjell i ca. 150 meter over Vålerengatunnelen ved Enebakkveien. Etter Vålerengatunnelen er det et nytt område med løsmasser. Det er antatt at jernbanen igjen fundamenteres på fjell fra der Gjøvikbanen krysser under Hovedbanen og ca. 400 meter framover. Der elven Alna renner under Hovedbanen går banen på løsmasser i ca. 75 meter på hver side av elven. Ca. 300 meter øst for Østensjøveien og fram til Østensjøveien går banen på løsmasser før den fortsetter på fjell. Like syd for krysning med E6 kommer banen igjen på løsmasser.

Gardermobanen

Gardermobanen følger Hovedbanen fram til St. Halvardsgate. Under Enebakkveien tar Gjøvikbanen av mot nord. Gardermobanen går inn i fjelltunnel ved Etterstadgata. Banen er fundamentert på løsmasser fra Klostergata og fram til et punkt midt mellom Enebakkveien og Etterstadgata. Herfra vil banen ligge på fjell. I tillegg er det være et område ved Vålerengatunnelen (som for Hovedbanen) der Gardermobanen ligger på fjell.

Gjøvikbanen

Det er ikke innhentet informasjon om grunnforholdene for Gjøvikbanen i prosjektet. Informasjon om grunnforholdene i Gamlebyen og kvartærgeologisk kart over Oslo (NGU, 1993) er brukt for å anslå grunnforhold for banestrekningen. Det kvartærgeologiske kartet viser at store deler av Gjøvikbanen fra Gamlebyen til Sinsen går på fjell. Her er det antatt at banen går på fjell på hele banestrekningen bortsett fra strekningen fra der Gjøvikbanen tar av fra Hovedbanen og fram til Kampen park. Videre er det antatt en sone på ca. 200 meter med løsmasser ved Frydenberg, mellom Hasleveien og Nordliveien.

Østfoldbanen

Østfoldbanen følger trase i henhold til NSB (1996a).

Oppsummering

Traseen for Sammenligningsgrunnlaget der forventet vibrasjonsnivå er beregnet, er beskrevet i tabell B1. Antagelser og parametere som er brukt i for å beregne forventet vibrasjonsnivå i nabobebyggelsen er angitt.

Tabell B1 Trasebeskrivelse. Sammenligningsgrunnlaget. Områder der forventet vibrasjonsnivå er beregnet.

Profilnr.	Område	Navn	Linjeføring	Dimensjonerende togtype	Kjørehastighet (km/t)	Bane	Bygningstype
800-1500	Gamlebyen	Oslogt-St.Halvardsgt.	Dagsone	IC Ekspress	110 100	HB,GB, GMB	Tre eller flere etasjer Tre etasjeskiller
2100-2400	Enebakkveien		Dagsone	Ekspress	120	HB,GB, GMB, Godsspor	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
	Loenga	Dyvekesvei-St.Halvardsgt.	Dagsone	Gods	80	Godsspor	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
2900-3100	Alna	Alna under HB	Dagsone	Ekspress	120	HB, godsspor	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
3400-3700	Østensjøveien	Fagerlia	Dagsone	Ekspress	120	HB, godsspor	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
2400-3650	Ensjø	Biskop Jens Nilsønsgt.-Ensjøsvingen	Dagsone	Gods	80	GB	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
5000-5200	Frydenberg	Nordliveien-Hasleveien	Dagsone	Gods	80	GB	To eller færre etasjer Tre etasjeskiller

B2.2 Resultater

Figur B1 viser beregnet vibrasjonsnivå (90%-konfidensverdier) i hus med tre etasjeskiller og mer enn 3 etasjer langs banen som funksjon av avstand fra senter av nærmeste spor for boliger som er fundamentert på *middels fast leire*. Øvre grenseverdi (1 mm/s) og nedre grenseverdi (0,4 mm/s) er også vist på figuren. Kurver for de togtyper og hastigheter som gir det høyeste vibrasjonsnivået langs de forskjellige delene av traseen er vist.

Figur B2 viser beregnet vibrasjonsnivå i hus med betong etasjeskiller og mer enn 3 etasjer langs banen som funksjon av avstand fra senter av nærmeste spor for boliger som er fundamentert på *middels fast leire*.

Figur B3 viser beregnet vibrasjonsnivå i hus med tre etasjeskiller og 2 eller færre etasjer langs banen som funksjon av avstand fra senter av nærmeste spor for boliger som er fundamentert på *middels fast leire*.

Tabell B1 viser hvor de forskjellige kurvene gjelder langs banestrekningen.

Vibrasjonene er kraftigst nær banen. I en sone innenfor en viss avstand ut fra sporet til begge sider vil vibrasjonene overskride en gitt grenseverdi. Tabell B2 og B3 viser bredden av sonen der nedre og øvre grenseverdi (90%-konfidensverdier) overskrides for sammenligningsgrunnlaget. Vibrasjonsnivået avtar med avstanden fra sporet som vist i figur B1 til B3. Derfor er vibrasjonsnivået lavere for avstander større enn de oppgitt i tabell B2 og B3.

Antall hus og boenheter der grenseverdiene for vibrasjoner overskrides for Sammenligningsgrunnlaget, er oppsummert i tabell B4.

Tabell B2 Resultat av vibrasjonsberegninger. Overskridelse av grenseverdier. Middels fast leire. Bygningsforstærkningsfaktor = 3,0. Tre etasjeskiller. Sammenligningsgrunnlaget.

Togtype	Maksimalhastighet (km/t)	Avstand fra senter spor til der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides (m)	Avstand fra senter spor til der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides (m)
IC	110	42	12
Ekspress	80	40	10
Gods	60	44	7
Ekspress	100	55	15
Gods	70	60	9

Tabell B3 Resultat av vibrasjonsberegninger. Overskridelse av grenseverdier. Middels fast leire. Bygningsforstærkningsfaktor = 2,5. Betong etasjeskiller. Sammenligningsgrunnlaget.

Togtype	Maksimalhastighet (km/t)	Avstand fra senter spor til der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides (m)	Avstand fra senter spor til der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides (m)
Ekspress	120	55	15
Gods	80	54	9
Ekspress	100	42	11
Gods	70	41	7

Tabell B4 Resultat av vibrasjonsberegning. Sammenligningsgrunnlaget.

Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Gamlebyen	42 nord 15 syd	483 nord 178 syd	16 nord 13 syd	210 nord 173 syd	HB,GB, GMB
Enebakkveien	0 nord 16 syd	0 nord 16 syd	0 nord 4 syd	0 nord 4 syd	HB,GB, GMB, godsspor
Loenga	5 nord 0 syd	101 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	Godsspor
Alna	1 nord 4 syd	24 nord 7 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, godsspor
Østensjøveien	0 nord 27 syd	0 nord 29 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, godsspor
Ensjø	22 vest 5 øst	254 vest 115 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Frydenberg	9 vest 21 øst	9 vest 21 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Sum	167	1237	33	387	

B3 NORDRE KORRIDOR, ALTERNATIV N1

B3.1 Trasebeskrivelse

Hovedbanen, Gardermobanen og Gjøvikbanen går alle i samme trase (4 spor) i dagsone på løsmasse ut fra Sentralstasjonen. Rett før Oslogate går sporene inn i betongkulvert. Kulverten er fundamentert direkte på fjell fra passering av Schweigaardsgate og ca. 200 meter videre framover. Deretter vil kulverten være fundamentert på løsmasse før traseen går inn i fjelltunnel ved Åkebergveien. Rett før Åkebergveien skiller Gardermobanen seg fra Hovedbanen og Gjøvikbanen. Gardermobanen (dobbeltspor) fortsetter i fjelltunnel. Hovedbanen og Gjøvikbanen fortsetter i fjelltunnel med dobbeltspor til Bryn. Fjelltunnelen slutter ved Tvetenveien. Fra Tvetenveien går banen først i en løsmassetunnel, deretter en løsmassekulvert. Ved passering av dagens industri-bygg til ABB slutter løsmassekulverten, og banen fortsetter på løsmasser i dagen før den kommer inn på eksisterende Hovedbane.

Gjøvikbanen følger Hovedbanen mot Alnabru. Rett sør for krysning med E6 tar Gjøvikbanen av fra Hovedbanen i en bro over E6 og inn på Alnabanen. Alnabanen utvides til to spor, og Gjøvikbanen legges om til denne på strekningen fra Alna til Sinsen. Eksisterende Gjøvikbane mellom Gamlebyen og Sinsen legges ned.

Østfoldbanen følger trase i henhold til NSB (1996a).

Den del av traseen der forventet vibrasjonsnivå er beregnet, er oppsummert i tabell B5.

Tabell B5 Trasebeskrivelse. Alternativ N1 og N4. Områder der forventet vibrasjonsnivå er beregnet.

Profilnr.	Område	Navn	Linjeføring	Dimensjonerende togtype	Kjørehastighet (km/t)	Bane	Bygningstype
800-1500	Gamlebyen	Oslogt.-Åkebergveien	Kulvert	IC Ekspress	110 100	HB,GB, GMB	Tre eller flere etasjer Tre etasjeskiller
4080-4600	Bryn	Tvetenveien-Hovedbanen	Dagsone	Ekspress	120	HB,GMB	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
7800-8600	Sinsen	Peter Møllersvei-Sinsenveien	Dagsone	Gods	80	GB (Alnabane)	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller

B3.2 Resultater

Vibrasjonsnivå som funksjon av avstand fra banen, togtype og hastighet er gitt i figur B1 og B2. Tabell B5 viser hvor de forskjellige kurvene gjelder langs banestrekningen.

Antall hus og boenheter der grenseverdiene for vibrasjoner overskrides for alternativ N1, er oppsummert i tabell B6 uten avbøtende tiltak og med avbøtende tiltak i tabell B7.

Følgende avbøtende tiltak er foreslått:

- Peling av kulvert i Gamlebyen til fjell over en strekning på 100 m.
- Kalsementpelskerm mellom bane og bebyggelse over en strekning på 250 m på nordsiden av banen ved Sinsen (omlagt Alnabane).

Et kostnadsoverslag for vibrasjonsreducerende tiltak for trasealternativet er gitt i tabell B8. Tiltaksgrensen er 0,4 mm/s.

Tabell B6 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ N1. Uten avbøtende tiltak.

Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Gamlebyen	3 nord 0 syd	14 nord ¹⁾ 0 syd	2 nord 0 syd	10 nord ¹⁾ 0 syd	HB,GB, GMB
Bryn	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	HB,GB, GMB
Sinsen	3 nord 0 syd	28 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	GB
Sum	6	42	2	10	

1) Fengselsbygning ikke medtatt

Tabell B7 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ N1. Med avbøtende tiltak.

Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Gamlebyen	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB
Bryn	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	HB,GB, GMB
Sinsen	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	GB
Sum	0	0	0	0	

Tabell B8

Kostnadsoverlag for vibrasjonsreduserende tiltak.
Tiltaksgrense er 0,4 mm/s. Alternativ N1.

Profilnr.	Område	Navn	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Anbefalt tiltak	Lengde tiltak (m)	Enhetspris (kr)	Kostnad (1000 kr)	Kostnad pr. boenhet (kr)
800-1500	Gamlebyen	Oslogate - Åkebergveien	0 ¹⁾	0	Peling av kulvert til fjell	100	20000	0 ²⁾	0
4080-4600	Bryn	Tvetenveien - Hovedbanen	0	0	Ingen	0	0	0	0
6700 7800-8600	Sinsen	Peter Møllers vei - Sinsenveien	0	0	Kalksemetpelskjerm	250	8160	2000	72 000
SUM (1000 kr)								2000	

1) Fengselsbygning ikke medregnet

2) Kostnader inkludert i pelekostnader for konstruksjon

B4 NORDRE KORRIDOR, ALTERNATIV N4

B4.1 Trasebeskrivelse

Østfoldbanen legges i felles trase med Hovedbanen, Gjøvikbanen og Gardermobanen fram til Bryn. Alternativet har samme trasebeskrivelse som alternativ N1 bortsett fra følgende:

- Kulverten ved Oslogate starter noe før og går litt dypere enn i alternativ N1.
- Traseen har åtte spor mot Bryn isteden for fire.
- Østfoldbanen tar av mot sør i fjelltunnel ved Etterstad (2 spor under Manglerud) og ved Bryn terminal (2 spor under Nordre Skøyen Hovedgård og Østensjø).

Den del av traseen der forventet vibrasjonsnivå er beregnet, er oppsummert i tabell B5.

B4.2 Resultater

Vibrasjonsnivå som funksjon av avstand fra banen, togtype og hastighet er gitt i figur B1 og B2. Tabell B5 viser hvor de forskjellige kurvene gjelder langs banestrekningen.

Antall hus og boenheter der grenseverdiene for vibrasjoner overskrides for alternativ N4, er oppsummert i tabell B9 uten avbøtende tiltak og med avbøtende tiltak i tabell B10.

Følgende avbøtende tiltak er foreslått:

- Peling av kulvert i Gamlebyen til fjell over en strekning på 100 m.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse over en strekning på 250 m på nordsiden av banen ved Sinsen (omlagt Alnabane).

Et kostnadsoverslag for vibrasjonsreducerende tiltak for trasealternativet er gitt i tabell B11. Tiltaksgrensen er 0,4 mm/s.

Tabell B9 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ N4. Uten avbøtende tiltak.

Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Gamlebyen	2 nord 0 syd	10 nord ¹⁾ 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB
Bryn	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB,
Sinsen	3 nord 0 syd	28 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	GB
Sum	5	38	0	0	

1) Fængselsbygning ikke medtatt

Tabell B10 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ N4. Med avbøtende tiltak.

Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Gamlebyen	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB
Bryn	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB,
Sinsen	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	GB
Sum	0	0	0	0	

*Tabell B11 Kostnadsoverlag for vibrasjonsreducerende tiltak.
Tiltaksgrense er 0,4 mm/s. Alternativ N4.*

Profilnr.	Område	Navn	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Anbefalt tiltak	Lengde tiltak (m)	Enhetspris (kr)	Kostnad (1000 kr)	Kostnad pr. boenhet (kr)
800-1500	Gamlebyen	Oslogate - Åkebergveien	0 ¹⁾	0	Peling av kulvert til fjell	100	20000	0	0
4080-4600	Bryn	Tvetenveien - Hovedbanen	0	0	Ingen	0	0	0	0
6700 7800-8600	Sinsen	Peter Møllers vei - Sinsenveien	0	0	Kalksemetpelskjerm	250	8160	2000	72 000
SUM (1000 kr)								2000	

- 1) Fengselsbygning ikke medregnet
- 2) Kostnader inkludert i pelekostnader for konstruksjon



B5 MIDTRE KORRIDOR, ALTERNATIV M1

B5.1 Trasebeskrivelse

Trasebeskrivelsen er som for Sammenligningsgrunnlaget, og den del av traseen der forventet vibrasjonsnivå er beregnet, er oppsummert i tabell B1.

B5.2 Resultater

Vibrasjonsnivå som funksjon av avstand fra banen, togtype og hastighet er gitt i figur B1, B2 og B3. Tabell B1 viser hvor de forskjellige kurvene gjelder langs banestrekningen.

Beregningsresultatene for alternativet uten avbøtende tiltak, er som for Sammenligningsgrunnlaget, og antall hus og boenheter der grenseverdiene for vibrasjoner overskrides for alternativ M1 uten avbøtende tiltak, er oppsummert i tabell B4. Samme oppstilling med avbøtende tiltak er vist i tabell B12.

Følgende avbøtende tiltak er foreslått:

- Langsgående betongdrager gjennom Gamlebyen over en strekning på 600 m.
- Kalkementpelskjern mellom bane og bebyggelse etter krysning av St. Halvardsgate over en strekning på 200 m på nordsiden av banen.
- Kalkementpelskjern mellom bane og bebyggelse ved Enebakkveien over en strekning på 240 m på sydsiden av banen.
- Kalkementpelskjern mellom bane og bebyggelse ved Loenga mellom Dyvekesvei og St. Halvardsgate over en strekning på 300 m på nordsiden av eksisterende godsspor.
- Kalkementpelskjern mellom bane og bebyggelse ved Alna over en strekning på 80 m på nordsiden av banen og 100 m på sydsiden av banen.
- Kalkementpelskjern mellom bane og bebyggelse ved Fagerlia over en strekning på 200 m på sydsiden av banen.
- Kalkementpelskjern mellom bane og bebyggelse ved Ensjø over en strekning på 350 m på begge sider av Gjøvikbanen.
- Kalkementpelskjern mellom bane og bebyggelse ved Frydenberg over en strekning på 200 m på begge sider av Gjøvikbanen.

Et kostnadsoverslag for vibrasjonsreducerende tiltak for trasealternativet er gitt i tabell B13. Tiltaksgrensen er 0,4 mm/s.



Tabell B12 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ M1. Med avbøtende tiltak.

Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Gamlebyen	14 nord 12 syd	207 nord 164 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB
Enebakkveien	0 nord 5 syd	0 nord 5 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB, Godsspor
Loenga	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	Godsspor
Alna	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, godsspor
Østensjøveien	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, godsspor
Ensjø	0 vest 4 øst	0 vest 100 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Frydenberg	1 vest 8 øst	1 vest 8 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Sum	44	485	0	0	

Tabell B13 Kostnadsoverlag for vibrasjonsreduserende tiltak.
Tiltaksgrense er 0,4 mm/s. Alternativ M1.

Profilnr.	Område	Navn	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Anbefalt tiltak	Lengde tiltak (m)	Enhetspris (kr)	Kostnad (1000 kr)	Kostnad pr. boenhet (kr)
800-1500	Gamlebyen	Oslogate - St. Halvardsgate	371	0	Langsgående betongdrager Kalksementpelskjerm	600 200	40000 8160	24000 1630	39 000
2100-2400	Enebakkveien		5	0	Kalksemetpelskjerm	240	8160	1960	123 000
	Loenga	Dyvekesvei - St. Halvardgate	0	0	Kalksemetpelskjerm	300	8160	2450	24 000
2900-3100	Alna	Alna under HB	0	0	Kalksemetpelskjerm	180	8160	1470	47 000
3400-3700	Østensjøveien	Fagerlia	0	0	Kalksemetpelskjerm	200	8160	1630	56 000
2400-3650	Ensjø	Biskob Jens Nilsønsvei - Ensjøsvingen	100	0	Kalksemetpelskjerm	700	8160	5710	15 000
5000-5200	Frydenberg	Nordliveien - Hasleveien	9	0	Kalksemetpelskjerm	400	8160	3260	109 000
SUM (1000 kr)								42110	

B6 MIDTRE KORRIDOR, ALTERNATIV M2

B6.1 Trasebeskrivelse

Trasebeskrivelsen er som for Sammenligningsgrunnlaget, men Hovedbanen, Gjøvikbanen og Gardermobanen legges i kulvert med støpt bunn i fra Oslogate til Klostergata. Av anleggstekniske årsaker er det ikke mulig å lage en plasstøpt betongkulvert med helstøpt dekke fra Klostergata og fram til St. Halvards gate. På denne strekningen legges et "lokk" over sporene. Den del av traseen der forventet vibrasjonsnivå er beregnet, er oppsummert i tabell B1.

B6.2 Resultater

Vibrasjonsnivå som funksjon av avstand fra banen, togtype og hastighet er gitt i figur B1, B2 og B3. Tabell B1 viser hvor de forskjellige kurvene gjelder langs banestrekningen.

Beregningsresultatene for alternativet uten avbøtende tiltak, er som for Sammenligningsgrunnlaget bortsett fra på banestrekningen mellom Oslogate til Klostergata. Avstander fra sentrum av nærmeste spor til der grenseverdiene for vibrasjoner overskrides på strekningen Oslogate-Klostergata er gitt i tabell B14.

Tabell B14 Resultat av vibrasjonsberegninger. Overskridelse av grenseverdier. Middels fast leire. Bygningsforstærkningsfaktor = 3,0. Tre etasjeskiller. Effekt av helstøpt betongkulvert. Oslogt.-Klostergt. Alternativ M2.

Togtype	Maksimalhastighet (km/t)	Avstand fra senter spor til der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides (m)	Avstand fra senter spor til der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides (m)
IC	110	20	6
Ekspress	80	14	4
Ekspress	100	20	5

Antall hus og boenheter der grenseverdiene for vibrasjoner overskrides for alternativ M2 uten avbøtende tiltak, er oppsummert i tabell B15. Samme oppstilling med avbøtende tiltak er vist i tabell B16.



Følgende avbøtende tiltak er foreslått:

- Langsgående betongdrager gjennom Gamlebyen over en strekning på 300 m mellom Klostergata og St.Halvardsgate.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse etter krysning av St.Halvardsgate over en strekning på 200 m på nordsiden av banen.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Enebakkveien over en strekning på 240 m på sydsiden av banen.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Loenga mellom Dyvekesvei og St. Halvardsgate over en strekning på 300 m på nordsiden av eksisterende godsspor.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Alna over en strekning på 80 m på nordsiden av banen og 100 m på sydsiden av banen.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Fagerlia over en strekning på 200 m på sydsiden av banen.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Ensjø over en strekning på 350 m på begge sider av Gjøvikbanen.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Frydenberg over en strekning på 200 m på begge sider av Gjøvikbanen.

Et kostnadsoverslag for vibrasjonsreducerende tiltak for trasealternativet er gitt i tabell B17. Tiltaksgrensen er 0,4 mm/s.

Tabell B15 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ M2. Uten avbøtende tiltak.

Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Gamlebyen	22 nord 5 syd	293 nord 47 syd	6 nord 0 syd	77 nord 0 syd	HB,GB, GMB
Enebakkveien	0 nord 16 syd	0 nord 16 syd	0 nord 4 syd	0 nord 4 syd	HB,GB, GMB, Godsspor
Loenga	5 nord 0 syd	101 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	Godsspor
Alna	1 nord 4 syd	24 nord 7 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, godsspor
Østensjøveien	0 nord 27 syd	0 nord 29 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, godsspor
Ensjø	22 vest 5 øst	254 vest 115 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Frydenberg	9 vest 21 øst	9 vest 21 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Sum	137	916	10	81	

Tabell B16 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ M2. Med avbøtende tiltak.

Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Gamlebyen	6 nord 4 syd	77 nord 42 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB
Enebakkveien	0 nord 5 syd	0 nord 5 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB, Godsspor
Loenga	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	Godsspor
Alna	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, godsspor
Østensjøveien	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, godsspor
Ensjø	0 vest 4 øst	0 vest 100 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Frydenberg	1 vest 8 øst	1 vest 8 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Sum	28	233	0	0	

Tabell B17 *Kostnadsoverlag for vibrasjonsreducerende tiltak.
Tiltaksgrense er 0,4 mm/s. Alternativ M2.*

Profilnr.	Område	Navn	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Anbefalt tiltak	Lengde tiltak (m)	Enhetspris (kr)	Kostnad (1000 kr)	Kostnad pr. boenhet (kr)
800-1500	Gamlebyen	Oslogate - St. Halvardsgate	119	0	Langsgående betongdrager Kalksementpelskjerm	300 200	40000 8160	12000 1630	40 000
2100-2400	Enebakkveien		5	0	Kalksemetpelskjerm	240	8160	1960	123 000
	Loenga	Dyvekesvei - St. Halvardgate	0	0	Kalksemetpelskjerm	300	8160	2450	24 000
2900-3100	Alna	Alna under HB	0	0	Kalksemetpelskjerm	180	8160	1470	47 000
3400-3700	Østensjøveien	Fagerlia	0	0	Kalksemetpelskjerm	200	8160	1630	56 000
2400-3650	Ensjø	Biskob Jens Nilsønsvei - Ensjøsvingen	100	0	Kalksemetpelskjerm	700	8160	5710	15 000
5000-5200	Frydenberg	Nordliveien - Hasleveien	9	0	Kalksemetpelskjerm	400	8160	3260	109 000
SUM (1000 kr)								30110	

B7 SØNDRE KORRIDOR, ALTERNATIV S3

B7.1 Trasebeskrivelse

Gardermobanen, Gjøvikbanen og Hovedbanen går ut fra Sentralstasjonen på løsmasser i dagen. De to nordligste sporene (ett spor for Hovedbanen og ett spor til Østfoldbanen) vil gå i kulvert fra profil 750. Rett før Oslogate går sporene inn i en toplans løsmassekulvert under Minneparken, der de 2 sporene som går i kulvert fra profil 750 krysser under 7 andre spor. Løsmassekulverten vil være ca. 50 meter bred under Oslogate og ligge ca. 20 meter under dagens terreng. Gardermobanen, Gjøvikbanen og Hovedbanen kommer ut av løsmassekulverten rett etter passering av St. Halvardsgate. Ute av kulverten legges traseen på fylling. Det bygges en 1060 meter lang bro over hele driftsbanegården på Loenga som fundamenteres til fjell. Broen som består av 5 spor, slutter rett etter passering av Vålerengatunnelen. Det ene sporet til Hovedbanen (fra nederste plan i kulverten), kommer direkte opp på broen fra kulverten. Gjøvikbanen svinger av fra broen rett før Vålerengatunnelen, og kommer inn på eksisterende Gjøvikbane. Den del av traseen der forventet vibrasjonsnivå er beregnet, er oppsummert i tabell B18.

Tabell B18 Trasebeskrivelse. Alternativ S3. Områder der forventet vibrasjonsnivå er beregnet.

Profilnr.	Område	Navn	Linjeføring	Dimensjonerende togtype	Kjørehastighet (km/t)	Bane	Bygningstype
800-1300	Ruinparken	Oslogt-St.Halvardsgt.	Kulvert	IC	110	HB,GB, GMB	Tre eller flere etasjer Tre etasjeskiller
2100-2400	Enebakkveien		Dagsone	Ekspress	120	HB, GB, GMB	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
2900-3100	Alna	Alna under HB	Dagsone	Ekspress	120	HB, GMB	
3400-3700	Østensjøveien	Fagerlia	Dagsone	Ekspress	120	HB, GMB	
4080-4600	Bryn	Tvetenveien-Hovedbanen	Dagsone	Ekspress	120	HB,GMB	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
2400-3650	Ensjø	Biskop Jens Nilsøns gt.-Ensjøsvingen	Dagsone	Gods	80	GB	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
5000-5200	Frydenberg	Nordliveien-Hasleveien	Dagsone	Gods	80	GB	To eller færre etasjer Tre etasjeskiller

B7.2 Resultater

Vibrasjonsnivå som funksjon av avstand fra banen, togtype og hastighet er gitt i figur B1, B2 og B3. Tabell B18 viser hvor de forskjellige kurvene gjelder langs banestrekningen.

Antall hus og boenheter der grenseverdiene for vibrasjoner overskrides for alternativ S3, er oppsummert i tabell B19 uten avbøtende tiltak og med avbøtende tiltak i tabell B20.

Oslo bispegård vil ha et vibrasjonsnivå i området fra 0,4 mm/s til 1,0 mm/s etter iverksetting av tiltak

Følgende avbøtende tiltak er foreslått:

- Peling av betongkulvert til fjell gjennom Ruinparken over en strekning på 100 m mellom Oslogate og St. Halvardsgate.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Enebakkveien over en strekning på 240 m på sydsiden av banen.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Alna over en strekning på 80 m på nordsiden av banen og 100 m på sydsiden av banen.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Fagerlia over en strekning på 200 m på sydsiden av banen.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Ensjø over en strekning på 350 m på begge sider av Gjøvikbanen.
- Kalkementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Frydenberg over en strekning på 200 m på begge sider av Gjøvikbanen.

Et kostnadsoverslag for vibrasjonsreducerende tiltak for trasealternativet er gitt i tabell B21. Tiltaksgrensen er 0,4 mm/s.



Tabell B19 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ S3. Uten avbøtende tiltak.

Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Ruinparken	1 nord 0 syd	0 nord ¹⁾ 0 syd	1 nord 0 syd	0 nord ¹⁾ 0 syd	HB,GB, GMB
Enebakkveien	5 nord 0 syd	5 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, GMB
Alna	1 nord 4 syd	24 nord 7 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, GMB
Østensjøveien	0 nord 27 syd	0 nord 29 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, GMB
Bryn	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	HB, GMB
Ensjø	22 vest 5 øst	254 vest 115 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Frydenberg	9 vest 21 øst	9 vest 21 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Sum	95	464	1	0	

1) Oslo bispegård ikke medregnet

Tabell B20 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ S3. Med avbøtende tiltak.

Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Ruinparken	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB
Enebakkveien	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, GMB
Alna	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, GMB
Østensjøveien	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, GMB
Bryn	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, GMB
Ensjø	0 vest 4 øst	0 vest 100 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Frydenberg	1 vest 8 øst	1 vest 8 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Sum	13	109	0	0	

Tabell B21 *Kostnadsoverlag for vibrasjonsreducerende tiltak.*
Tiltaksgrense er 0,4 mm/s. Alternativ S3.

Profilnr.	Område	Navn	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Anbefalt tiltak	Lengde tiltak (m)	Enhetspris (kr)	Kostnad (1000 kr)	Kostnad pr. boenhet (kr)
800-1300	Ruinparken	Oslogate - St. Halvardsgate	0	0	Peling av kulvert til fjell ¹⁾	100	20000	0 ²⁾	0
2100-2400	Enebakkveien		0	0	Kalksemetpelskjerm	240	8160	1960	392 000
2900-3100	Alna	Alna under HB	0	0	Kalksemetpelskjerm	180	8160	1470	47 000
3400-3700	Østensjøveien	Fagerlia	0	0	Kalksemetpelskjerm	200	8160	1630	56 000
4080-4600	Bryn	Tvetenveien - Hovedbanen	0	0	Ingen	0	0	0	0
2400-3650	Ensjø	Biskob Jens Nilsønsvei - Ensjøsvingen	100	0	Kalksemetpelskjerm	700	8160	5710	15 000
5000-5200	Frydenberg	Nordliveien - Hasleveien	9	0	Kalksemetpelskjerm	400	8160	3260	109 000
SUM (1000 kr)								14030	

- 1) Tiltak for Oslo bispegård
- 2) Kostnader inkludert i pelekostnader for konstruksjon

B8 SØNDRE KORRIDOR, ALTERNATIV S5

B8.1 Trasebeskrivelse

Hovedbanen, Gjøvikbanen og Gardermobanen blir lagt i en kulvert under Minneparken omtrent som for alternativ S3. Forskjellen fra S3 er at Hovedbanen, Gjøvikbanen og Gardermobanen ledes inn i en 4-spors kulvert fra Minneparken, på sørsiden av driftsbanegården på Loenga og helt frem til Ingesgate der banene går inn i fjelltunnel. Ved Ingesgate fortsetter Gardermobanen og Hovedbanen i egen fjelltunnel. Gjøvikbanen svinger nordover mot eksisterende Gjøvikbane. Banen kommer inn i en løsmassekulvert ved Enebakkveien og legges på bro over Alna. Mot Bryn kommer Hovedbanen og Gardermobanen ut av fjelltunnelen ved Smalvollveien. Banene krysser over Alna på en bro. Den del av traseen der forventet vibrasjonsnivå er beregnet, er oppsummert i tabell B22.

Tabell B22 Trasebeskrivelse. Alternativ S5. Områder der forventet vibrasjonsnivå er beregnet.

Profilnr.	Område	Navn	Linjeføring	Dimensjonerende togtype	Kjørehastighet (km/t)	Bane	Bygningstype
800-1300	Ruinparken	Oslogt. St.Halvardsgt.	Kulvert	IC	110	HB,GB, GMB, ØB	Tre eller flere etasjer Tre etasjeskiller
1300-1800	Dyvekesvei		Kulvert?	Ekspress	120	HB, GB, GMB, ØB	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
2500-2900	Enebakkveien		Dagsone	Ekspress	120	HB, GMB, ØB	
5600-5900	Bryn	Smalvollveien -Hovedbanen	Dagsone	Ekspress	120	HB,GM B ØB	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
2400-3650	Ensjø	Biskop Jens Nilsøns gt.- Ensjøsvingen	Dagsone	Gods	80	GB	Tre eller flere etasjer Betong etasjeskiller
5000-5200	Frydenberg	Nordliveien- Hasleveien	Dagsone	Gods	80	GB	To eller færre etasjer Tre etasjeskiller

B8.2 Resultater

Vibrasjonsnivå som funksjon av avstand fra banen, togtype og hastighet er gitt i figur B1, B2 og B3. Tabell B22 viser hvor de forskjellige kurvene gjelder langs banestrekningen.

Antall hus og boenheter der grenseverdiene for vibrasjoner overskrides for alternativ S5, er oppsummert i tabell B23 uten avbøtende tiltak og med avbøtende tiltak i tabell B24.

Oslo bispegård vil ha et vibrasjonsnivå i området fra 0,4 mm/s til 1,0 mm/s etter iverksetting av tiltak

Følgende avbøtende tiltak er foreslått:

- Peling av betongkulvert til fjell gjennom ved Dyvekesvei over en strekning på 100 m.
- Kalksementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Enebakkveien over en strekning på 100 m på nordsiden av Gjøvikbanen.
- Kalksementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Ensjø over en strekning på 350 m på begge sider av Gjøvikbanen.
- Kalksementpelskjerm mellom bane og bebyggelse ved Frydenberg over en strekning på 200 m på begge sider av Gjøvikbanen.

Et kostnadsoverslag for vibrasjonsreducerende tiltak for trasealternativet er gitt i tabell B25. Tiltaksgrensen er 0,4 mm/s.

Tabell B23 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ S5. Uten avbøtende tiltak.

Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Ruinparken	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB
Dyvekesvei	0 nord 1 syd (kirke)	0 nord 0 syd ¹⁾	0 nord 1 syd (kirke)	0 nord 0 syd ¹⁾	HB, GMB
Enebakkveien	1 øst 1 vest	4 øst 6 vest	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, GMB
Bryn	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	HB, GMB
Ensjø	22 vest 5 øst	254 vest 115 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Frydenberg	9 vest 21 øst	9 vest 21 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Sum	60	409	1	0	

1) Kirke ikke medregnet



Tabell B24 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ S5. Med avbøtende tiltak.

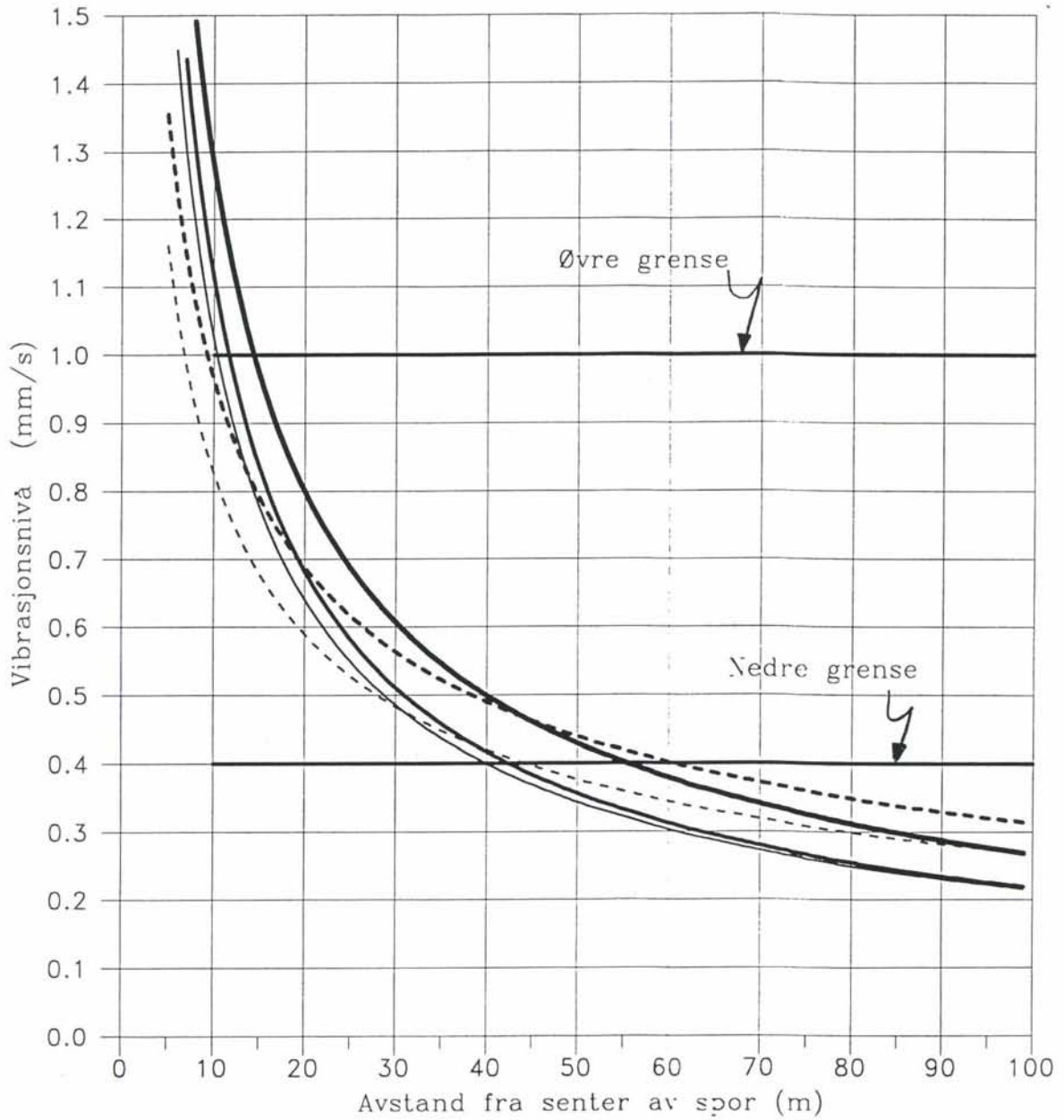
Område	Antall hus der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall hus der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Ruinparken	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB,GB, GMB
Dyvekesvei	0 nord 0 syd (kirke)	0 nord 0 syd (kirke)	0 nord 0 syd (kirke)	0 nord 0 syd (kirke)	HB, GMB
Enebakkveien	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	0 nord 0 syd	HB, GMB
Bryn	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	HB, GMB
Ensjø	0 vest 4 øst	0 vest 100 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Frydenberg	1 vest 8 øst	1 vest 8 øst	0 vest 0 øst	0 vest 0 øst	GB
Sum	13	109	0	0	

Tabell B25 *Kostnadsoverslag for vibrasjonsreducerende tiltak.*
Tiltaksgrense er 0,4 mm/s. Alternativ S5.

Profilnr.	Område	Navn	Antall boenheter der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall boenheter der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Anbefalt tiltak	Lengde tiltak (m)	Enhetspris (kr)	Kostnad (1000 kr)	Kostnad pr. boenhet (kr)
800-1300	Ruinparken	Oslogate - St. Halvardsgate	0	0	Ingen	0	0	0	0
1300-1800	Dyvekesvei		0	0	Peling av kulvert til fjell ¹⁾	100	20000	0 ²⁾	0
2500-2900	Enebakkveien		0	0	Kalksemetpelskjerm	100	8160	820	82 000
5600-5900	Bryn	Smalvollveien - Hovedbanen	0	0	Ingen	0	0	0	0
2400-3650	Ensjø	Biskob Jens Nilsønsvei - Ensjøsvingen	100	0	Kalksemetpelskjerm	700	8160	5710	15 000
5000-5200	Frydenberg	Nordliveien - Hasleveien	9	0	Kalksemetpelskjerm	400	8160	3260	109 000
SUM (1000 kr)								9790	

- 1) Tiltak for Oslo bispegård
2) Kostnader inkludert i pelekostnader for konstruksjon

- IC-tog 110 km/t
- Ekspresstog 80 km/t
- - - Godstog 60 km/t
- Ekspresstog 100 km/t
- - - Godstog 70 km/t



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
B1

Beregnet vibrasjonsnivå som funksjon av avstand fra senter nærmeste spor.

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

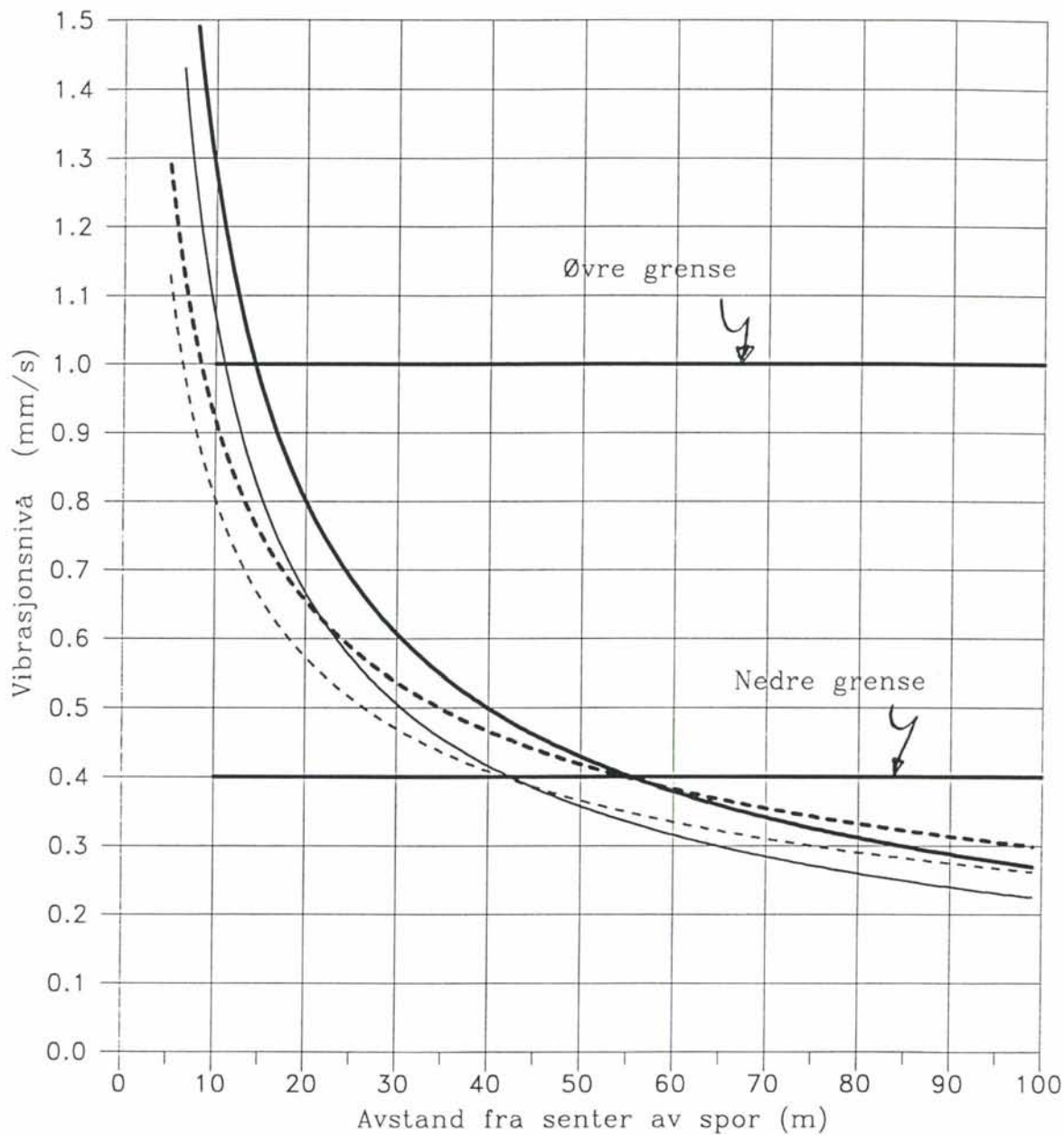
Middels fast leire. 3-8 etasje. Tre etasjeskiller.

Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]



- Ekspresstog 120 km/t
- Ekspresstog 100 km/t
- - - Godstog 80 km/t
- - - Godstog 70 km/t



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
B2

Beregnet vibrasjonsnivå som funksjon av avstand fra senter nærmeste spor.

Tegner
[Signature]

Dato
96-02-26

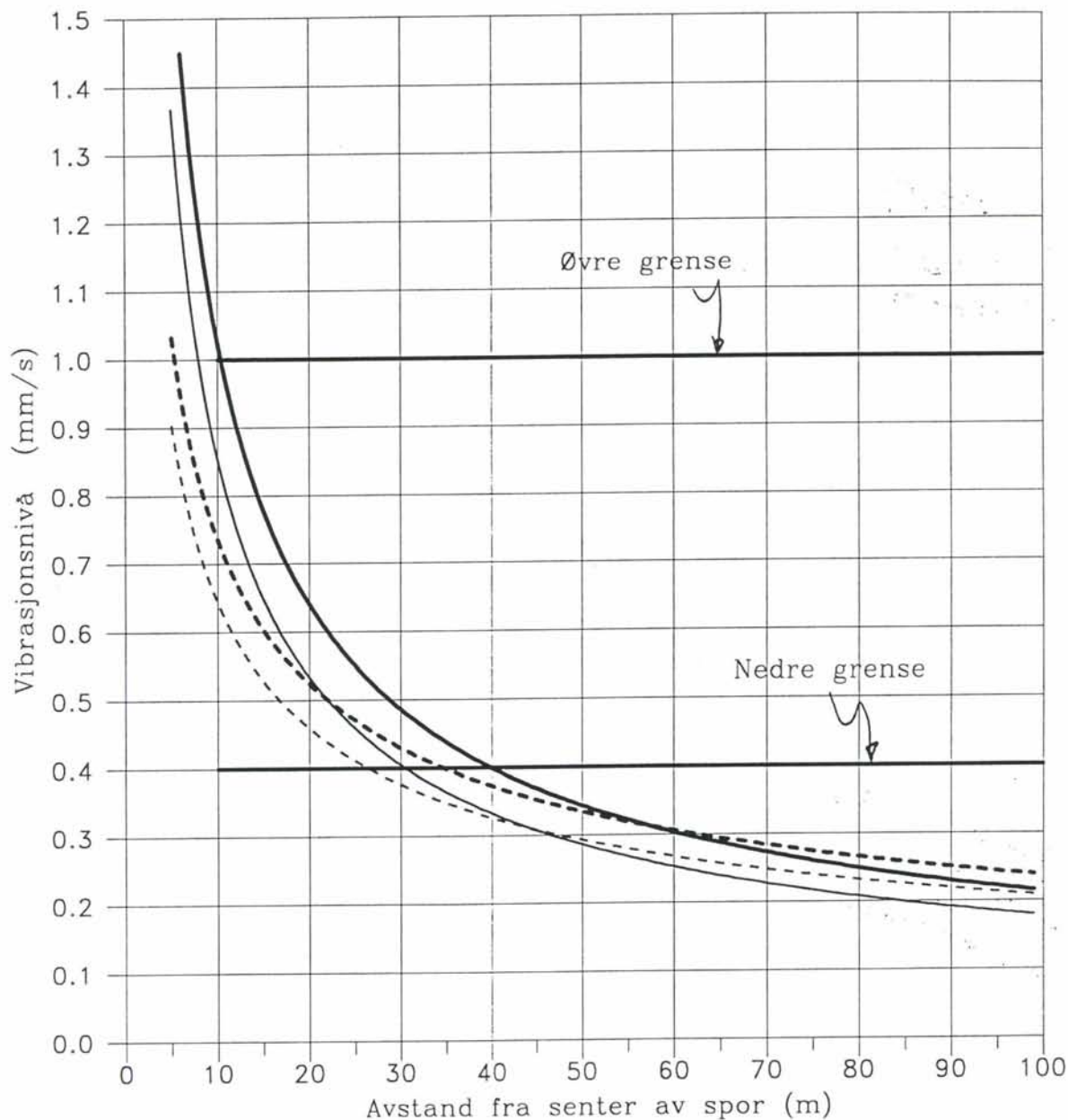
Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]



Middels fast leire. 3-8 etasje. Betong etasjeskiller.

- Ekspresstog 120 km/t
- Ekspresstog 100 km/t
- - - Godstog 80 km/t
- - - Godstog 70 km/t



JERNBANETUNNEL GJENNOM GAMLEBYEN

Rapport nr.
953024-1

Figur nr.
B3

Beregnet vibrasjonsnivå som funksjon av avstand fra senter nærmeste spor.

Tegner
AA

Dato
96-02-26

Kontrollert
AG

Godkjent
AA



Middels fast leire. 1-2 etasje. Tre etasjeskiller.



Vedlegg C - Togtrafikk i tidsrommet mellom klokken 2200 og 0600

INNHold

C1 INNLEDNING	2
C2 TOGTRAFIKK.....	2
C3 RESULTATER	3

C1 INNLEDNING

Det er gjort en egen vurdering av antall togpasseringer som overskrider vibrasjonsgrensene i tidsrommet fra klokken 22⁰⁰ - 06⁰⁰. Vurderingen er presentert i dette vedlegget. På hver banestrekning er det er kun tatt hensyn til den togtypen som gir det høyeste vibrasjonsnivået. Betraktningemetoden gir ikke et eksakt bilde av antall overskridelser i det aktuelle tidsrommet, men den gir et godt bilde av det relative forholdet mellom de forskjellige trasealternativene.

C2 TOGTRAFIKK

Opplysninger om togtrafikk i tidsrommet fra klokken 22⁰⁰ - 06⁰⁰ er basert på opplysninger fra Ergoplan (1996) og Brekke & Strand (1996). Trafikkmengden er oppsummert i tabell C1 og C2.

Tabell C1 Togtrafikk i tidsrommet fra klokken 22⁰⁰ til 01⁰⁰ og 05⁰⁰ til 06⁰⁰. Grunnrute (Ergoplan, 1996).

Togtype	Bane	Antall tog pr. time	Antall tog pr. døgn
Lokal	HB	4	16
	GB	2	8
	GMB	6	24
	ØB	8	32
IC-/fjerntog	HB	0	0
	GB	2	8
	GMB	4	16
	ØB	2	8
Flyplasstog	GMB	12	48

Tabell C2 Godstogtrafikk i tidsrommet fra klokken 22⁰⁰ til 06⁰⁰ (Brekke & Strand akustikk, 1996).

Togtype	Bane	Antall tog pr. døgn
Godstog	HB	11
	Alnabanen	10
	Godsspor	13

C3 RESULTATER

Resultater for sammenligningsgrunnlaget og de andre trasealternativene er gitt i tabell C3 til C9.

Tabell C3 Resultat av vibrasjonsberegning. Sammenligningsgrunnlaget.

Område	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Bane
Gamlebyen	72	72	HB,GB, GMB
Enebakkeveien	24	24	HB,GB, GMB, Godsspor
Loenga	13	0	Godsspor
Alna	16	0	HB, godsspor
Østensjøveien	16	0	HB, godsspor
Ensjø	8	0	GB
Frydenberg	8	0	GB

Tabell C4 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ N1.

Område	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Bane
Gamlebyen	72	72	72	0	HB,GB, GMB
Sinsen	10	0	0	0	



Tabell C5 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ N4.

Område	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Bane
Gamlebyen	80	80	80	0	HB,GB, GMB
Sinsen	10	0	0	0	GB

Tabell C6 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ M1.

Område	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Bane
Gamlebyen	72	72	72	0	HB,GB, GMB
Enebakkveien	24	24	24	0	HB,GB, GMB, Godsspor
Loenga	13	0	0	0	Godsspor
Alna	16	0	0	0	HB, godsspor
Østensjøveien	16	0	0	0	HB, godsspor
Ensjø	8	0	8	0	GB
Frydenberg	8	0	8	0	GB

Tabell C7 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ M2.

Område	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Bane
Gamlebyen	72	72	72	0	HB,GB, GMB
Enebakkveien	24	24	24	0	HB,GB, GMB, Godsspor
Loenga	13	0	0	0	Godsspor
Alna	16	0	0	0	HB, godsspor
Østensjøveien	16	0	0	0	HB, godsspor
Ensjø	8	0	8	0	GB
Frydenberg	8	0	8	0	GB

Tabell C8 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ S3.

Område	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Bane
Ruinparken	48	48	48	0	HB,GB, GMB
Enebakkveien	24	0	0	0	HB, GMB
Alna	16	0	0	0	HB, GMB
Østensjøveien	16	0	0	0	HB, GMB
Ensjø	8	0	8	0	GB
Frydenberg	8	0	8	0	GB

Tabell C9 Resultat av vibrasjonsberegning. Alternativ S5.

Område	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides	Antall togpasseringer der nedre grense (0,4 mm/s) overskrides Etter tiltak	Antall togpasseringer der øvre grense (1,0 mm/s) overskrides Etter tiltak	Bane
Ruinparken	48	48	48	0	HB,GB, GMB
Dyvekesvei	24	24	0	0	HB, GMB
Enebakkveien	8	0	0	0	HB, GMB
Ensjø	8	0	8	0	GB
Frydenberg	8	0	8	0	GB

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Oppdragsgiver/Client Berdal Strømme a.s.	Dokument nr/Document No. 953024-1
Kontraksreferanse/ Contract reference	Dato/Date 25 mars 1996
Dokumenttittel/Document title Jernbanetunnel gjennom Gamlebyen. Teknisk/økonomisk utredning.	Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None
Prosjektleder/Project Manager Linda Hårvik	
Utarbeidet av/Prepared by Linda Hårvik	
Emneord/Keywords jernbane, vibrasjoner, irritasjon	
Land, fylke/Country, County Norge, Oslo	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Oslo	Felt navn/Field name
Sted/Location	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates	

Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001							
Kon- trollert av/ Reviewed by	Kontrolltype/ Type of review	Dokument/Document		Revisjon 1/Revision 1		Revisjon 2/Revision 2	
		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed	
		Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.
	Helhetsvurdering/ General Evaluation *						
CM	Språk/Style	25/3-96	UH				
CM	Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence - Total/Extensive - Tverrfaglig/ Interdisciplinary	25/3-96	UH				
	Utforming/Layout						
LH	Slutt/Final	25/3-96	UH				
	Kopiering/Copy quality						
* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/ On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation							

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 25/3-96	Sign. Linda Hårvik
--	--------------------------	---------------------------

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

er en privat stiftelse etablert i 1953. NGI er et nasjonalt og internasjonalt senter for forskning og rådgivning innen geofagene. NGI har følgende kompetanseområder:

- Fundamenter og undergrunnsanlegg
- Marine konstruksjoner
- Bergrom og tunneler
- Dammer
- Sikring mot skred
- Miljøvern og miljøgeoteknologi
- Petroleumsreservoarmekanikk og borhullsteknologi
- Grunnundersøkelser og laboratorieundersøkelser
- Modell- og feltforsøk
- Måleteknisk instrumentering og tilstandskontroll

NORWEGIAN GEOTECHNICAL INSTITUTE

is an independent foundation established in 1953. NGI is a national and international center for research and consulting in the geosciences. NGI has the following areas of expertise:

- *Foundations and underground structures*
- *Offshore and nearshore structures*
- *Rock engineering and tunnelling*
- *Dam engineering*
- *Avalanches, landslides and safety measures*
- *Environmental geotechnical engineering*
- *Petroleum reservoir mechanics and borehole technology*
- *Site investigations and laboratory testing*
- *Model and field testing*
- *Field instrumentation and performance evaluation*