

## Temautredning Støy, vibrasjoner og rystelser

Høringsutgave mars 2011

Jernbaneverket  
Dokumentasjon

Dok nr:	UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr :	00-A		
Dato:	29.03.2011		
Side:	2 av 47		

<b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>	<b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr: 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 3 av 44
---	---	--

## Nytt Dobbeltspor OSLO – SKI

### Plandokumenter med tilhørende konsekvensutredning

### Oslo, Oppegård og Ski kommuner

## TEMARAPPORT

### Støy, vibrasjoner og rystelser

## HØRINGSUTGAVE

00-A	Høringsutgave	29.03.2011	TN/JM	KL	ER
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato:	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
<b>Follobanen Oslo– Ski Temarapport – Støy, vibrasjoner og rystelser</b>		Antall sider			
		<b>44</b>			
		Produsent	<b>Asplan Viak AS</b>		
		Prod. dok. nr.			
		Erstatning for			
	Erstattet av				
<b>Prosjekt: Oslo - Ski Parsell: Oslo S - Ski stasjon</b>		Dokument nr. <b>UOS00-A-36092</b>		Rev. <b>00-A</b>	
 <b>Jernbaneverket</b>		Dokument nr.		Rev.	

Fol 625.1 JBV Nytt

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temerapport</b>	<b>Follobanen</b>
Rev nr: 00-A	<b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Dato: 29.03.2011		
Side: 4 av 47		

<p style="text-align: center;"><b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b></p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 5 av 44</p>
--	--	---

## Forord

Denne temarapporten er sammensatt av utdrag av tekst og illustrasjoner fra rapporter om grunnforhold produsert av flere fagmiljøer. Rapporten skal gi en samlet fremstilling av forhold mht. støy, vibrasjoner og rystelser. Rapporten har en inndeling som avspeiler slik plan- og utredningsarbeidet er organisert; Innføring til Oslo S i Gamlebyen (Aas-Jakobsen AS), Tunnelstrekning (Aas-Jakobsen AS) og Innføring til Ski stasjon (Norconsult AS). De nevnte rådgivere har benyttet underkonsulenter til å gjennomføre utredninger av ulike fagområder innenfor temaet. Følgende rapporter ligger til grunn for denne temarapporten:

Fagrapport Støy og vibrasjoner, dagsone nord for Ski stasjon 01.10.2010 UOS-80-A-11174, Norconsult AS

Fagrapport Støy og vibrasjoner, Innføring Oslo S 08.11.2010 UOS-10-A-10040, Aas Jakobsen AS

Fagrapport Støy og vibrasjoner, Tunnelstrekning 09. 09. 2010 UOS-00-A-10032, Aas Jakobsen AS

Fagrapport Støy, Innføring til Ski. Tilleggsberegninger 08.11.2010, Asplan Viak AS

De nevnte fagrapporter er selvstendige rapporter som omhandler retningslinjer, beregningsmetodikk, grunnlagsmateriale og beregningsresultater for både det valgte alternativ og andre alternativer som i løpet av prosessen er forlatt.

Beregningene er oppdatert med nytt trafikkgrunnlag mottatt fra Jernbaneverket i desember 2010.

Foreliggende rapport omfatter en sammenstilling av de fire rapportene med beregningsresultater/vurderinger for det valgte alternativ.

Sandvika, mars 2011

Esben Rude

Oppdragsansvarlig, Rådgiving offentlig plan.

Dok nr:	UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr :	00-A		
Dato:	29.03.2011		
Side:	6 av 47		

<p style="text-align: center;"><b>Follobanen</b> Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport</b> Støy, vibrasjoner og rystelser</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr: 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 7 av 44</p>
--	--	--

## Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>8</b>
<b>KRAV OG RETNINGSLINJER .....</b>	<b>12</b>
REGELVERK, UTENDØRS STØYNIVÅ.....	12
STRUKTURLYD OG VIBRASJONER .....	15
GRENSEVERDIER VIBRASJONER.....	15
<b>METODE .....</b>	<b>19</b>
UTENDØRS STØY .....	19
STRUKTURLYD OG VIBRASJONER.....	19
<b>STØYFORHOLD INNØRING OSLO S .....</b>	<b>20</b>
GRUNNLAG .....	22
BEREGNINGRESULTATER .....	22
<b>STRUKTURLYD OG VIBRASJONER TUNNELSTREKNINGEN .....</b>	<b>25</b>
GRUNNLAG .....	25
BEREGNINGRESULTATER .....	25
VIBRASJONER .....	25
TILTAK MOT STRUKTURLYD .....	26
ANBEFALT TILTAK.....	27
<b>STØY KNYTTET TIL DAGSTREKNING SKI NORD. BEREGNINGER OG VURDERINGER</b>	<b>29</b>
GRUNNLAG .....	29
DAGENS SITUASJON .....	29
VIBRASJONER OG STRUKTURLYD .....	31
STØY FRA TUNNELÅPNINGER .....	31
<b>STØY I BYGGE OG ANLEGGSPERIODEN .....</b>	<b>33</b>
VURDERING AV STØYTILTAK VED TVERRSLAGENE.....	34
<b>KONSEKVENSER AV ØKT GODSTRAFIKK PÅ ØSTFOLDBANEN .....</b>	<b>40</b>
VEDLEGG .....	42

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 8 av 47		

## SAMMENDRAG

Det er utarbeidet støyrapporter for tre delstrekninger:

- Innføring til Oslo S
- Tunnelstrekningen
- Dagsonen nord for Ski

Rapportene omfatter flere av de alternativene som har vært med i utredningsarbeidet frem til høsten 2010. Etter at Samferdselsdepartementet fastsatte planprogrammet for Follobanen, er arbeidet konsentrert om løsning. Foreliggende rapport omfatter konsekvenser knyttet til denne løsningen.

### Innføring Oslo

Det er vurdert fremtidig støybelastning ved bygging av Follobanen på strekningen fra Ekebergåsen og inn til Oslo S.

- Beregnet differansekart for bane (kart som viser forskjell i støynivå mellom referansesituasjon og alternative løsninger) viser at støynivået avtar betydelig der hvor dagens Østfoldbane går i kulvert nordvest for Mosseveien.
- I fremtidig situasjon vil støynivået langs dagens Østfoldbane i området sør for Middelalderparken og videre sørover avta med ca 1 dB.
- I området rundt Minneparken vil støynivået for bane øke både på grunn av omlegging av trikketraséen og på grunn av at Follobanen og Østfoldbanen får tunnelmunning like nord for Bispegata og vest for Minneparken.
- Langs Dronning Eufemias gate vil støynivået fra bane øke betydelig som følge av omlegging av trikketraséen. Økningen skyldes ikke Follobanen.
- Det kan oppstå vibrasjoner og strukturstøy som krever tiltak på strekningen fra Minneparken til Mosseveien 6-8.

### Tunnelstrekningen

#### *Driftsfasen*

Det er beregnet strukturlydnivåer i boliger over tunnelen med og uten strukturlydreduserende tiltak, samt vurdert nødvendige tiltak for å tilfredsstillere grenseverdien for strukturlyd. Ettersom tunnelen stort sett går i fjell vil det ikke oppstå følbare vibrasjoner i boliger over tunnelen. Det vil dermed være meget god margin til grenseverdien for vibrasjoner med unntak der det er behov for løsmassekulverter på steder med lav/ingen overdekning. Dette kan gjelde ved Sloraveien og Vevelstad der det er lite overdekning. Her kan det være aktuelt med en løsmassetunnel som kan gi følbare vibrasjoner i nærliggende boliger over tunnelen. En eventuell løsmasse-tunnel her må ha tilstrekkelig plass for vibrasjonsdempende tiltak under sporsystemet for å ivareta både grenseverdi til vibrasjon og strukturlyd.



<p style="text-align: center;"><b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b></p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 9 av 44</p>
--	--	---

Beregninger av strukturlyd uten tiltak viser at grenseverdien for strukturlyd fra tunnel/kulvert,  $L_{Amax} = 32$  dB, vil bli overskredet i boliger over tunnelen på deler av strekningen.

*Anbefalte tiltak for driftsfasen:*

Jernbanelinjen har som strategi å iverksette tiltak der beregnet (og kontrollmålt) strukturlydnivå er over  $L_{Amax} = 30$  dB for å ivareta usikkerheter. Tiltak dimensjoneres for de mest utsatte boligene på hver strekning.

Følgende tiltak anbefales som aktuelle løsninger hvor det er behov for dette:

1. Vibrasjonsdempet sporsystem (ballastmatte etc.)
2. Masseutskifting under sporsystem (dypsprengning etc.)
3. Myk opplagring av bygninger (kun aktuell for oppføring av nye bygg)
4. Tilleggisolering av bygninger.

For de fleste boligene vil det derfor etter utførelse av anbefalte tiltak (utarbeides i en senere fase) være meget gode forhold med hensyn til strukturlyd.

*Bygge- og anleggsfasen*

Gjeldende retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging er T-1442 og omfatter også bestemmelser om begrensning av støy fra bygg- og anleggsvirksomhet. Hovedgrepet i bestemmelsene er at det skal fokuseres på å foreta prediksjon av forventet lydnivå i anleggsfasen slik at nødvendige tiltak kan iverksettes.

Bygg- og anleggsvirksomhet bør ikke gi støy som overskrider støygrensene primært utendørs. Grenseverdiene skjerpes inn i forhold til basisverdiene da det her er snakk om lang anleggstid, lengre enn 6 uker.

Det vil bli størst belastning for beboere i tilknytning til aktivitet og støyende arbeider ved tverrslagene. Her vil etablering av tverrslagene gi de høyeste lydnivåene, men det vil også være knyttet plage til perioder da det foregår massetransport ut fra tverrslagene. I starten ved driving av tverrslagene vil tunnelsalvene høres godt, spesielt i hus foran tunnelmunningen.

Salvene varer i 5-6 sekunder og opptrer 1-2 ganger per dag.

*Anbefalte tiltak for bygge- og anleggsfasen ved tverrslag*

Generelt bør det prioriteres å benytte støysvakt utstyr og støysvake metoder for alle arbeidsoperasjoner i dagsonen. De mest støyende deler av anleggsarbeidet bør foregå mest mulig midt på dagen.

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 10 av 47		

Det bør legges føringer på valgt entreprenør slik at pigging reduseres mest mulig og ikke benyttes som en egen drivemetode.

Den mest dominerende støykilden ved tunneldrift er normalt tunnelviften. Et effektivt støytiltak er å plassere viften inn i tverrslagstunnelen og føre en stor tilførselskanal ut for tilføring av luft. Ytterligere demping oppnås ved å montere ekstra lydfeller på tilførselskanalen.

#### *Anbefalte tiltak for bygge- og anleggsfasen ved driving av hovedtunnel*

Pigging av fjell skal ikke være en egen drivemetode. Der hvor det er boliger over tunnelen må det ikke foregå støyende aktiviteter i tidsrommet fra kl. 23:00 til kl. 07:00. Dette gjelder både ved konvensjonell drivemetode og ved bruk av tunnelboremaskin. Begrensninger i drivetid må inkluderes med egne bestemmelser i kontrakt med valgt entreprenør.

## **Dagsone nord for Ski**

Det er gjennomført detaljerte støyberegninger med hjelp av en digital terrengmodell. Beregninger er gjennomført både for dagens situasjon, for referansealternativet og for ny situasjon med Follobanen. Beregningene for Follobanen er gjennomført med og uten støyskjerming.

Fire områder får boliger i gul støysone iht. T-1442. I disse områdene er det aktuelt med støytiltak.

Tidligere utførte støyvurdering har vist at en blanding av områdeskjermer på vestsiden av banen og lokale skjermer, på eiendommene, på østsiden er å foretrekke. Områdeskjermer på vestsiden av banen gir størst reduksjon av støynivåene og medfører at store deler på vestsiden kommer til å ligge utenfor gul støysone. Med lokale skjermer på østsiden er det mulig å begrense skjermelengden vesentlig sammenlignet med områdeskjermer på østsiden av banen, og i tillegg vil det oppnås skjerming for vegtrafikkstøy fra Rv152.

For de boliger som etter støyskjermingstiltak fortsatt ligger i gul eller rød støysone, bør det vurderes lokale støytiltak for å sikre at støykravene iht. NS8175 klasse C tilfredsstilles, og for å sikre at de har et uteområde der støynivået ikke overstiger grenseverdien på 58 dB L<sub>DEN</sub>. Støyskjerming utføres normalt løpet av i byggefasen.

- Gul sone for støy fra jernbane gjelder for L<sub>DEN</sub> ≥ 58 dB, og er en vurderingssone, der det med støyavbøtende tiltak kan oppføres støyfølsom bebyggelse

<b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>	<b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 11 av 44
---	---	--

- Rød sone for støy fra jernbane gjelder for  $L_{DEN} \geq 68$  dB<sub>1</sub>, og er en sone som ikke er egnet for støyfølsomme bruksformål, og etablering av støyfølsom bebyggelse/områder bør unngås.

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr: 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 12 av 47		

## 1. KRAV OG RETNINGSLINJER

### Regelverk, Utendørs støynivå

Gjeldende støyregelverk er retningslinje T-1442. Med denne ble betegnelsen  $L_{DEN}$  innført.  $L_{DEN}$  er A-veiet ekvivalent støynivå for dag-kveld-natt (day-evening-night) med 10 dB / 5 dB ekstra tillegg på natt / kveld. Tidspunktene for periodene dag, kveld og natt er slik:

Dag: 07-19, kveld: 19-23 og natt: 23-07.

$L_{DEN}$  er nærmere definert i EUs rammedirektiv for støy, og periodeinndelingene er i tråd med disse anbefalingene.  $L_{DEN}$  -nivået beregnes som årsmiddelverdi, det vil si som gjennomsnittlig støybelastning over et år. Det samme gjelder for T-1442, retningslinje for behandling av støy i arealplanleggingen.

Etter EU-direktivets bestemmelser skal  $L_{DEN}$  beregnes som fritt feltsverdier ved en mottakerhøyde på 4 meter og kravet skal være tilfredstilt både ved fasade og på en normal uteplass. Man skal imidlertid ta praktiske hensyn i forhold til den situasjonen man har ved beregningene. Dvs. at det også skal beregnes i andre høyder over bakken når det beskriver forholdene bedre.

Bygningshøyder for de enkelte hus som berøres er ikke kjent i detalj, men mange boliger oppføres i dag med både 1 og 1 ½ etasje. Det er derfor hensiktsmessig å beregne støy i både 4m høyde over bakkenivå, tilsvarende vindushøyde for en lav 2. etasje, og 1,5 m over mark, tilsvarende vindushøyde i en 1. etasje og uteplass.

Hver kommune er ansvarlig for kartlegging av "stille områder", som etter kommunens vurdering er viktige områder for natur og rekreasjonsformål. Stille områder er steder som er ønskelig å bevare som lite støypåvirkede. Ikke alle områder i grønnstrukturen behøver å være stille, en bør for eksempel kunne akseptere at deler av sykkelveger og skiløyper har vesentlig støy. I retningslinje for støy i arealplanleggingen anbefales det primært at grønn sone tas inn som del av kommunedelplan for støy (arealdel eller tematisk plan for støy). Alternativt kan det lages reguleringsplaner eller fastsettes juridisk bindende arealbruk og bestemmelser i kommuneplanen.

Uten juridisk bindende grenser fastsatt for stille områder i grønn sone kan ikke skjerpede lydkrav gjøres gjeldende. Det er altså ikke tilstrekkelig å angi områder som "grønn sone" for så å pålegge skjerpede støykrav utover hva som gjelder for gul og rød støysone, se under.

Der hvor det er fastsatt juridisk bindende grenser for "stille områder" anbefales det at i tettstedbebyggelse bør støynivået være under  $L_{DEN} = 50$  dB. Utenfor tettstedbebyggelse bør støynivået være under  $L_{DEN} = 40$  dB før området kan vurderes som et stilleområde.

<b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>	<b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	Dok nr:	UOS00-A-36092
		Rev nr :	00-A
		Dato:	29.03.2011
		Side:	13 av 44

Når det etableres nye støykilder som potensielt berører eksisterende stille områder, anbefales det bruk av støygrenser for de ulike områdekategoriene. Grenseverdiene angitt nedenfor er innhentet fra veileder til T - 1442, TA 2115.

- Byparker, friområder, båtutfartsområder, kulturmiljøer:  $L_{pAeq} = 50 - 55$  dB
- Turveidrag, grønnsstruktur i tettsted, kirkegård/gravplass:  $L_{pAeq} = 45 - 50$  dB
- Nærfriluftsområder, bymarker, friluftsområder ved sjø/vassdrag:  $L_{pAeq} = 35 - 40$  dB

### Støysoner

Retningslinjen anbefaler at støy beregnes og kartfestes med en inndeling i to støysoner:

- Rød sone nærmest støykilden, angir et område som ikke er egnet til støyfølsomme bruksformål, og etablering av ny støyfølsom bebyggelse skal unngås.
- Gul sone er en vurderingssone, hvor støyfølsom bebyggelse kan oppføres dersom avbøtende tiltak gir tilfredsstillende støyforhold. Kriteriene for soneinndeling er som følger i tabell 1.

Stille områder fastsettes av hver enkel kommune og markeres som grønn sone på støykart og i arealplaner.

Kriteriene inneholder også krav til maksimalnivå,  $L_{5AF}$ , men det er som regel  $L_{DEN}$  verdiene som er dimensjonerende for tiltak på sterkt trafikkerte strekninger.

Det nevnes for øvrig at det eksisterer egne støykrav for ev. berørte gårder med dyrehold, da storreforskriften utarbeidet mhp. tilrettelegging av helse og trivsel av storfe også nevner følgende mhp. støy (§ 15):

*"Storfe skal ikke utsettes for unødig støy. Støynivået skal være så lavt at det ikke på noe sted i dyrerommet er til ulempe for dyra. Varig støy på mer enn 65 dB (A) skal unngås."*

Selv med eldre driftsbygninger med dårlig isolasjon vil ikke ekvivalentnivået fra jernbanestøy i området ved Ski nå opp til 65 dBA inne i driftsbygningene.

Trolig vil innvendig nivå i driftsbygningene ligge under 50 dBA.

*Tabell 1. Kriterier for soneinndeling for jernbanestøy. Vanligvis er det kravene til Gul sone som gjelder som kriterium for nybygg uten spesielle fasadetiltak. Merk at på grunn av annen lyd karakter er grenseverdien for tog 3 dB høyere enn for vegtrafikk.*

	Ekvivalentnivå (år)	Maksimalnivå i nattperioden (23-07)
Gul sone jernbane	58 $L_{DEN}$	75 $L_{5AF}$
Rød sone jernbane	68 $L_{DEN}$	90 $L_{5AF}$

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 14 av 47		

For å forstå betydningen av forskjell i støynivå og hvordan dette oppfattes er det viktig merke seg at verdier for støynivå er forholdstall og at desibelskalaen er logaritmisk. Dette innebærer at en økning av støynivå med 10 dB krever en tidobling i lydenergien.

Ulik økning av støynivå gir forskjellig reaksjon. En dobling av lydenergien (3 dB økt støynivå) vil være merkbart, men det må en tidobling av lydenergien (10 dB økt støynivå) til for at støynivået skal oppfattes som dobbelt så høyt. Det samme gjelder for reduksjon av støynivå, det kreves en reduksjon på 2 - 3 dB for å utgjøre en merkbart forskjell av oppfattet støynivå. Se Tabell 2 nedenfor for en oversikt.

Tabell 2: Oversikt over menneskelig reaksjon på økt støynivå.

Økning	Reaksjon
1 dB	Knapt merkbart
2-3 dB	Merkbart
4-5 dB	Godt merkbart
5-6 dB	Vesentlig endring
8-10 dB	Dobbelt så høyt

Støyens frekvensinnhold og tilstedeværelse av eventuelle rentoner i støyen vil kunne påvirke reaksjonen i noen grad. Tabellen forutsetter derfor at disse forholdene ikke forandres med nivået.

### Innendørs støynivå

I henhold til T-1442 bør støynivået innendørs tilfredsstillende kravene i teknisk forskrift/NS8175 klasse C, eventuelt klasse D for eldre bebyggelse.

Kravet for klasse C er at døgnekvivalent støynivå ikke overstiger  $L_{p,Aeq,24h} = 30$  dBA i oppholds- og soverom i boliger, og at  $L_{p,AFmax}$  ikke overstiger 45 dB fra utendørs støykilder i nattperioden. (kl. 23 -07.)

Når det gjelder innendørs støy (blant annet fra refleksjoner) fra utendørs lydtkilder i form av trafikk i kulverter og tunneler, inngår samme grenseverdier for A - veid maksimalt lydtryknivå som for tekniske installasjoner i boliger, hvilket er at  $L_{p,AFmax} \leq 32$  dBA.

Klasse D er satt 5 dB høyere, og benyttes for eksisterende bebyggelse dersom grensene i klasse C er vanskelig å oppfylle.

<p>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p><b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b></p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 15 av 44</p>
---	---	--

## Strukturlyd og Vibrasjoner

### Strukturlyd

Vibrasjoner som overføres fra jernbanen via bakken til boliger kan avstråle støy fra gulv, vegger og tak. Denne støy kalles strukturlyd. Spesielt i situasjoner der hus og jernbane er fundamentert på fjell kan det oppstå høye strukturlydnivåer. Strukturlyden for jernbane dominerer vanligvis frekvensområdet fra 63 til 250 Hz. I rom som vender mot dagstrekninger gir strukturlyden ofte lavere støynivåer enn den luftoverførte støyen som går gjennom fasaden. I boliger som ligger over tunnel/kulvert er imidlertid strukturlyden den dominerende støykilden. For strukturlyd er det bare maksimalnivåer som er av interesse fordi ekvivalentnivåene for strukturlyd er svært lave.

### Vibrasjoner

Vibrasjoner defineres i denne sammenheng som lavfrekvente rystelser som mennesket kan føle på kroppen. Frekvensområdet for følbare vibrasjoner er 0,5-160 Hz i henhold til Norsk Standard NS 8176 [2]. Problemer med følbare vibrasjoner fra jernbane kan oppstå når både bygninger og jernbane står på løsmasser. Når bygningene eller jernbanen står på fjell er vibrasjonsnivåene meget lave. For det valgte alternativ går tunnelen i fjell på hele strekningen. Denne rapporten omhandler derfor ikke vibrasjoner i overliggende bygninger.

### Grenseverdier strukturlyd

Retningslinjene for behandling av støy i arealplanlegging, T-1442 [1] omhandler ikke strukturlyd. Norsk Standard NS 8175 [3], står det følgende i kapittel 5.5: "... For støy fra trafikk i kulverter og tunneler gjelder de samme grenseverdier for A-veid maksimalt lydtrykknivå (i sove- og oppholdsrom) som for tekniske installasjoner...". For støy fra tekniske installasjoner målt i sove- og oppholdsrom gjelder dette  $L_{A, maks} = 32$  dB for klasse C.

Lydforhold i bygninger er angitt i Norsk Standard 8175. Her er krav gitt til de ulike bygningstypene for ulike lydklasser. Minstekrav for tilfredsstillelse av Teknisk forskrift til Plan og bygningsloven, (TEK) er klasse C. Klasse A og B gir skjerpede krav mens Klasse D ikke tilfredsstiller minstekravet i TEK. Klasse D skal kun benyttes unntaksvis dersom det ikke teknisk sett er mulig å tilfredsstille krav gitt i klasse C.

Nytt Kulturhistorisk museum, KMH, og Oslo Landegård har vært vurdert spesielt i denne analysen og en har kommet til at grensen kan settes 5 dB høyere, dvs  $L_{A, str, 95} = 37$  dB. Dette skyldes at annen støy i byggenes lokaler vil gi et høyere bakgrunnsnivå.

### Grenseverdier Vibrasjoner

Det finnes ikke retningslinjer for behandling av vibrasjoner i arealplanlegging på tilsvarende måte som det gjør for støy. Norsk Standard NS 8176 [2] har angitt i

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 16 av 47		

tillegg B (informativ) en grenseverdi på høyeste vibrasjonshastighet i boliger,  $v_{w,95} = 0,3$  mm/s for klasse C og  $V_{w,95} = 0,6$  mm/s for klasse D. Målestørrelsen er et statistisk veid maksimalnivå.

Nytt Kulturhistorisk museum, KMH, kan bli lagt til området vest for Klypensporet. For å unngå vibrasjonsskader på gjenstander i bygget bør bygget ikke utsettes for over  $V_{peak,95} = 0,5$  mm/s. Ved dette nivået vil man ikke kunne føle vibrasjoner i museet, og det er god sikkerhet mot at gjenstander skal bli ødelagt.

## Bygge- og anleggsperiode

### Gjeldende retningslinje T-1442

Formålet med retningslinje T-1442 er å sikre at det blir tatt nødvendig hensyn til støy både i planleggingsfasen og i selve gjennomføringen av arbeidet. Retningslinjen er et godt hjelpemiddel for:

- God planlegging
  - Utforming av kontrakter/avtaler
  - Formidling av informasjon til myndigheter og naboer
- Valg/kjøp av utstyr, valg av arbeidsprosess og lignende

### Driftstid

Driftstiden for anlegget er den totale driftsvarigheten. Når anlegget omfatter flere driftsfaser, skal driftsperiodens lengde settes lik anleggets totale driftstid. Grenseverdiene skal oppfylles både for den enkelte driftsfasen og for den totale driftsperioden. Driftsperioder med støybelastning lavere enn de strengeste grensene ( $L_{p,Aeq,07-19} \leq 55$  dB,  $L_{p,Aeq,19-23} \leq 50$  dB,  $L_{p,Aeq,23-07} \leq 45$  dB) kan imidlertid trekkes fra.

Dersom flere anlegg berører samme nabolag behandles disse som en sammenhengende driftsperiode med flere driftsfaser. Ved opphold mellom driftsfaser på mer enn 3 måneder kan anleggene behandles enkeltvis. Dette gjelder også flere anleggsarbeider som gjennomføres etter hverandre. Ved kortere perioder mellom de enkelte anleggene enn 3 måneder, vil anleggene regnes som en driftsperiode.

### Grenseverdier bygge- og anleggsperiode

For utgangsverdiene gjelder et anlegg med en total driftstid på mindre enn 6 uker. For lengre driftstid skjerpes grenseverdiene for dag og kveld. Avhengig av varigheten på anleggets totale driftstid gis grenseverdier som angitt i Tabell 3.

Retningslinjen anbefaler videre at grenseverdiene bør skjerpes med ytterligere 5 dB om impulslyder eller rentonekomponenter er karakteristiske trekk ved støyen. Generelt kan man si at anleggsstøy i utgangspunktet er preget av impulsstøy, og i enkelte driftsfaser vil impulslyder kunne være typisk.

Tabell 3. Grenseverdier for utendørs støy i anleggsperioden, T-1442



<b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>	<b>Temerapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	Dok nr:	UOS00-A-36092
		Rev nr :	00-A
		Dato:	29.03.2011
		Side:	17 av 44

Bolitgtype	Skole, barnehage	Boliger, fritidsboliger, pleieinstitusjoner			
	Støykrav I brukstid $L_{Aeq}$ brukstid (dB)	Dagtid $L_{Aeq07-19}$ (dB)	Kveld, Søndag, h.dag $L_{Aeq19-23}$ , $L_{Aeq07-23}$ (dB)	Natt (23-07) $L_{pAeq23-07}$ / $L_{AFmax}$ $L_{A1}$ (dB)	
0 -7 uker	60	65	60	<1 uke	$L_{pAeq23-07} \leq 55^{1)}$ $L_{AFmax} L_{A1} \leq 70^{2)}$
7 uker- 6 mnd	57	62	57	1-2 uker	$L_{pAeq23-07} \leq 50^{1)}$ $L_{AFmax} L_{A1} \leq 65^{2)}$
7-12 mnd	54	59	54		
13-24 mnd	52	57	52	> 2 uker	$L_{pAeq23-07} \leq 45$ $L_{AFmax} L_{A1} \leq 60^{2)}$
24 mnd -	50	55	50		

<sup>1)</sup> Arbeider som ikke gjentas i anleggsperioden kan avvike retningslinjens basisgrenser utendørs med en heving på inntil 5 dB om arbeidene varer mindre enn 2 uker og med inntil 10 dB om arbeidene varer mindre enn 1 uke.

<sup>2)</sup> Dersom maksimalnivåhendelsene stammer fra flere ulike kilder og varierer sterkt i styrke i løpet av driftstiden, bør grenseverdien knyttes til det statiske maksimalnivået  $L_{A1}$  i stedet for  $L_{AFmax}$ . Ved bruk av  $L_{A1}$  vil maksimalnivået kunne overskrides i 1 % av tiden.

For dette anlegget må hvert anleggssted vurderes for seg med hensyn til varighet og gjeldende grenseverdier, da en pr. i dag ikke har full oversikt over dette. Dette vil avhenge av valg av drivemetode, og hvilke anleggssteder som blir mest benyttet. Dette vil først være endelig avklart i forbindelse med kontrahering av entreprenør.

#### Forskrifter om begrensning av støy (tillegg til helseforskrifter, Oslo by)

Helseforskriftene for Oslo by angir grenseverdier for støy fra bygg- og anleggsvirksomhet. Disse gjelder bare for Oslo kommune:

Tabell 4. Grenser for tillatt støy angitt i dB A -veiet nivå fra bygge- og anleggsvirksomhet i Oslo 1,2)

Bygningstype	Årstid, sommer 16/5 - 15/9 / vinter 16/9 - 15/5		
	Dag 06-18 $L_{eq}$	Kveld 18-22, $L_{eq}$	Natt 22-06, $L_{max}$
Boliger <sup>3)</sup>	70	65	55/60
Sykehus	50/55	50/55	Forbud
Skoler <sup>4)</sup>	60/65	60/65	-
Kontorer, forretninger, industri	70	-	-

1) Tabellen gjelder ikke impulsiv støy.

2) For kortvarige arbeider på dagtid gjøres følgende lempninger: ved arbeider som totalt pågår kortere tid enn 1 uke, innrømmes et tillegg på 5 dB(A), ved arbeider som totalt pågår kortere tid enn 2 timer/dag, innrømmes et tillegg på 5 dB(A). For kvelds- og nattetid gis ingen lempninger for kortvarige arbeider.

3) "Stille periode" mellom kl. 23 – 01. I denne periode skal all bygg- og anleggsstøy innstille.

4) Ved skoler er det ingen restriksjoner i feriene.

Støy som har karakteren av "rask hammerlyd" og/eller lyd som inneholder en eller flere toner, er å betrakte som 5 dB(A) mer støyende enn den målte verdien. Arbeider som forårsaker impulsiv støy må ikke foretas i de områder og til de tider som i tabell 4 er belagt med støygrenser, uten at helserådet på forhånd har godkjent de støyreducerende forholdsregler som treffes.

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 18 av 47		

Helserådet kan dispensere fra grenseverdiene i Tabell 4, for eksempel ved kortvarige arbeidere som ivaretar vesentlige samfunnsmessige interesser eller når bakgrunnsstøyen er spesielt høy.

<p style="text-align: center;"><b>Follobanen</b> Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport</b> Støy, vibrasjoner og rystelser</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 19 av 44</p>
--	--	--

## 2. METODE

### Utendørs støy

Utendørs døgnekvivalent støynivå fra togpasseringer i fremtidig situasjon er beregnet som  $L_{DEN}$ . Beregningene er utført av forskjellige firmaer med forskjellig verktøy, men alle verktøy følger Nordisk beregningsmetode.

Støynivåene er generelt beregnet 1,5 m over bakkenivå for å representere støynivå på uteområder og 4 m over bakkenivå for å representere støynivåer på fasaden.

Sporgeometrien tillater hastighet på 80 km/t for Østfoldbanen og 160 km/t eller mer for Follobanen.

For innføring til Oslo S er det benyttet beregningsverktøyet Soundplan 7 som beregner støy fra jernbane og veg basert på følgende inndata:

- Data om støykilde (togmateriell på jernbane)
- Trafikktall (mengder, hastighet, døgnfordeling), se kapittel 5.2.
- 3D terrengmodell, se kapittel 5.1.

Støyberegning i dagsonen nord for Ski er utført ved hjelp av støykartleggingsprogrammet CadnaA, versjon 4.0.135, i henhold til Nordisk beregningsmetode for togstøy. Beregningsmodellen bygger på tredimensjonale digitale kartdata. Nytt spor og ny forventet terrenggeometri rundt sporet er lagt inn i beregningene for Follobanen.

### Strukturlyd og vibrasjoner

Det eksisterer ingen offisiell beregningsmetode for strukturlyd. Multiconsult utviklet en metode for beregning av strukturlyd i forbindelse med utbygging av Gardermobanen. Metoden har vært brukt ved prosjekteringen av jernbaneparsellen Nitelva – Åråsen og er kontrollmålt både før og etter utbyggingen med relativ god overensstemmelse.

I metoden beregnes strukturlydnivået fra en tunnel av eldre type uten strukturlydreduserende tiltak. Det korrigeres for effekt av strukturlydreduserende tiltak og for lavere strukturlydnivåer fra nyere tunneler. Lavere strukturlydnivå skyldes at man i nye tunneler bruker mer ballast og fyllmasser og at standard mellomleggsplater mellom skinner og sviller er mykere enn i eldre tunneler.

For strukturlyd fra tunnel og kulverter gjelder kravet  $L_{Amax} = 32$  dB for alle etasjer med oppholdsrom. Det er normalt å anta at mange boliger har sokkeletasje med beboelsesrom eller innredet kjelleretasje. Alle beregningene er derfor utført for laveste etasje (kjeller). For boliger som har kjeller uten beboelsesrom vil dette innebære en ekstra sikkerhetsmargin på ca 3 dB og enda større margin om bygningen ikke er fundamentert på fjell.

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 20 av 47		

Generelle grenseverdier for vibrasjoner fra ulike transportmidler er angitt i norsk standard NS 8176, der det er angitt krav til et statistisk maksimal veid vibrasjon,  $v_{w,95}$  (i forhold til menneskets oppfattelse av vibrasjoner). Grenseverdien for vibrasjoner for klasse C, er  $v_{w,95} \leq 0,3$  mm/s. Vibrasjon angis her i hastighet (forflytting).

Kravet gjelder for bygninger.

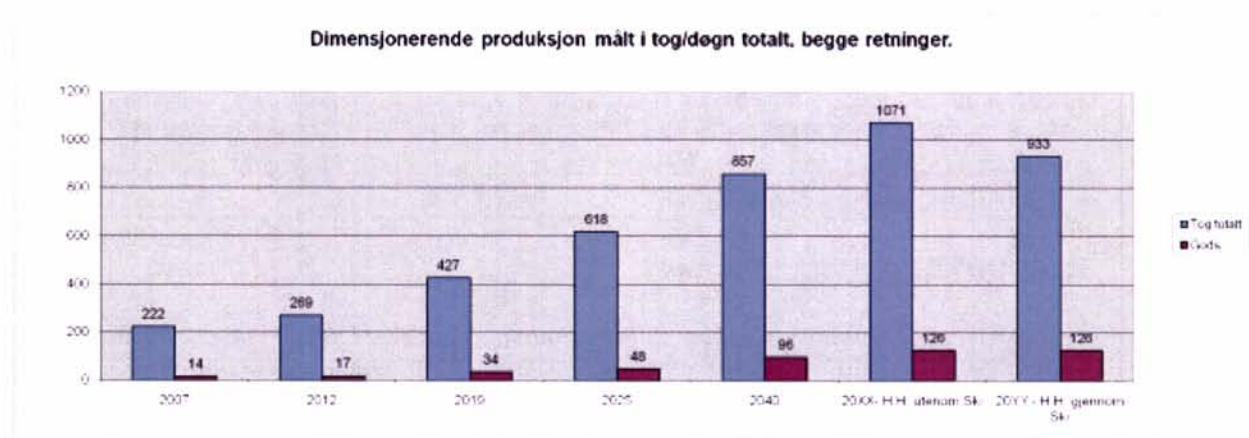
Det er ikke krav til vibrasjoner på markområder.

For å ivareta usikkerheter har Jernbaneverket som strategi å iverksette tiltak der beregnet strukturlydnivå er over  $L_{Amaks} = 30$  dB.

### 3. TRAFIKKGRUNNLAG

#### Trafikale forutsetninger



Jernbaneverket har lagt til grunn følgende utvikling i togtrafikk på Follobanen og Østfoldbanen:



Figur 1. Dimensjonerende togtrafikk, sum begge retninger for Østfoldbanen og Follobanen tilsammen.

<b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>	<b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 21 av 44
---	---	--

Tabell 2. Fordeling av fremtidig togtrafikk på Østfoldbanen og Follobanen.

	<b>Antall tog <u>totalt</u> i begge retninger</b>					
	Trafikkavvikling pr døgn					
	2012	2019	2025	2040	20XX	20YY
 FB						
 ØB						
Høyhastighet	0	0	0	20	138	72
Moss/Vestby - Oslo	0	72	72	0	0	0
Rygge - Oslo	0	0	0	72	138	138
Moss - Oslo - Lysaker	49	72	72	138	138	138
Halden - Oslo	46	46	144	144	144	72
Rakkestad/Mysen - Oslo - Skøyen	39	39	39	72	72	72
Rakkestad/Mysen - Oslo			33			
Gods FB	0	0	15	30	60	60
Sum FB		229	375	476	690	552
Kolbotn - Oslo	20	20	66	99	99	99
Ski - Oslo - Lysaker	98	144	144	216	216	216
Gods ØB	17	34	33	66	66	66
Sum ØB	269	198	243	381	381	381
Sum Gods	17	34	48	96	126	126
Sum pers.tog	252	393	570	761	945	807
Sum tog i butte ved Oslo S	66	66	243	315	381	309
Sum tog gjennomgående Oslo S*	186	327	327	446	564	498
Sum	269	427	618	857	1 071	933

\*Inklusiv tog til Alna

For støyberegninger er togtrafikken i 2025 lagt til grunn. Døgntrafikken er da delt opp i rushtid, dagtid, stilletid (kveld) og natt.

Det fremgår av oversiktene over at antall tog på Østfoldbanen vil gå ned etter åpning av Follobanen i 2019. Deretter er det antatt at antall tog på Østfoldbanen vil øke. Som forutsetning for veksten i antall tog er det bl.a. lagt til grunn tilstrekkelig kapasitet i Oslo-tunnelen, at Bryndiagonalen blir bygget og at kapasiteten ved Alnabru blir tilstrekkelig.

Dok nr:	UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr :	00-A		
Dato:	29.03.2011		
Side:	22 av 47		

## 4. STØYFORHOLD INNFORING OSLO S

### Grunnlag

#### Geometri - dagens situasjon

Beregningsmodellen for dagens situasjon er i hovedsak basert på den modell som ble laget i forbindelse med reguleringsplanen i området. Det er gjort oppdateringer i henhold til terreng og bygningsmasse hvor planen har blitt forandret, f eks rundt Dronning Eufemias gate, vest for Middelalderparken og på Sørengautstikkeren.

#### Geometri - fremtidig situasjon

Støyberegningene er basert på digitale kart for fremtidig situasjon.

En stor endring for fremtidig sporkløsning er overdekking av spor i Klypen. Østfoldbanens utgående spor er overdekket fra Bispegata til verkstedsbygning ved Kongsgården. Inngående Follobane og utgående Østfoldbane er overdekket og går i kulvert fra Bispegata og til fjellpårugg ved Loenga.

#### Trafikkdata

Det er benyttet trafikkgrunnlag for trikk, linje 18 og 19. Vegtrafikk tall er innhentet fra tidligere beregningsmodeller, fra Statens vegvesen og Samferdselsetaten. Trafikkvekst er tilsvarende som i Nasjonal transportplan.

Togdata er mottatt fra jernbaneverket, se kap 3.

### Beregningsresultater

#### Utendørs støy

Beregningene er presentert i kart med støy for de ulike situasjoner samt et differansekart som viser differansen mellom dagens situasjon og fremtidig situasjon, både med lukket og åpen løsning i Klypen.

Av differansekartene kan det leses:

- At støynivået avtar betydelig der hvor dagens Østfoldbane går i kulvert nordvest for Mosseveien. I fremtidig situasjon er det forutsatt at det ikke går rutetrafikk på dette sporet.
- I fremtidig situasjon vil støynivået langs dagens Østfoldbane i området sør for Middelalderparken og videre sørover avta med ca. 1 dB. Godstogtrafikken fra godstogsporet mellom Alna og Loenga er lik i dagens og fremtidig situasjon. Totalt sett vil det bli liten endring i støybelastningen i området.
- I området rundt Minneparken vil støynivået for bane øke både på grunn av omlegging av trikketraséen og på grunn av at Follobanen og Østfoldbanen får tunnelmunninger like nord for Bispegata og vest for Minneparken. Økningen er på inntil 6 dBA.

<p style="text-align: center;"><b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b></p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 23 av 44</p>
--	--	--

- Langs Dronning Eufemias gate vil støynivået fra bane øke betydelig. Dette kommer utelukkende av omlegging av trikkestraséen og skyldes ikke Follobanen. (Ikke vist) I plottene som er vedlagt er det kun vist støybidrag fra jernbanen og her fremgår at støyøkningen ikke skyldes jernbanestøy.
- For vei vil det være en økning i støynivå på ca 1 dB i fremtidig situasjon som skyldes fremskriving av ÅDT til år 2018.
- På differansekartet vises en betydelig økning i støynivå i Klypen dersom det ikke foretas en overdekning av Klypen. Uten overdekning får man en mindre økning på 2 - 3 dB også ved østlige fasader på bygninger som oppføres i området ved dagens Sørengkaia.
- Langs Dronning Eufemias gate blir påvirkningen av åpen løsning i Klypen ubetydelig i følge beregninger utført i 4m høyde. Her er det dog en viss usikkerhet med hensyn til hvordan boliger i høyere etasjer vil påvirkes da disse kan miste skjermingseffekt fra andre bygninger i området.

### **Vibrasjoner**



Vibrasjoner fra banen overføres til bygninger når både bane og bolig ligger på løsmasser. De høyeste vibrasjonsverdiene får man når det er leire. Strukturstøy overføres best når spor og bygning er på fjell, og også når begge er på tørrskorpeleire.

Det er gjennomført en del grunnboringer langs parsellen for Follobanen. Dybde til fjell varierer i området 22 til 40 meter i det aktuelle området. De største dybdene er i den nordre delen av området, nord for Bispegata. Løsmassene består av 1 – 5 meter fyllmasser/tørrskorpe. Under disse påtreffes siltig leire i varierende mektighet.

Vi har gjort vurderinger av tiltak mot vibrasjoner og strukturstøy på et generelt grunnlag basert på våre erfaringer. De foreslåtte tiltakene er et utgangspunkt og kan bli endret når det gjennomføres detaljerte analyser og beregninger.

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr: 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 24 av 47		

Tabell 5. Tiltak mot vibrasjoner og strukturstøy for området ved innføring av Follobanen til Oslo S

Bygning	Avstand m	Situasjon	Mulige tiltak mot vibrasjoner og strukturstøy
KHM	ca 10	Eventuelle plasseringer av KHM på den aktuelle tomten er usikker. Avstanden til Follobanen bør være minst 10 meter. Vibrasjonsoverføringen er usikker fordi vi ikke har erfaring med overføring fra kulvert i grunnvannet til bunnplate / kjelleryttervegg i grunnvannet.  Strukturstøy overføres meget effektivt i grunnvannet.	KHM blir pelet til fjell og veggene i kulverten tilsvarende. I tillegg må det under bunnplaten i kulverten etableres tett omfang av KC-peler med meget høy fasthet. Lengden bestemmes ut fra de aktuelle dybder.  Det legges myke ballastmatter mot betongen som ballasten legges ut på.
Oslo Ladegård	0		Veggene i kulverten må peles til fjell og under bunnplaten etableres tett omfang av KC-peler med meget høy fasthet. Lengden bestemmes ut fra de aktuelle dybder.  Det legges myke ballastmatter mot betongen som ballasten legges ut på.  Ytterligere tiltak for å redusere strukturstøy kan være flytende gulv i Oslo Ladegård, og om mulig tiltak i overgangen mellom kulverttak og takvelv.
Boliger i St Halvardsgate	ca 10	Vi regner dette er eldre boligbebyggelse på flåter, som dermed ikke går ned i grunnvannet.	Veggene i kulverten peles til fjell. Det legges myke ballastmatter mot betongen som ballasten legges ut på.
Osloveien			
Boliger i Ekeberg-skråningen	0		Det legges myke ballastmatter mot betongen som ballasten legges ut på.  Etterstad Industribygg ligger på tilsvarende måte over Gardermbanen. Det gjøres støymålinger her for å bestemme eventuelle ytterligere tiltak mot strukturstøy.  En mulighet kan være dypsprengning og evt elastisk matte under kulvertens bunnplate.



<p>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 25 av 44</p>
---	---	--

## 5. STRUKTURLYD OG VIBRASJONER TUNNELSTREKNINGEN

### Grunnlag

#### Inngangsdata jernbanetrafikk

Inngangsdata for støyberegninger er basert på rapporter fra tidligere utredningsfase, med justeringer av totalt antall tog foretatt av Jernbaneverket. For tunnelstrekningen gjelder at det er vibrasjoner og strukturstøy som vil merkes. Derfor er togtype og hastighet av større betydning for beregningene enn antall tog.

#### Grunnforhold og fundamentering av boliger – betydning for strukturlyd

På hele strekningen vil tunnelen gå i fjell. Boliger som er fundamentert på løsmasser vil få lavere strukturlydnivåer enn boliger fundamentert rett på fjell.

Løsmassetykkelsen i største delen av området over tunnelen er mellom 1 og 5 meter. Berørte boliger over tunnelen ligger derfor i stor grad på fjell, mange med beboelsesrom i kjeller eller i sokkeletasje i skrånende terreng.

### Vibrasjoner

Når bygningene eller banen står på fjell er vibrasjonsnivåene meget lave. Det er kun i ekstreme tilfeller med korte avstander og stivt spor at det kan bli følbare vibrasjoner i boliger inntil dagstrekninger. Man kan derfor med stor grad av sikkerhet fastslå at det ikke vil bli følbare vibrasjoner i boliger over tunnelen. Det vil dermed være meget god margin til grenseverdien for vibrasjoner. Unntaket fra dette er ved eventuelle løsmassekulverter ved boligområdet på Vevelstad/Sloraveien. Ved disse kulvertene vil det være fare for overføring av vibrasjoner til nærliggende boliger. Dette løses ved å vibrasjonsisolere kulverten fra selve sporet ved hjelp av myke matter/pads.

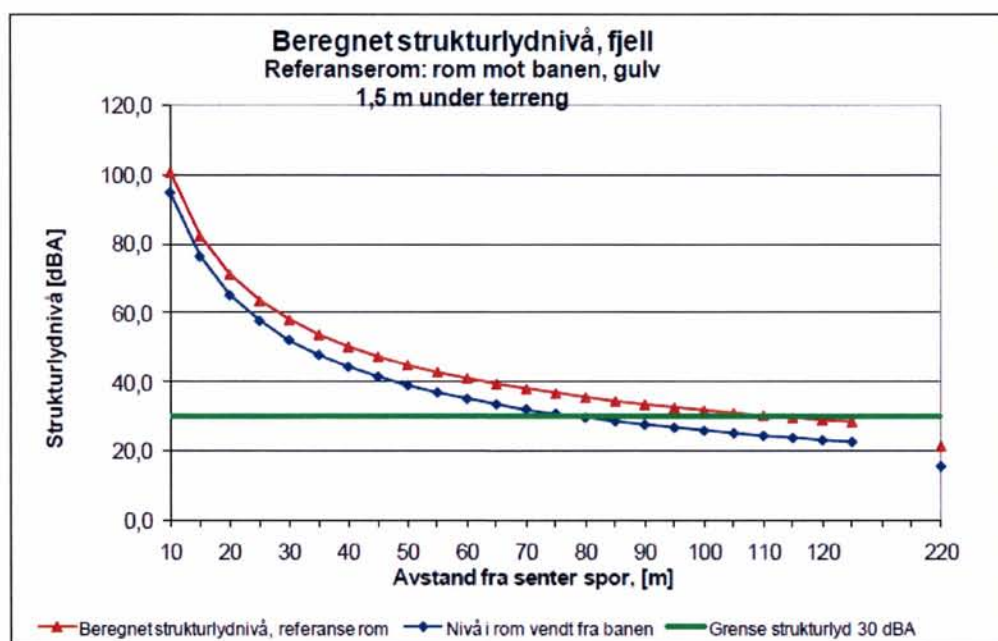
### Beregningsresultater

Største hastighet gjennom tunnelen vil være 200 eller 250 km/time for persontog og 80 km/time for godstog. En dobling av hastigheten vil beregningsmessig kunne gi ca 4 dB økning av strukturlydnivået. Hastigheten for godstog vil i fremtiden kunne økes til 100 – 120 km/t. Denne endring i hastighet vil kunne gi høyere strukturlydnivå. Dette må sees i sammenheng med type sporoppbygning og skinneinnfesting. En økt kvalitet på dette vil kunne kompensere for en eventuell hastighetsendring.

På grunn av høyere aksellaster og generelt dårligere vedlikehold av hjul tilsier erfaringen at godstogene oftest gir de høyeste strukturlydnivåene på tross av lavere hastighet. Det er i beregningene derfor forutsatt at godstogtrafikk i 80 km/time er dimensjonerende for tiltak.

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temerapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr: 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 26 av 47		

Alle beregningene er utført for laveste etasje. Bygningene er forutsatt fundamentert på fjell. Figur 1 viser forventet strukturlydnivå i referanserom under terreng som funksjon av avstanden fra tunnelen. Grensen for tiltak, inkludert sikkerhetsmarginer, strukturlydnivå  $L_{Amax} = 30$  dB er også inntegnet.



Figur 2. Forventet Strukturlydnivå

Beregninger av strukturlyd viser at uten strukturlyddempende tiltak vil grenseverdien for strukturlyd fra tunnel/kulvert,  $L_{Amax} = 30$  dB, bli overskredet på deler av strekningen hvor boligene har en avstand mindre enn 110 m fra senterlinje spor.

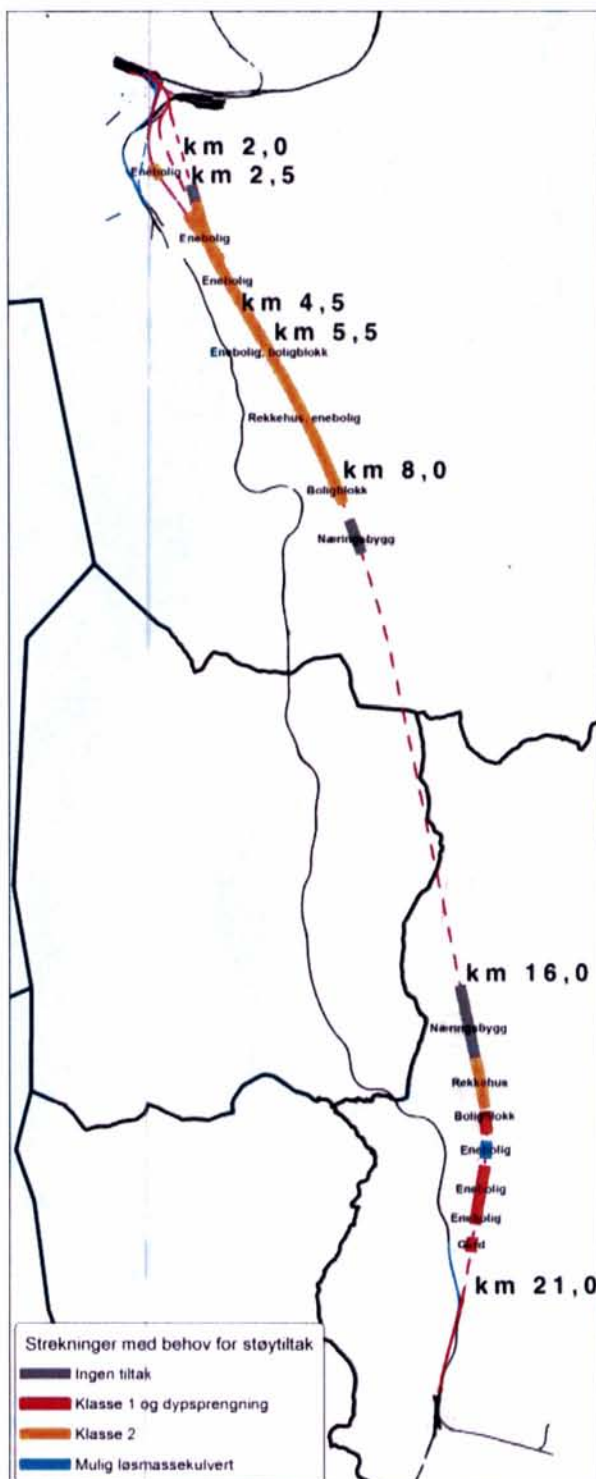
## Tiltak mot strukturlyd

Følgende tiltak mot strukturlyd er i utgangspunktet aktuell:

- Vibrasjonsreducerende matter under ballast (ballastmatter)
- Ekstra sprengningsdybde
- Sviller med pålimte svillematter
- Vibrasjonsisolert skinneinnfesting

Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski	Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser	Dok nr:	UOS00-A-36092
		Rev nr :	00-A
		Dato:	29.03.2011
		Side:	27 av 44

## Anbefalt tiltak



Jernbanelverket har som strategi å iverksette tiltak der beregnet (og kontrollmålt) strukturlydnivå er over  $L_{Amaks} = 30$  dB for å ivareta usikkerheter.

Vi anbefaler at det prosjekteres en løsning med ballastmatter. På partier med spesielt lav overdekning anbefaler vi at tiltaket kombineres med minimum 1,6 meter ekstra dypprengning.

Beregningene er utført for gitte forutsetninger som gir visse forenklinger. I strekninger hvor beregnet strukturlyd ligger opp til ca. 3 dB over grenseverdi kan behovet for tiltak bortfalle når nærmere undersøkelser er utført i en senere fase. Forhold som kan gi lavere strukturlydnivå er følgende:

- Bygningens fundamentering.
- Ingen oppholdsrom i kjelleren (referanserom), første oppholdsrom i 1. etasje.
- Oppbygging av kulvert/tunnel
- Type skinneinnfesting

Tiltak mot strukturlyd er lagt inn der beregningene uten tiltak viser at  $L_{Amaks}$  overskrider 30 dB. På strekninger der det utføres tiltak er disse dimensjonert for å møte  $L_{Amaks} = 30$  dB. I områder der beregnet strukturlydnivå ligger nær

Figur 3. Kartet til venstre viser de deler av jernbanestrekningen hvor det kan være behov for tiltak mot strukturstøy.

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 28 av 47		

grenseverdien uten tiltak, eller der omfanget av tiltak er stort grunnet korte avstander, bør det utføres kontrollmåling av strukturlyd fra sprengt tunnel før sporlegging.

Med anbefalte strukturlyddempende tiltak vil beregnet strukturlydnivå tilfredsstillende grenseverdien for strukturlyd fra tunnel/kulvert,  $L_{Amax} = 32$  dB i alle boliger. Tiltak dimensjoneres for de mest utsatte boligene på hver strekning. For de fleste boligene vil det derfor etter utførelse av anbefalte tiltak være meget gode forhold med hensyn til strukturlyd.

I Oslo vil det være behov for tiltak tilsvarende ballastmatte med dempingsverdi på 8 dB – gulmerket på kartet.

I Ski vil det i tillegg være behov for ballastmatte med demping på minst 10 dB + dypsprengning.

<p style="text-align: center;"><b>Follobanen</b> Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport</b> Støy, vibrasjoner og rystelser</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 29 av 44</p>
--	--	--

## 6. STØY KNYTTET TIL DAGSTREKNING SKI NORD. BEREGNINGER OG VURDERINGER

### Dagens situasjon

Resultatene viser at støybidraget fra jernbanen i dagens situasjon gjør at en del boliger ligger delvis i gul og i rød støysone, se vedlagte støykart UOS-80-X-11001 tom 11004:

- Boligområdet i Langhus ligger delvis i rød støysone, høyeste støynivå ved boliger er  $L_{DEN} = 68$  dB, støynivå på spredt bebyggelse rundt gartneri ligger på  $L_{DEN} = 61 - 73$  dB. Støynivåene i dagens situasjon er vesentlig høyere enn i utbyggingsalternativet.
- Roås gård ligger delvis i rød støysone, høyeste støynivå ved boliger er  $L_{DEN} = 67$  dB.
- Endsjø gård ligger delvis i gul støysone, høyeste støynivå ved boliger er  $L_{DEN} = 64$  dB.
- I boligområdet rundt Haugerbakken, øst for jernbanen, ligger en del boliger i gul støysone. Høyeste støynivå ved boliger er  $L_{DEN} = 58 - 62$  dB.
- Hebekk skole og boligområdet rundt denne, vest for jernbanen, ligger utenfor gul støysone. Høyeste støynivå ved boliger er cirka  $L_{DEN} = 57$  dB.

### 0-Alternativet

Beregningene viser at støybidraget fra jernbanen gjør at en del boliger ligger delvis i gul og i rød støysone, se vedlagte støykart:

- Boligområdet i Langhus ligger delvis i rød støysone, høyeste støynivå ved boliger er cirka  $L_{DEN} = 70$  dB, støynivå på spredt bebyggelse rundt gartneriet ligger på  $L_{DEN} = 64 - 74$  dB. Støynivåene i 0-alternativet er vesentlig høyere enn i utbyggingsalternativet.
- Roås gård ligger delvis i rød støysone, høyeste støynivå ved boliger er cirka  $L_{DEN} = 68$  dB, som er vesentlig høyere enn i utbyggingsalternativet.
- Endsjø gård ligger delvis i gul støysone, høyeste støynivå ved boliger er cirka  $L_{DEN} = 66$  dB, som er litt lavere enn i utbyggingsalternativet.
- I boligområdet rundt Haugerbakken, øst for jernbanen, ligger en del boliger i gul støysone. Høyeste støynivå ved boliger er cirka  $L_{DEN} = 58 - 64$  dB, som er ganske likt med utbyggingsalternativet.
- Hebekk skole og en del av boligene rundt denne ligger i gul støysone. Høyeste støynivå ved boliger er cirka  $L_{DEN} = 58 - 59$  dB.

### Støy fra ny dagsone - Alternativ 5

Beregningene av jernbanestøyen viser at denne utgjør et støyproblem i forhold til retningslinje T-1442 for en del boliger. Utbyggingen og endringene i forhold til dagens

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr: 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 30 av 47		

situasjon er uansett av en slik natur at den utløser krav etter T-1442. To forhold skal oppfylles for disse boligene:

- Alle boligene skal ha hensiktsmessige utearealer hvor  $L_{DEN} < 58$  dB.
- Innvendige støynivåer skal tilfredsstillende kravene i gjeldende reguleringsplan

Moderne boliger konstruert etter tekniske forskrift TEK97 (innført 1997) eller senere vil generelt ha så god støyisolasjon at innenivå iht. NS 8175 er  $< 30$  dB med utenivåer under  $L_{DEN} < 60$  dB. For boliger bygd før TEK97 ble gjort gjeldende må innenivåer vurderes nærmere der utenivåer for  $L_{DEN} > 58$  dB. Boliger som må vurderes nærmere er angitt i tabell 3.

Hebekk skole sin sydøstligste fasade får støynivåer opp mot 58 dB, men har skolegård hovedsakelig på vestlig side og det er sannsynligvis ikke behov for fasadetiltak på skolen.

Uteplasser på boligene langs Engveien er plassert i syd og bygd opp noe fra bakkenivå slik at en beregningshøyde på 2,0 m over mark sannsynligvis ikke er tilsvarende mer enn 1,5m over terrassegulv, dvs. noe marginal beregningshøyde.

Skjerm langs jernbanen i sydvest bør derfor ha en høyde på minst 2,7 meter.

Flere boliger langs Vardåsveien har også høytliggende uteplasser og bør ha skjermhøyder på 3 m over terreng for å sikre stille uteområder. For de støyutsatte boligene langs Vardåsveien synes å være gode muligheter for opplegg av en voll som kan beplantes da denne hovedsakelig vil ligge inne i lite skogbelte.

I tillegg til skjerming vil anslagsvis 20 av boligene sannsynligvis ha behov for mindre fasadetiltak og noen få vil ha behov for mer utvidede tiltak. Tallene kan endre seg noe etter befaring.

*Tabell 8. Boliger og støyfølsom bebyggelse som må vurderes i mer detalj med hensyn på lokale skjermingstiltak av uteplasser og/eller fasadetiltak for å sikre tilfredsstillende innenivåer. Nivåene i dB er estimert ut fra støysonekart og fasadeberegninger. Tallverdier er høyeste nivå på fasade og nivå på uteplass(er).  $L_{DEN}$  frittfeltsverdier. Krav til uteplass er  $< 58$  dB. Innenivåer bør utredes når fasadenivået er over  $L_{DEN} = 58$  til 60 dB, noe avhengig av byggeår. Grønne tall i parentes betyr at det her ikke er behov for tiltak da nivået er under tiltaksgrensen. Røde tall er over grenseverdien for rød sone.*

Nr.	Adresse	Gnr/Bnr	Uteplass dB	Fasade
1	Langhusveien 117		63	66
2	Langhusveien 113		64 - 61	64
3	Langhusveien 109		60	60
4	Noråsveien 12		61	69
5	Langhusveien 80c (usikkert om bolig)		64	64
6	Langhusveien 80b		(49)	62
7	Langhusveien 80a		(48 til 58)	63
8	Langhusveien 40b		62	66
9	Langhusveien 40c		63	67
10	Langhusveien 40a		(58)	63
11	Vardåsveien 34		62	62
12	Vardåsveien 32b		62	62

<b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>	<b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	Dok nr:	UOS00-A-36092
		Rev nr :	00-A
		Dato:	29.03.2011
		Side:	31 av 44

13	Vardåsveien 32a		62	62
14	Vardåsveien 30		61	61
15	Vardåsveien 26		63	63
16	Vardåsveien 24		63	63
17	Vardåsveien 22		63	63
18	Vardåsveien 20		62	62
19	Vardåsveien 18		62	62
20	Vardåsveien 6e		64	64
21	Vardåsveien 6a		63	63
22	Vardåsveien 10		60	61
23	Vardåsveien 8		61	61
24	Vardåsveien 4		62	63
25	Vardåsveien 2		(46)	63
26	Haugerveien 1a		60	60
27	Vardåsveien 17a		61	61
28	Vardåsveien 17b		60	60
29	Vardåsveien 15		(58 – 56)	59
30	Engveien 1		(49)	59
31	Engveien 2		(50)	57
32	Hebekk skole, sydøstre fasade		-	58

## Vibrasjoner og strukturlyd

Det foreligger ikke gode nok data om grunnforholdene til å foreta en vurdering av vibrasjoner og strukturlyd nå. Vi anbefaler derfor å utføre en nærmere vurdering etter at mer omfattende data om grunnforhold foreligger.

Eventuelle tiltak mot strukturlyd og vibrasjoner vil være tiltak på banelegeme og vil kunne implementeres senere i prosjektet.

## Støy fra tunnelåpninger

Støy fra tunnelmunninger er ikke omfattet av nordisk beregningsmetode for jernbanestøy.

Støy som genereres inne i tunnelen reflekteres fra tunnelens vegger og en del av denne energien som kastes tilbake finner veien ut av tunnelåpningen. En rekke målinger og beregningsmodeller indikerer imidlertid at dette øker støyenivået med kun 1 dB i 50 m avstand fra tunnelåpningen i forhold til støy generert av selve toget.. Hvis avstanden halveres til ca. 25 m fra tunnelåpningen øker støyenivået med 2 dB. Økningen er ubetydelig i togets fartsretning og størst i ca. 45 graders vinkel ut fra tunnelåpningen. Beregninger i denne temarapporten inkluderer ikke disse korreksjonene, men for praktiske formål er det kun boliger nærmere enn 50 m i en sektor fra tunnelåpningen som kan få noen merkbar virkning av økt støy.

Fig.3 viser hvordan støyøkning på 1 og 2 dB typisk forplanter seg ut fra en tunnelåpning. Gjelder for en rett tunnel og er et omtrentlig forløp.

Dok nr:	UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr :	00-A		
Dato:	29.03.2011		
Side:	32 av 47		

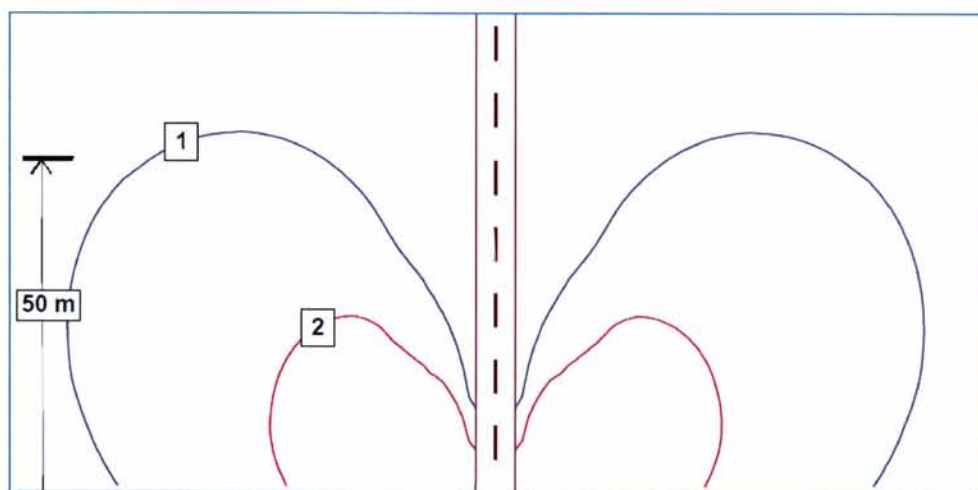


Fig. 3 tilleggsstøy fra tunnelåpning. Typisk forløp. Tall i dB. (Basert på Datakustikk sine simuleringer)



<p style="text-align: center;"><b>Follobanen</b>  <b>Nytt dobbeltspor Oslo –</b>  <b>Ski</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport</b>  <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b></p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092  Rev nr : 00-A  Dato: 29.03.2011  Side: 33 av 44</p>
--	--	---

## 7. STØY I BYGGE OG ANLEGGSPERIODEN

### Type anleggsvirksomhet

Det er ikke bestemt hvordan tunnelen skal drives men det er bestemt at det skal være to tunneler med ett spor i hver tunnel. Dette får konsekvenser for anleggsvirksomheten og den støyen som blir generert.

#### *Tunneldriving med konvensjonell drivemetode (boring og sprengning)*

En konvensjonelt drevet tunnel må ha flere angrepspunkter (tverrslag) for å få en akseptabel byggetid. Foruten at endepunktene for tunnelen kan være angrepspunkter må det drives tverrslagstunneler inn til hovedløpet. Fra tverrslagene drives så tunnelen i to retninger.

Den ca. 18 km lange tunnelen vil kunne drives hensiktsmessig ved hjelp av 6-7 tverrslag samt tunneldrift fra Gamlebyen.

#### *Tunneldriving med tunnelboremaskiner (TBM)*

Tunneldriving med tunnelboremaskiner har klare fordeler for lange tunneler. Særlig for det ytre miljø vil TBM-drift ha fordeler fremfor konvensjonell tunnelsprengning, da behovet for tverrslag reduseres. Det er forutsatt for TBM-alternativet at tunnelen drives med ett tverrslag ved Åsland pukkerk.

## Støy ved tverrslag og riggområder

### Støyende arbeidsoperasjoner

Det antas at etablering og drift av tverrslagene foretas fra riggområder i dagen og at tverrslagene drives inn mot hovedtunnelen. Normalt vil dette gi tre ulike hovedtyper av anleggsfaser.

- Etableringsperioden.
- Tunnelsprengningsperioden.
- Perioden med etterarbeider i tunnelen.

Varigheten av de ulike periodene vil kunne variere fra tverrslag til tverrslag. Varigheten henger også i stor grad i sammen med den totale anleggsperioden. Fra andre prosjekter det er naturlig å sammenligne med ble varigheten stipulert til 3 måneder, 2 år og 1 år for tilsvarende perioder som beskrevet over.

Etter at de bygningsmessige arbeidene er gjennomført utføres sporlegging / jernbanetekniske arbeider.

Dok nr:	UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr :	00-A		
Dato:	29.03.2011		
Side:	34 av 47		

Den innledende fasen, etableringsperioden, omfatter tilrigging, etablering av forskjæring samt driving av ca. 50 m av tverrslagstunnelen. I denne perioden vil det være anleggsarbeider i dagen. I begynnelsen av perioden vil aktivitetene bestå av moderat støyende arbeider som vegbygging og tilriggingsaktiviteter. Mer støyende vil det være når det etter hvert foretas boring, sprengning, opplasting og transport av masser i forbindelse med etableringen av forskjæringen. Når driften av tverrslagstunnelen starter og før tunnelen har kommet langt nok inn i fjellet vil terrenget og selve tunnelen gi en del skjerming av støynivået. Støyen vil reduseres etter hvert som tverrslagstunnelen drives innover.

I den perioden hvor tunnelen sprenges, tunnelsprengningsperioden, vil det meste av anleggsvirksomheten foregå under bakken. Den dominerende støykilden for omgivelsene vil i denne perioden være massetransporten ut av tunnelen, samt tunnelviften for ventilasjonsluft.

I den tredje perioden, i forbindelse med etterarbeidene i tunnelen, vil det være vesentlig mindre transport til/fra anleggsområdet. Det som skiller denne perioden fra tunnelsprengningsperioden er at det er mindre tung anleggsvirksomhet i og utenfor tunnelen.

## **Vurdering av støytiltak ved tverrslagene**

### **Anleggsfase 1.**

Generelt bør det prioriteres å benytte støysvakt utstyr og metoder for alle arbeidsoperasjoner i dagsonen, og de mest støyende deler av anleggsarbeidet bør foregå mest mulig på dagen.

Ved etablering av forskjæring til tverrslagstunnelen og ca. 50 meter av tverrslagstunnelen, er boring dominerende støykilde. Normalt skal det ikke foretas pigging i anleggsperioden men det kan forekomme. Det bør legges føringer på valgt entreprenør slik at pigging reduseres mest mulig.

Boring vil på enkelte dager kunne pågå lengre enn 2 timer, men det er begrenset hvor mye boring det totalt blir i forskjæringen og i forbindelse med de første 50 m av tverrslagstunnelen.

I den videre vurdering er følgende forutsetninger gitt for støykilder og driftstid:

- Arbeider på riggområder/i dagsonen med boliger i nærheten, anbefales kun på dagtid
- Graving, ca. 8 timer pr. dag (gravemaskin)
- Boring, ca. 2 timer pr. dag (borerigg med tilhørende kompressor)
- Pigging, maksimalt 1 time pr. dag
- Bortkjøring av masser og annet tungtransport (anslått til 145 kjøretøybevegelser pr. dag)

<p style="text-align: center;"><b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b></p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 35 av 44</p>
--	--	--

Overskridelsen av grenseverdiene vil skje i den første delen av anleggsperioden, da arbeidene foregår med liten skjerming av omkringliggende terreng. Etter hvert som tverrslaget etableres og aktiviteten foregår lengre inn i tunnelen, vil støynivået til omgivelsene reduseres.

#### *Dagtid*

Beregning av lydnivå i nærliggende bebyggelse uten skjermingstiltak, med overnevnte driftsbetingelser viser at grenseverdien på dagtid (07-19),  $L_{pAeq12h} \leq 55$  dBA vil være tilfredsstillende med avstander større enn 200 m mellom bolig og riggområde.

#### **Anleggsfase 2.**

Støyen vil avta etter hvert som tverrslagstunnelen drives innover. Anleggsarbeider minst 50m lengre inn i tunnelen vil normalt være betydelig dempet slik at de ikke er dominerende støykilder lenger. Hovedstøykilder i denne fasen vil være massetransporten ut av tunnelen, samt tunnelviften for ventilasjonsluft, hvor sistnevnte er normalt den dominerende.

Et effektivt støytiltak er å plassere viften inn i tverrslagstunnelen og føre en stor tilførselskanal ut for tilføring av luft. Ytterligere demping oppnås ved å montere ekstra lydfeller på tilførselskanalen. Valg av lydfelle er avhengig av behov for støydemping, mulig trykkfall og tilgjengelig plassering. Siden tunnelviften vil være i drift også om natten vil det være nattperioden som er dimensjonerende.

I den videre vurdering er følgende forutsetninger gitt for støykilder og driftstid:

- Arbeider i tunneler med overliggende boliger med relativ lite overdekning samt
- riggområder med boliger i nærheten, anbefales ikke om natten. For tunnelstrekning uten overliggende boligfelt kan da ha døgnkontinuerlig drift.
- Graving, boring og pigging forutsatt godt dempet inne i tunnelen.
- Tunnelvifte – kontinuerlig drift. Forutsatt at det monteres lydfeller på tilførselskanalen og at viften plasseres lengre inn i tunnelen. Lydeffektnivå ved riståpningen,  $L_w \leq 85$  dBA.
- Bortkjøring av masser og annet tungtransport (anslått til 70-80 kjøretøybevegelser pr. dag – fordelt på 60 – 70 lastebiler på dagtid og ca. 10 lastebiler på kveldstid).

#### *Dagtid*

Beregning av lydnivå i nærliggende bebyggelse uten skjermingstiltak, med overnevnte driftsbetingelser viser at grenseverdien på dagtid (07-19),  $L_{pAeq12h} \leq 55$  dBA vil være tilfredsstillende med avstander større enn 40 m mellom bolig og tunnelmunningen/viftens inntaksrist.

Dok nr:	UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr.:	00-A		
Dato:	29.03.2011		
Side:	36 av 47		

### *Kveld*

Grenseverdien på kveldstid (19-23),  $L_{pAeq4h} \leq 50$  dBA vil være tilfredsstillende med avstander større enn 50 m mellom bolig og tunnelmunningen/viftens inntaksrist.

### *Natt*

Grenseverdien om natten (23-07),  $L_{pAeq8h} \leq 45$  dBA vil være tilfredsstillende med avstander større enn 45 m mellom bolig og tunnelmunningen/viftens inntaksrist. Det er kun tunnelvifta som er støykilde.

### **Anleggsfase 3.**

I denne perioden er støyforholdene nesten lik anleggsfase 2. Dimensjonerende støytiltak er fortsatt knyttet til nattperiode med tunnelvifta som støykilde. Det vil være mye mindre tungtrafikk inn og ut av tunnelen ift. anleggsfase 2.

### ***Natt***

Grenseverdien om natten (23-07),  $L_{pAeq8h} \leq 45$  dBA vil være tilfredsstillende med avstander større enn 45 m mellom bolig og tunnelmunningen/viftens inntaksrist. Det er kun tunnelvifta som er støykilde.

### **Vurderinger for alternativet øst for Langhus, dyp linje uten dagsone**

#### *Bekkelaget*

Riggområdet vil bli plassert vest for Bekkelaget kloakk- og renseanlegget og benytter første delen av ny tunnel for Midgardsormen prosjektet. Tverrslag etableres ca. 200 m inne i denne nye tunnelen. Støyeksponeringen fra riggområdet berører for det meste nærliggende næringsbygg og Nedre Bekkelaget skole (med avstand < 200 m til riggområdet).

Massetransport / anleggsvei mot syd på offentlig vei, vil evt. gi litt økning av støynivå for boliger inntil Ormsundveien. Hele området er allerede utsatt for aktiviteter fra containerhåndtering i havneanlegget mot nord og vest, samt trafikkstøy fra Mosseveien og fra jernbane mot øst.

#### *Furubråtveien.*

Anleggsfase 1: Overskridelse av grenseverdi for boliger nord og syd for riggområdet – Mosseveien, samt boliger øst for Furubråtveien ca. 150-200 m fra riggområdet. Disse boligene er allerede utsatt for støy fra eksisterende jernbane og Mosseveien.

Anleggsfase 2 og 3: Boliger med avstand < 45 m til riggområdet/tunnelviftens inntaksrist vil være utsatt for støy.

<p style="text-align: center;"><b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b></p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 37 av 44</p>
--	--	--

### **Bjørnerud industriområde (Ljabruveien).**

Nærmeste bebyggelse er næringsbygg. For Bjørnerud rehabiliteringssenteret vil det være støymessig kritisk med avstand ned mot 40 m til riggområdet. Det er stor sannsynlig at støygrensene for anleggsfasene 1, 2 og 3 vil være overskredet med denne avstanden.

Plassering av tunnelviftens inntaksrist, samt evt. støyreduserende tiltak vurderes i neste fase, spesielt rettet mot rehabiliteringssenteret.

Anleggsfase 1: Det er mulig overskridelser av grenseverdi for boliger vest for riggområdet med avstand < 200m (Nebbejordet).

Anleggsfase 2 og 3: Ingen boliger har avstand til riggområdet nærmere enn 50 m. For Bjørnerud rehabiliteringssenteret, se overnevnte.

#### *Åsland.*

Ingen bebyggelse innenfor 200m.

#### *Taraldrud.*

Ingen bebyggelse innenfor 200m.

#### **Vevelstad (Berghagen sør).**

Nærmeste bebyggelse er næringsbygg mot nord (Berghagen industriområde).

Anleggsfase 1: Det er mulig overskridelser av grenseverdi for boliger sydøst for riggområdet med avstand < 200m (Lyngåsen). Mot syd ligger Haugjordet skole ca. 220-300m fra riggområdet. Grenseverdien utenfor skolens fasade på 50 dBA (både dag og kveld) kan være overskredet når det foregår støyende aktiviteter i riggområdet syd for tunnelåpningen.

Anleggsfase 2 og 3: Ingen boliger har avstand til riggområdet eller tverrslag nærmere enn 50 m.

#### *Roås*

Nærmeste bebyggelse er Langhusveien 85 øst for riggområdet og Langhusveien 80 A-B og C sydvest for riggområdet (vest for eksisterende jernbane).

Anleggsfase 1: Det er overskridelser av grenseverdi for disse boligene med avstand < 100m. Disse boligene er i dag utsatt for støy fra Langhusveien (Riksveg 152) og eksisterende jernbane (nord for Ski stasjon).

Anleggsfase 2 og 3: Ingen boliger har avstand til riggområdet eller tverrslag nærmere enn 50 m.

Andre områder med mye anleggsaktivitet

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 38 av 47		

Foruten anleggsvirksomhet i forbindelse med tverrslagene, bør følgende områder vurderes for støy fra bygge- og anleggsvirksomhet i neste fase:

Riggområdet ved profil 19,1 km ved krysset Vevelstadveien og Sloraveien.

## **Støy fra driving av tunnel**

### **Støyende arbeidsoperasjoner**

*Tunneldriving med konvensjonell drivemetode (boring og sprengning)*

Støy fra konvensjonell driving av tunnelen er knyttet opp mot støyende arbeider i tunnelen som generer strukturlyd. Dette er spesielt boring, pigging og graving.

Lydnivået fra denne type aktivitet kan variere mye. For bygninger som er fundamentert på fjell over hovedtunnelen vil lydnivået kunne være klart hørbart og plagsom i en avstand på 75 - 100 meter.

Dersom bygningene er fundamentert på løsmasser mellom bygning og tunnel, vil problemet være langt mindre.

*Tunneldriving med tunnelboremaskiner (TBM)*

Også TBM-drift vil gi strukturlyd i byggefasen. Denne vil kunne variere en del.

Dette kommer blant annet av fjellets beskaffenhet og fundamenteringsløsninger for bygninger over tunnelen. Imidlertid vil fremdriften for TBM-maskinene (10-25 m pr. dag) gjøre at problemet vil være tidsbegrenset i forhold til sprengning.

Det er i denne fasen ikke gjort noen beregninger på strukturlyd fra TBM-maskiner, men det må påregnes at også denne drivemetoden vil få restriksjoner med hensyn til arbeidstid.

For bygninger som er fundamentert mot fjell over hovedtunnelen vil lydnivået kunne være klart hørbart og plagsomt i en avstand på 100 – 150 meter. Her vil det være behov for innhenting av mer utførlig dokumentasjon på generert støy ved bruk av TBM-maskiner. I tillegg må man se på hastigheten på tunneldrivingen og dermed vurdere hvor lenge hvert enkelt hus er utsatt for strukturlyd fra denne aktiviteten. Dette må utføres i neste planfase.

Dersom bygningene er fundamentert på løsmasser mellom bygning og tunnel, vil problemet være langt mindre.

### **Vurdering av støytiltak ved driving av hovedtunnel**

Det er få støyreducerende tiltak som er effektive i forhold til den aktiviteten som skal foregå. Avbøtende tiltak i form av begrensninger i tid for støyende arbeider er den

<p style="text-align: center;"><b>Follobanen Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport Støy, vibrasjoner og rystelser</b></p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 39 av 44</p>
--	--	--

mest aktuelle. Maskinell pigging utføres med dagens tunneldrivepraksis for kontroll og rensk av "løst" berg etter hver salve. Dette utføres i heng, vegger og på hele stoffen (tunnelfronten).

Pigging som drivemetode utføres som regel kun i svakt berg (for Follobanen kan dette være aktuelt i svakhetssoner eller i skiferbergarter ved Gamlebyen). I slike tilfeller er berget ofte leiromvandlet og det er begrenset både hvor mye strukturstøy som genereres og som kan overføres. Pigging kan i slike tilfeller være å anbefale bl.a av bergstabilitetsårsaker.

Pigging som drivemetode i hardt fjell utføres ikke pga begrenning i utstyr (hard slitasje) og lav inndrift. For strekninger av tunnelen der det ikke er boliger over tunnelen, er det ikke behov for støyreducerende tiltak eller begrensninger på drivetid. Der hvor det er boliger over tunnelen må det ikke foregå støyende aktiviteter i tidsrommet fra kl. 23:00 til kl. 07:00. Dette gjelder både ved konvensjonell drivemetode og ved bruk av tunnelboremaskin. Begrensninger i drivetid må inkluderes med egne bestemmelser i kontrakt med valgt entreprenør.

<p style="text-align: center;"><b>Follobanen</b> Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport</b> Grunnforhold</p>	<p>Dok nr: UOS00-A 0-36105 Rev nr : 00-A Dato: 20.10.2010 Side: 40 av 36</p>
--	--	--

## 8. KONSEKVENSER AV ØKT GODSTRAFIKK PÅ ØSTFOLDBANEN

Når Follobanen er tatt i bruk vil det teoretisk være mulig å kjøre godstog på den. Særlig nattetid vil det være god kapasitet. Tog som skal videre vestover gjennom Oslo-tunnelen vil kunne benytte denne.

De fleste godstog skal imidlertid til/fra Alnabru eller lenger nordover. Disse godstogene må benytte Østfoldbanen inntil Bryndiagonalen mellom Follobanen og Hovedbanen er bygget. Det er i praksis ikke mulig å kjøre disse togene om Oslo S for så å benytte Follobanen. Antall godstog på Østfoldbanen kan derfor bli merkbart mye større. Jernbaneverket har ambisjoner om en dobling av godstransport på bane innen 2020, og en stor andel av denne økningen vil belaste Østfoldbanen. Mye av denne trafikkøkningen vil også kunne komme på nattetid.

Det er derfor gjort en beregning av hva etablering av Bryndiagonalen vil bety miljømessig for omgivelsene langs Østfoldbanen. Miljømessig betyr i denne sammenheng redusert støybelastning.

### Beregningsforutsetninger

Beregningsmessig er det lagt til grunn den trafikkutvikling som er omtalt under Jernbaneverkets premisser i kap. A.2.4. Denne tilsier at det i 2025 vil gå nær det samme antall tog på Østfoldbanen som i dag:

- Av dagens ca 270 tog/døgn er det 17 godstog.
- Av 243 tog/døgn i 2025 er det 33 godstog dersom Bryndiagonalen er bygget. Disse godstogene forutsettes å benytte Østfoldbanen på dagtid.

Dersom Bryndiagonalen ikke er etablert vil det beregningsmessig komme 15 godstog/døgn i tillegg på Østfoldbanen (overført fra Follobanen). I Jernbaneverkets forutsatte togtall for 2025 vil disse gå på nattetid.

De miljømessige konsekvenser av endret togtrafikk på Østfoldbanen er beregnet for tre ulike situasjoner i 2025. Beregningsmessig er det lagt til grunn det samme totale antall godstog i alle tre situasjoner:

*1 - Referansesituasjonen – dvs en fremskriving av dagens trafikk på Østfoldbanen under forutsetning av at Follobanen ikke bygges. Dette betyr en økning i togkapasitet på Østfoldbanen for å ivareta trafikkvekst. Det innebærer også at antall godstrafikktoget øker på Østfoldbanen.*

*2 - Follobanen er bygget, Bryndiagonalen er ikke bygget. Dette betyr at det går færre persontrafikktoget på Østfoldbanen. Lokaltogene går på Østfoldbanen, mens regionale og fjerntog går Follobanen. Godstog som skal til Alnabru og videre nordover må følge Østfoldbanen. Godstog som skal vestover kan følge Follobanen. Begge baner har kapasitet til godstog.*



<p style="text-align: center;"><b>Follobanen</b> Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</p>	<p style="text-align: center;"><b>Temarapport</b> Støy, vibrasjoner og rystelser</p>	<p>Dok nr: UOS00-A-36092 Rev nr : 00-A Dato: 29.03.2011 Side: 41 av 44</p>
--	--	--

3 – Follobanen er bygget, Bryndiagonalen er bygget. Persontogopplegg blir som for situasjon 2, mens alle godstog teknisk sett kan følge Follobanen. I rushtid har Follobanen plass bare til ett godstog pr. time, utenom rushtid to godstog pr. time. Dersom det skal gå flere godstog enn dette må de overskytende følge Østfoldbanen. Alle godstog som går på nattetid vil gå på Follobanen.

### Konsekvenser

Beregningene viser at:

- (1) Referansesituasjonen medfører en økt støybelastning på 0,5 -1 dB  $L_{DEN}^1$  i forhold til dagens situasjon. Denne økningen er ikke hørbar.
- (2) Follobane uten Bryndiagonalen gir en støyreduksjon for Østfoldbanens omgivelser på ca 1 dB  $L_{DEN}$  i forhold til referansesituasjonen. At reduksjonen ikke er større skyldes bl.a. godstogene som fortsatt går på Østfoldbanen.
- (3) Follobane med Bryndiagonalen gir en støyreduksjon for Østfoldbanens omgivelser på ca 6 dB  $L_{DEN}$  i forhold til referansesituasjonen. Denne reduksjonen er godt hørbar.

Det er også beregnet endringer i støy på nattetid. I situasjon (1) og (2) går godstog på Østfoldbanen nattetid dvs. mellom kl 23 og 07. Når Bryndiagonalen er bygget kan alle godstog gå Follobanen nattetid. Da er bare lokaltogene tilbake etter kl 23 og før kl 07.

- I (1), Referansesituasjonen øker nattestøyen med 3,5 dB  $L_N$  i forhold til dagens situasjon. Dette er en godt hørbar endring.
- I (2), Follobanen uten Bryndiagonalen, reduseres støyen med 0,7 dB  $L_N$  i forhold til (1).
- I (3), Follobanen med Bryndiagonalen, reduseres støyen med 9,4 dB  $L_N$  i forhold til (1).

Det blir følgelig en betydelig reduksjon i støynivået langs Østfoldbanen på nattetid med utbygd Bryndiagonal.

Den støy som forstyrrer nattetid er maksimalstøyen fra hver togpassering. Maksimalstøyen beregnes vanligvis for å vurdere behov for isolasjonstiltak i den enkelte bygning. Det er ikke beregnet isolasjonstiltak i denne utredningen.

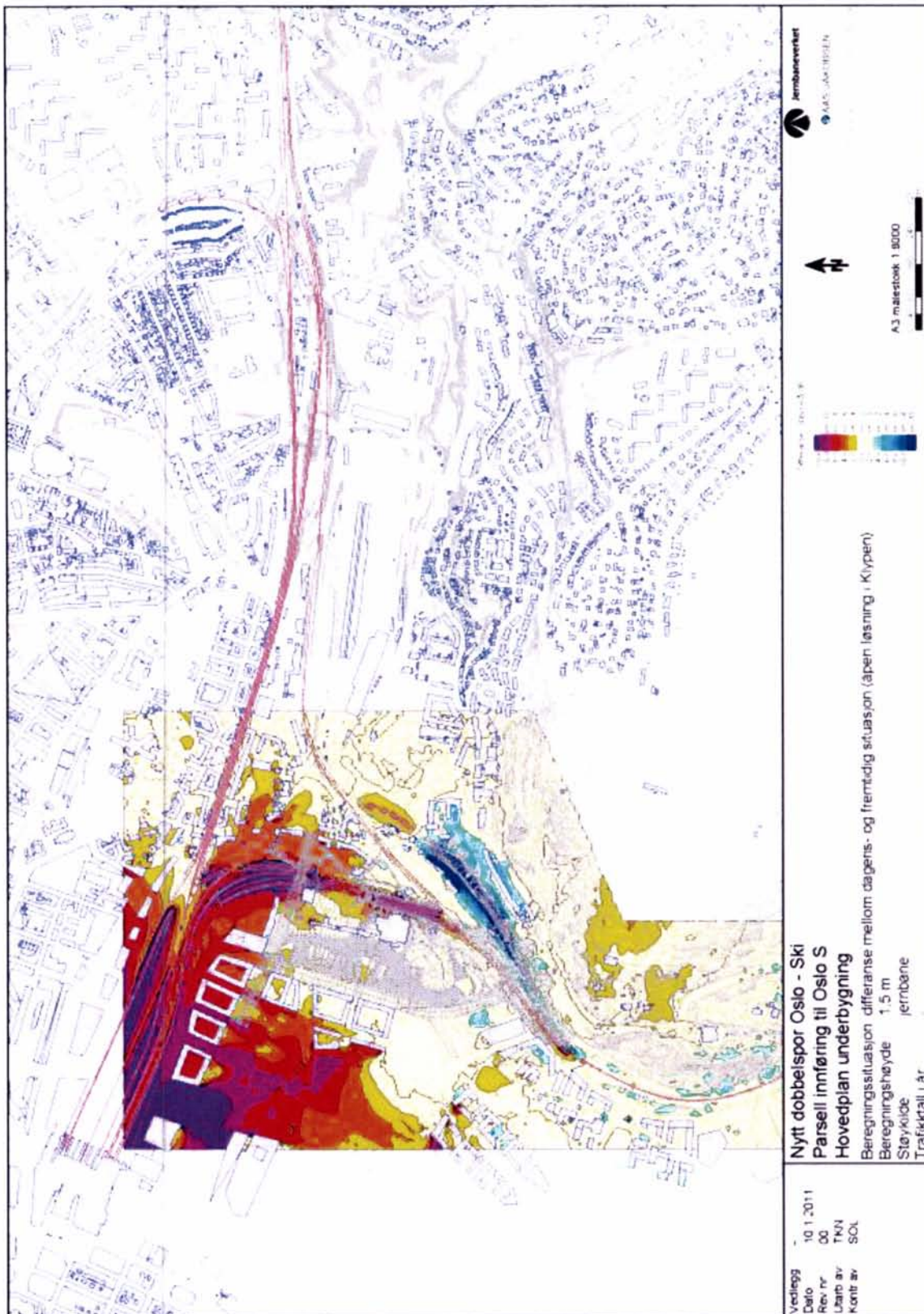
<sup>1</sup>  $L_{den}$  er en vektet gjennomsnittsstøynivå over døgnet hvor støkkilder på kveld og natt gis ett tillegg på hhv 5 og 10 dBA. Dvs støy på kveld og natt veier mer enn støy på dagtid.

Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr : 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 42 av 47		

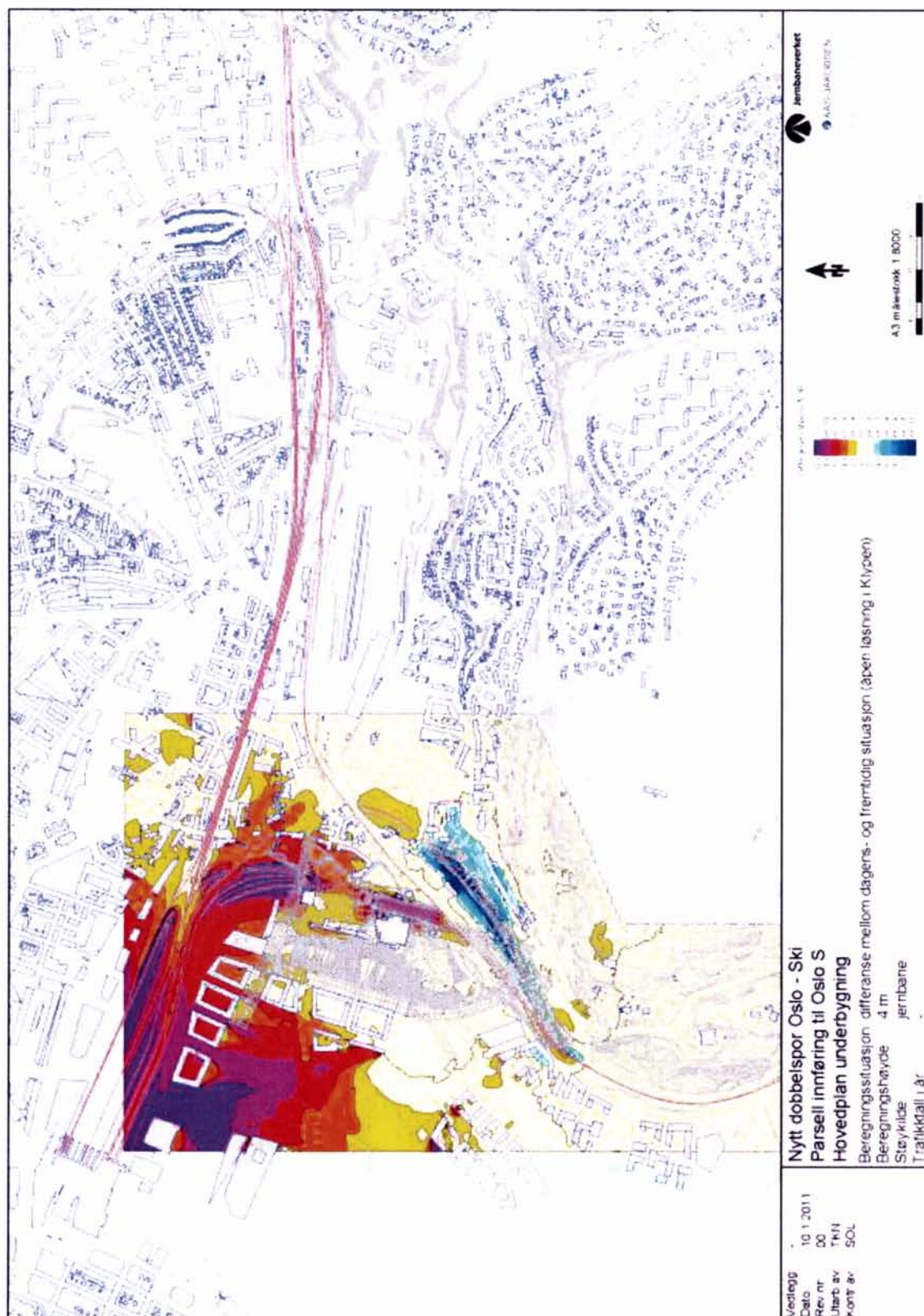
## **VEDLEGG**

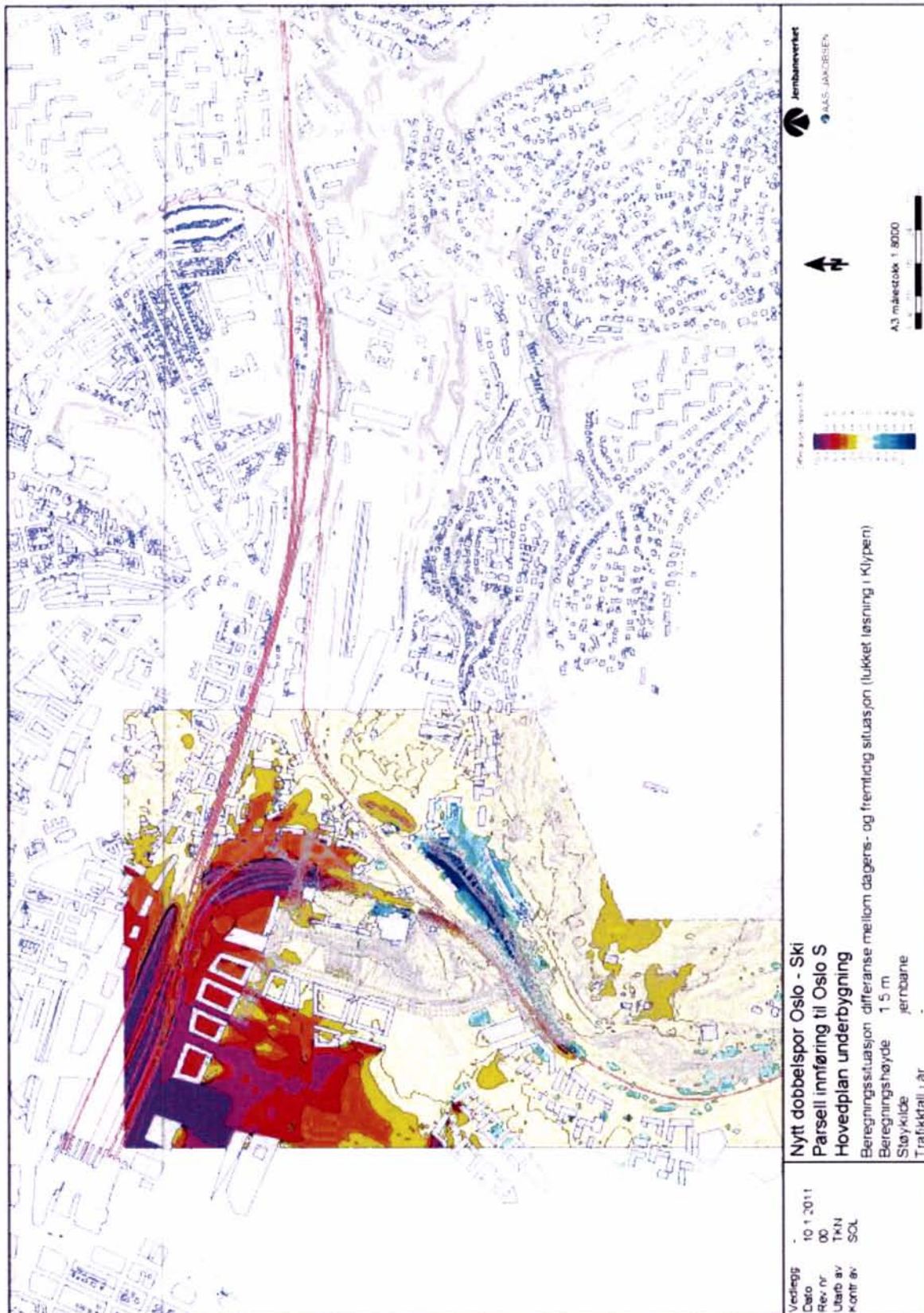
Differanseplott støy i Gamlebyen

Støysonekart Ski nord

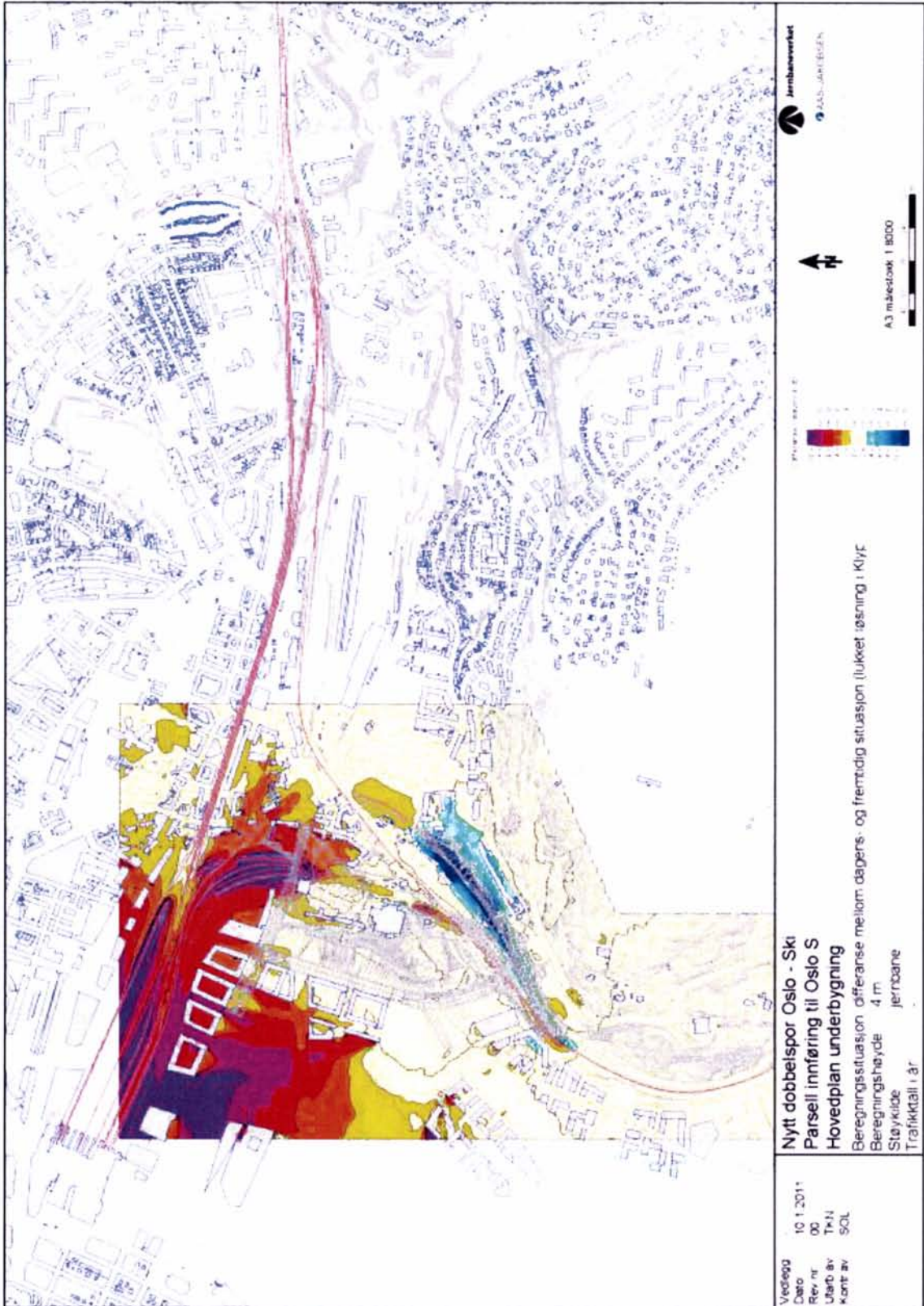


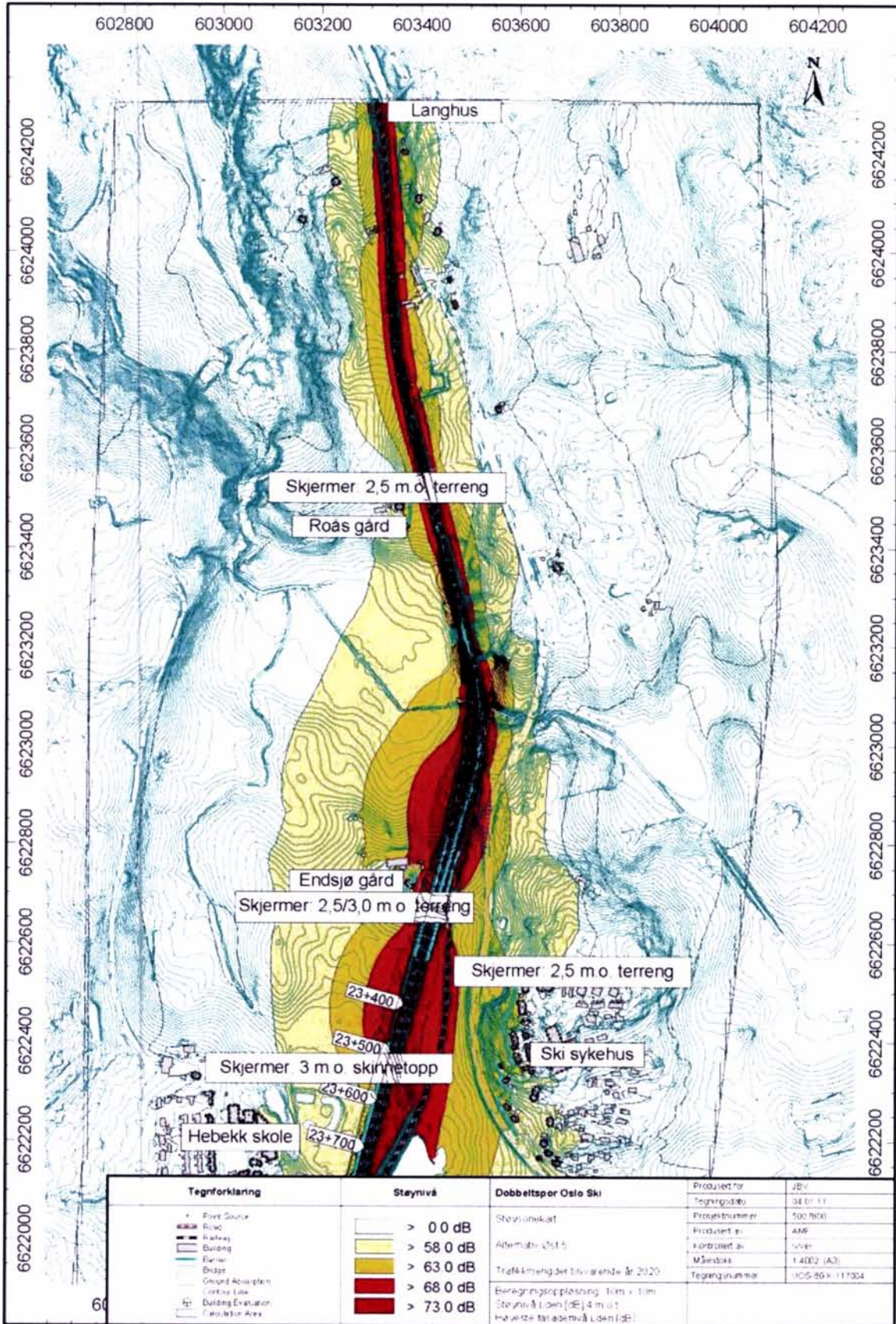
Dok nr:	UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr :	00-A		
Dato:	29.03.2011		
Side:	44 av 47		

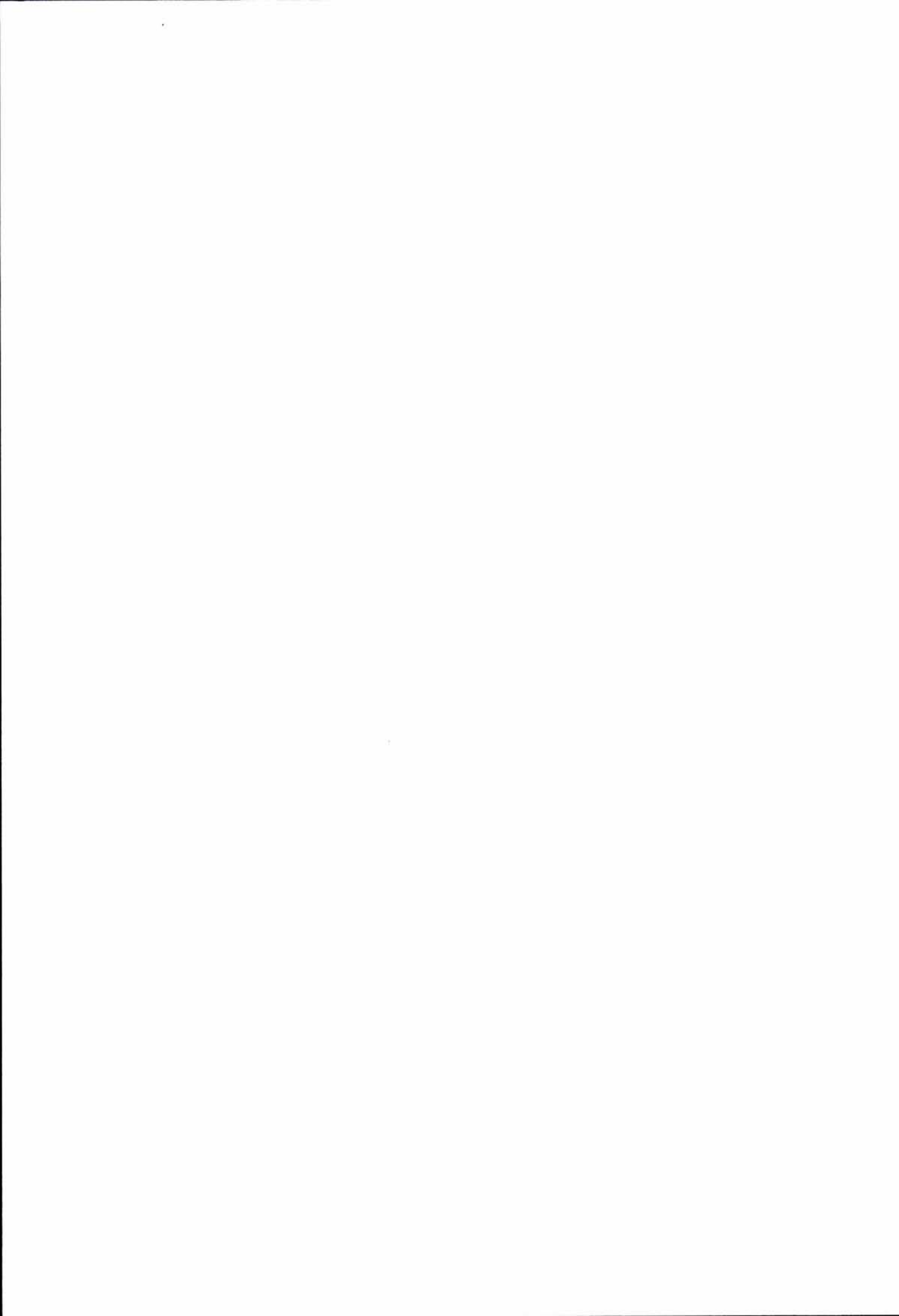




Dok nr: UOS00-A-36092	<b>Temarapport</b> <b>Støy, vibrasjoner og rystelser</b>	<b>Follobanen</b> <b>Nytt dobbeltspor Oslo – Ski</b>
Rev nr: 00-A		
Dato: 29.03.2011		
Side: 46 av 47		





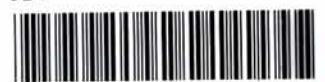






Jernbaneverket  
Biblioteket

JBV



11TU00651