



## Til reguleringsplaner

### Dovrebanen (Eidsvoll) - Hamar

### Eidsvoll - Kråkvål

### Støy og vibrasjoner




03A	Reguleringsplan	6.6.2012	TBL/TKN	SOL	PME
02A	Reguleringsplan	1.6.2012	TBL/TKN	SOL	PME
01A	Reguleringsplan	16.4.2012	TBL/TKN	SOL	PME
00A	Reguleringsplan	6.2.2012	TBL/TKN	SOL	PME
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Tittel: <b>Dovrebanen (Eidsvoll) - Hamar Eidsvoll - Kråkvål km 67,000 – 74,300 Støy og vibrasjoner</b>		Antall sider <b>25</b>	Aas-Jakobsen/Brekke & Strand		
		Produsent	<b>Aas-Jakobsen/Brekke &amp; Strand</b>		
		Prod.tegn.nr.			
		Erstatning for			
		Erstattet av			
Prosjekt: Parsell:	Nytt dobbeltspor Eidsvoll – Hamar Hovedplan Eidsvoll-Langset	Dokument-/tegningsnummer: <b>UEH-10-A-55115</b>	Revisjon: <b>03A</b>		
<b>Jernbaneverket</b>		Drifts dokument-/tegningsnummer: <b>NA</b>	Revisjon drift: <b>NA</b>		

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 2 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	--

## Signaturside for bruk av underkonsulenter

Som verifikasjon av at egenkontroll og sidemannskontroll er utført skal denne side i tillegg til forsiden signeres og oversendes skannet til 11058Dovrebanen@aaj.no.

Med underskriften under bekreftes det at egenkontroll og sidemannskontroll er utført og at kontrolldokumentasjon er arkivert.

	Navn	Signatur
Utarbeidet av: Egenkontroll utført	Trond Blesvik/ Tore Fodnes Killengreen	
Sidemannskontroll:	Sigmund Olafsen	
Godkjent av Disiplinleder:	Tore Fodnes Killengreen	

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 3 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	--

<b>1</b>	<b>SAMMENDRAG</b>	<b>5</b>
1.1	Luftlyd	5
1.2	Vibrasjoner og strukturstøy	5
<b>2</b>	<b>BAKGRUNN</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>METODE</b>	<b>7</b>
3.1	Beskrivelse av beregningsmetoden	7
3.2	Valg, avgrensning og forutsetninger	7
3.3	Usikkerhet	8
<b>4</b>	<b>BESKRIVELSE AV STØY OG VIBRASJONER/ STRUKTURSTØY</b>	<b>9</b>
4.1	Oppfatning av lyd	9
4.2	Oppfatning av vibrasjoner og strukturstøy	9
<b>5</b>	<b>GRENSEVERDIER</b>	<b>11</b>
5.1	Benevnelser for lydnivå	11
5.2	Retningslinje T-1442	11
5.2.1	Støysoner i arealplaner	11
5.2.2	Retningslinjer ved etablering av ny støyende virksomhet	11
5.2.3	Stille områder – friluftsområder	12
5.3	TEK	12
5.5	Bygge- og anleggsperiode	13
5.5.1	Retningslinje T-1442	13
5.5.2	Driftstid	13
5.5.3	Grenseverdier	13
<b>6</b>	<b>STØY I BYGGE- OG ANLEGGSPERIODE</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>BEREGNINGSGRUNNLAG</b>	<b>15</b>
7.1	Geometri	15
7.2	Trafikkdata	15
7.2.1	Jernbane	15
7.2.2	Vei	16
<b>8</b>	<b>RESULTAT</b>	<b>17</b>
8.1.1	Dagens situasjon	17
8.1.2	Fremtidig situasjon uten tiltak	17
8.1.3	Fremtidig situasjon med tiltak	17
8.1.4	Vurdering av tiltak	18
8.1.5	Støy på Vorma	18
8.1.6	Forkastede tiltak	19
8.2	Berørte bygninger	20
<b>9</b>	<b>VIBRASJONER OG STRUKTURSTØY</b>	<b>21</b>
9.1	Forklaring av begrepene støy, vibrasjoner og strukturstøy	21
9.2	Beskrivelse av parsellen	21
9.3	Grenseverdier	22
9.3.1	Grenseverdier for vibrasjoner	22
9.3.2	Grenseverdier for strukturstøy	22
9.4	Vurdering av vibrasjoner	23
9.4.1	Beregningsmetode	23
9.4.2	Forventede vibrasjonsverdier i boliger og fritidsbebyggelse	23
9.4.3	Mulige tiltak mot vibrasjoner	24
9.5	Vurderinger av strukturstøy	24
9.5.1	Beregningsmetode	24
9.5.3	Mulige tiltak mot strukturstøy	25
9.6	Tiltak mot vibrasjoner og strukturstøy	25

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 4 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	--

## VEDLEGGSLISTE

- UEH-10-X-55001\_02A:** Eidsvoll – Kråkvål: Dagens situasjon km 68,000-71,400 - Støysonekart
- UEH-10-X-55002\_02A:** Eidsvoll – Kråkvål: Dagens situasjon km 71,400-74,800 – Støysonekart
- UEH-10-X-55003\_02A:** Eidsvoll – Kråkvål: Fremtidig situasjon km 68,000-71,400 – Støysonekart
- UEH-10-X-55004\_02A:** Eidsvoll – Kråkvål: Fremtidig situasjon km 71,400-74,800 – Støysonekart
- UEH-10-X-55005\_02A:** Eidsvoll – Kråkvål: Fremtidig situasjon med tiltak km 68,000-71,400 – Støysonekart
- UEH-10-X-55006\_02A:** Eidsvoll – Kråkvål: Fremtidig situasjon med tiltak km 71,400-74,800 – Støysonekart
- Vedlegg til rapport:** Tabell med berørte bygg

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 5 av 25
		Dok.nr: UEH-10-A-55115
		Rev.: 03A
		Dato: 1.6.2012

## 1 SAMMENDRAG

Denne rapporten gir en beskrivelse av det arbeidet som er gjort for å vurdere fremtidig støybelastning, vibrasjoner og strukturstøy ved bygging av Dovrebanen på strekningen fra Eidsvoll til Kråkvål. Rapporten gir en beskrivelse av utendørs støynivå etter at nytt baneanlegg er ferdigstilt. Trafikktall for år 2034 er lagt til grunn.

Denne rapporten omhandler:

- Beskrivelse av beregningsgrunnlaget for luftoverført støy og grenseverdier som er lagt til grunn for vurdering av støyreducerende tiltak.
- Beskrivelse av støybelastningen på strekningen fra Eidsvoll til Kråkvål i dagens og fremtidige situasjoner.
- Beskrivelse av effekten til mulige støyreducerende tiltak.
- Beskrivelse av tiltak mot vibrasjons og strukturstøy.

### 1.1 Luftlyd

Ny jernbane er planlagt med en betydelig økning i antall togmeter og en hastighetsøkning for persontog fra 100 km/t til 200 km/t. Som følge av dette vil flere hus ligge i gul- og rød støysone. Basert på beregningsresultatene anbefaler vi følgende tiltak (høyder relativt skinne overkant):

- 1,8 m høy skjerm ved km 67,730 – 69,485 øst for sporet.
- 5 m høy skjerm ved km 73,000 – 73,300 vest for sporet.
- 10 m høy støyvoll ved km 73,300 – 74,300 vest for sporet.

En sammenligning av støynivå for berørte boliger for dagens- og fremtidig situasjon med tiltak viser at antallet bygninger i gul og rød sone øker. Se tabell under:

		Helårsbolig	Fritidsbolig
Dagens situasjon	Gul sone	10	5
	Rød sone	2	2
Fremtidig situasjon med tiltak	Gul sone	60	8
	Rød sone	3	5

For trafikk på vendesporet er det vurdert at hastigheten vil være svært lav. Støy generert av trafikk på vendesporet vil være neglisjerbar i forhold til støy som genereres av togtrafikk på det nye dobbeltsporet og godstrafikk på Hovedbanen.

### 1.2 Vibrasjoner og strukturstøy

Anbefalte grenseverdier er for vibrasjoner:  $v_{w,95} = 0,3-0,6$  mm/s. Den laveste av de parvise grenseverdiene legges til grunn som en målsetning. Dette korresponderer med grenser i NS 8176. For strukturstøy anbefales det å legge  $L_{p,AF,max} = 37$  dB<sup>1</sup> til grunn som en målsetning.

Vi har målt vibrasjoner på to steder på parsellen der det må vurderes vibrasjoner og strukturstøy. På grunnlag av målingene og beregninger er anbefalt følgende tiltak for fritidsboliger:

- Km 73,55 – 73,7: 4 meter sprengsteinsfylling

Dersom fritidsboligene ved km 73,5-73,7 innløses vil det ikke være nødvendig med tiltak.

<sup>1</sup> Se kapittel 9.3.2.

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 6 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	--

## 2 BAKGRUNN

I forbindelse med reguleringsplanarbeidet for Dovrebanen mellom Eidsvoll og Kråkvål har Brekke & Strand Akustikk hatt ansvaret for vurdering av støy og vibrasjoner. Parsellen er delt opp slik at det er en reguleringsplan Eidsvoll-Kommersrud og en reguleringsplan Kommersrud-Kråkvål. Dette dokumentet behandler hele strekningen Eidsvoll-Kråkvål under ett.

Denne rapporten gir en beskrivelse av:

- Beregninger som er gjort av luftoverført støy for fremtidig situasjon, år 2034
- Støyreducerende tiltak som er foreslått på strekningen.
- Beregninger av støybelastningen i dagens situasjon, år 2010
- Vurdering av vibrasjoner og strukturstøy til eksisterende bebyggelse for fremtidig situasjon og forslag til tiltak
- Vurdering av vendesporets bidrag til den totale støysituasjonen

<b>Dovrebanen</b> <b>Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 7 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	--

### 3 METODE

#### 3.1 Beskrivelse av beregningsmetoden

Beregningsmetoden tar utgangspunkt i trafikk sammensetningen på stedet. Faktorer som spiller inn for beregningen er type og antall kjøretøy/ togmeter i tillegg til hastighet. Som utgangspunkt brukes vanligvis forventet trafikk 10 år fram i tid. Ut fra dette beregnes en utgangsverdi for støy i 10 meters avstand fra vei. Beregningene gjøres for ekvivalentnivå ("gjennomsnittlig" støynivå). I tillegg beregnes  $L_{den}$  som vektet støynivå etter tid på døgnet ettersom støy på kveld og natt anses som mer sjenerende enn støy på dagtid.

Beregninger gjøres for alle eiendommer der det er støyfølsom bebyggelse og presenteres i støysonekart i faste høyder over terreng. Beregningene gjøres med dataprogrammer<sup>2</sup> som bruker digitale kart over området samt data for den eksisterende eller prosjekterte jernbanen. I beregningene tas det hensyn til følgende faktorer:

##### Avstand fra veien/ jernbanen

Støynivået avtar med økende avstand fra veien. For veitrafikkstøy vil beregnet støynivå noen ganger være høyere enn det som kan måles i ettertid.

##### Refleksjoner

Reflekser fra vann, harde flater eller bygninger regnes med. Refleksjoner fra egen fasade regnes ikke med ved fasadeberegninger.

##### Markdempning

Hvis det er gress eller skog mellom veien og mottakeren, kan dette medføre noe redusert støynivå. Dette er med i beregningsmodellen.

##### Siktforhold og skjerming

Det tas hensyn til hvor mye man ser av veien eller jernbanen. Der det ikke er fri sikt til støykilden, blir det automatisk lagt inn skjerming på samme måte som for en kunstig skjerm eller voll. Skjermdempning regnes maksimalt til 20 dB reduksjon i støynivå.

##### Beregningsusikkerhet

Beregningsusikkerheten for Nordisk beregningsmetode for støy fra skinnegående trafikk er oppgitt til +/- 3 dB ved korte avstander til vei/jernbane og ved oversiktlige terreng- og skjermingsforhold.

#### 3.2 Valg, avgrensning og forutsetninger

##### Beregningsforutsetninger:

Støyberegningene er utført i henhold til Nordisk beregningsmetode for støy fra skinnegående trafikk. Støybelastningen er vist som  $L_{den}$  4 meter over terreng. For situasjoner hvor det er vurdert støyskjermingstiltak er støybelastningen også vist som  $L_{den}$  2 meter over terreng. I 4 meters høyde vil tiltakene ha begrenset effekt. Beregninger i 4 meters høyde vil ikke gi et representativt støynivå på uteareal, men brukes som utgangspunkt for dimensjonering av støyskjermer.

Inngangsdata i beregningsprogrammet er antall togmeter og hastighet på de forskjellige togtypene i tillegg til digitalt kartgrunnlag i 3D.

Det er benyttet en beregningsoppløsning på 10x10 meter ved støykoter og 3x3 m ved tiltaksvurdering.

<sup>2</sup> De mest brukte beregningsprogrammene er Soundplan og CadnaA.

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 8 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	--

#### Støyutsatte boliger:

Det er telt antall boliger som ligger støyutsatt langs traséen. Det er beregnet støynivå ved fasade for boliger som har et støynivå tilsvarende nedre grenseverdi for gul støysone og høyere. Det er beregnet støynivå i høyder som tilsvarer 1. og 2. etasje.

#### Støy fra vei:

Det er kun vurdert støybelastning fra jernbane. Støy fra vei vil bli vurdert i neste planfase. Endringer i veinett og årsdøgnstrafikk (ÅDT) er ikke fastsatt ennå.

#### Markdemping, refleksjoner:

Det er beregnet med akustisk hard mark for vann og myk mark for resterende arealer. Det er ikke inkludert støybidrag fra refleksjoner ved fjellskjæringer da effekten vil være neglisjerbar.

### **3.3 Usikkerhet**

#### Vurdering av støysonekartene:

Støysonekartene kan ikke brukes til detaljvurderinger for små områder. For eksempel kan det virke som at støynivået øker/ minker i enkelte små detaljområder uten at dette er tilfelle. Dette kan skyldes unøyaktigheter i terrengmodellen og begrenset oppløsning i detaljer.

#### Beregningsusikkerhet:

Det vurderes å være en usikkerhet i beregningsresultatet på  $\pm 3$  dB. Usikkerheten skyldes usikkerhet rundt inndata (a- og b-verdier), hastighet og unøyaktigheter i terrengmodelleringen.

#### Hastighet for jernbane:

I beregningsmodellene er det lagt inn høyeste tillatte hastighet langs strekningen. Dette vil i utgangspunktet gi en konservativ beregning. Dermed tas det til en viss grad hensyn til økt sjenanse som følge av eventuelle bremseskrik, kurveskrik og andre ting som ikke dekkes i beregningsmodellen.

Det tas ikke høyde for oppbremsing og akselerasjon inn og ut av togstasjoner. Erfaringsmessig vil beregninger med bruk av høyeste hastighet på strekninger gi litt for høye verdier.

#### Togtyper:

For togtrafikk er det lagt inn togtyper som man per i dag kjenner a- og b-verdiene for. Disse verdiene er gyldig innenfor et gitt hastighetsområde og vil gi en viss usikkerhet for situasjonen i år 2034 på grunn av endringer i togmateriell og eventuelle nye data som gir endringer i a- og b-verdiene.



Dovrebanen Eidsvoll - Hamar	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 9 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--------------------------------	----------------------------	--

## 4 BESKRIVELSE AV STØY OG VIBRASJONER/ STRUKTURSTØY

### 4.1 Oppfatning av lyd

Lydnivå er en objektiv faktor som kan dokumenteres ved målinger og beregninger, og som myndighetene har satt grenseverdier til. Opplevelse av lyd er imidlertid en subjektiv faktor, som vil oppleves forskjellig fra person til person. Tilsvarende er terskelen for støysjenanse varierende. Man kan forvente at 10 % av berørte personer vil kunne føle sjenanse med de grenseverdiene som er satt til støy i dag.

I hvilken grad en person vil føle seg plaget av et bestemt støynivå er avhengig av hvilken kilde som produserer støyen. Ved høye lydnivåer er veitrafikk den nest mest plagsomme støykilden (flystøy er mer plagsomt), mens jernbane er den minst plagsomme støykilden<sup>3</sup>.

Det er i Tabell 1 listet opp hvordan reduksjon i dB-verdi kan oppleves<sup>4</sup>.

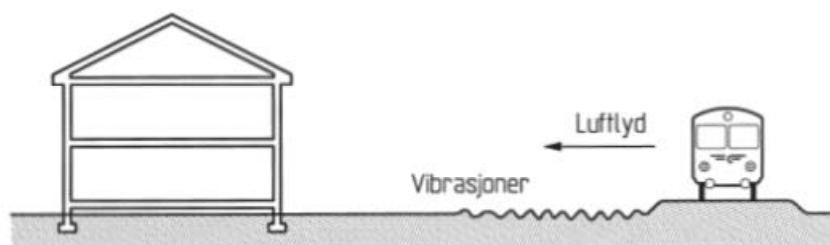
**Tabell 1: Opplevd virkning av reduksjon i dB-verdi.**

Reduksjon (dB)	Forbedring/ nivåforskjell
Ca 1	Lite merkbar
2-3	Merkbar
4-5	Godt merkbar
5-6	Vesentlig
8-10	Oppfattes som en halvering/ dobling av lydnivået

Hvilken holdning man har til støykilden, det være seg reduksjon av utsikt eller økning i kjøretøypasseringer, kan påvirke opplevelsen av støy uavhengig av de generelle anvisningene som er gitt i tabellen over. Det må i tillegg kommenteres at selv om en endring i lydnivå på 1-2 dB kan karakteriseres som "knappt merkbar" vil man kunne oppleve støybelastningen som annerledes enn tidligere. Dette fordi for eksempel en ny refleksjon eller endringer i terreng kan medføre en endring i lydets karakteristikk (frekvensspekter). Dette kan oppleves som mer sjenerende uten at det er en reell nivåøkning

### 4.2 Oppfatning av vibrasjoner og strukturstøy

Når togene passerer vil det overføres vibrasjoner fra hjulene ned i skinnene, og videre via sviller og ballast til bakken. I bakken vil vibrasjonene forplantes bort til der man står, og kroppen kan føle vibrasjoner eller rystelser. Hvis man står inne i en bygning inntil banen, vil vibrasjonene på gulvet ofte være kraftigere enn i tilsvarende avstand på bakken utenfor.



**Figur 1: Vibrasjoner og luftlyd mot bolig fra passering av jernbane.**

Det er vibrasjonene med lave frekvenser man føler som rystelser. Det vil også overføres vibrasjoner med høyere frekvenser, og disse gir trykkvariasjoner i luften, som gir avstråling av støy. Denne støyen kalles strukturstøy. Når togene passerer i tunneler vil det overføres vibrasjoner opp til overflaten, som avstråler strukturstøy. Denne vil på grunn av annen støy normalt ikke være hørbar utendørs. Hvis det imidlertid kommer bygninger over eller

<sup>3</sup> [http://www.ssb.no/emner/01/notat\\_200443/notat\\_200443.pdf](http://www.ssb.no/emner/01/notat_200443/notat_200443.pdf), 10. mai 2012.

<sup>4</sup> Sintef byggforsk Byggdetalj 421.421 Grenseverdier for innendørs og utendørs lydnivåer, tabell 14.

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 10 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	---

inntil tunnelen, vil strukturstøyen forsterkes inne i rommene i forhold til utendørs, og vil ved korte avstander til tunnelen være godt hørbart og kan gi sjenanse.

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 11 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	---

## 5 GRENSEVERDIER

### 5.1 Benevnelser for lydnivå

Lydnivå angis med ulike benevnelser. Nedenfor er enkelte av de ulike benevnelserne listet opp sammen med en kort forklaring. Alle benevnelser som er benyttet i dette dokumentet er definert nedenfor.

**Tabell 2: Benevnelser for lydnivå.**

Benevnelse	Kort forklaring
$L_{den}$	A-veiet ekvivalent lydnivå for dag - kveld - natt (day-evening-night) med 5 dB / 10 dB ekstra tillegg på kveld/natt. Ekvivalentnivået gjelder støynivå midlet over år.
Hvit sone	En sone som angir områder med tilfredsstillende støyforhold. <sup>5</sup>
Gul sone	En vurderingssone, hvor støyfølsom bebyggelse kan oppføres dersom avbøtende tiltak gir tilfredsstillende støyforhold. <sup>5</sup>
Rød sone	Angir et område som ikke er egnet til støyfølsomme bruksformål, og etablering av ny støyfølsom bebyggelse skal unngås. <sup>5</sup>

### 5.2 Retningslinje T-1442

Miljøverndepartementets retningslinje for behandling av støy i arealplanlegging T-1442 skal legges til grunn ved behandling av planer og enkeltsaker etter plan- og bygningsloven. Et utdrag med aktuelle grenseverdier for dette prosjektet er gitt nedenfor.

#### 5.2.1 Støysoner i arealplaner

I retningslinjen er det definert grenseverdier for støysoner som gir føringer for planlagt arealbruk. Grenseverdiene er gitt i **Tabell 3**.

**Tabell 3: Kriterier for soneinndeling – angitt som frittfeltverdier**

Støykilde	Hvit sone - Sone for tilfredsstillende støynivå	Gul sone - Vurderingssone	Rød sone - Sone hvor støyfølsom bebyggelse skal unngås
	Utendørs støynivå $L_{den}$	Utendørs støynivå $L_{den}$	Utendørs støynivå $L_{den}$
<b>Vei</b>	< 55	> 55	> 65
<b>Bane</b>	< 58	> 58	> 68

I hvit sone gjelder følgende:

- Grenseverdiene gjelder i beregningshøyden som er aktuell for den enkelte boenhet.
- Grenseverdiene for uteplass må være tilfredsstillt for et nærområde i tilknytning til bygningen som er avsatt og egnet til opphold og rekreasjonsformål.

Retningslinjene angir grenser hvor inntil 10 % av befolkningen fremdeles vil kunne være sterkt plaget av støy. En del personer kan derfor være sterkt plaget av støy også utenfor gul sone.

#### 5.2.2 Retningslinjer ved etablering av ny støyende virksomhet

Kommunene bør så langt det er mulig ikke tillate etablering av ny støyende virksomhet som medfører at eksisterende bygninger blir utsatt for støynivåer som overskrider de anbefalte grenseverdiene i **Tabell 3**. Det samme gjelder for vesentlige endringer eller utvidelser av støyende virksomhet, som øker støynivåene merkbart (>3 dB) for eksisterende bygning med støyfølsomt bruksformål. Ambisjonsnivået i retningslinjen bør som

<sup>5</sup> Retningslinje T-1442 angir hva som er tilfredsstillende, se kap 5.2 for detaljert oversikt.

<b>Dovrebanen</b> <b>Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 12 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	---

hovedregel legges til grunn for gjennomføring av avbøtende tiltak i alle prosjekter der det kreves ny plan etter plan- og bygningsloven, eller der eksisterende plan må endres vesentlig.

Der ny støyende virksomhet etableres i rød eller gul sone for en eksisterende støykilde, kan det vurderes å tillate høyere grenseverdier enn de som er anbefalt i tabell 2, forutsatt at støyfølsom bebyggelse med støybelastning over de anbefalte grenseverdiene ikke blir utsatt for høyere sumstøy og/eller vesentlig høyere maksimalnivåer enn tidligere.

### 5.2.3 Stille områder – friluftsområder

Retningslinje T-1442 anbefaler kommuner om å kartlegge ”stille områder” samt at verdifulle ”stille områder” bør vernes mot nye støykilder. Områder som ikke er utpekt som ”stille områder” vurderes på lik linje med støyømfintlig bebyggelse (boliger, fritidsboliger, skoler m.v). Strandsoner og friluftsområder generelt vurderes derfor som vanlig støyømfintlig bebyggelse med de ordinære grenseverdier.

Det er ikke funnet noe om stille områder i Eidsvoll kommunes arealplan. Retningslinjens anbefalinger om stille områder er derfor kun tatt med til informasjon.

## 5.3 TEK

NS 8175 ”Lydforhold i bygninger – Lydklassifisering av ulike bygningstyper” er knyttet til Teknisk forskrift til Plan og bygningsloven med hensyn til tallfestede grenseverdier. Klasse C anses å tilfredsstillende forskriftenes minimumskrav til nye bygg.

Kravene gjelder ny bebyggelse som oppføres etter Plan- og bygningsloven. I forbindelse med etablering av ny støyende virksomhet anbefaler retningslinjen T-1442 at de samme grenseverdier legges til grunn for innendørs støynivå for berørt støyømfintlig bebyggelse<sup>6</sup>.

I oppholds- og soverom fra utendørs lydkilder:	$L_{pA,eq,24h}$	$\leq 30$ dB
I soverom fra utendørs lydkilder	$L_{pA,maks, natt, kl. 23-07}$	$\leq 45$ dB

Det er ikke vurdert innendørs støynivå i denne planfasen. Dette vurderes i byggeplanen.

---

<sup>6</sup> Det gjøres oppmerksom på at fritidsbygg ikke er nevnt i NS 8175. Det er ingen føringer i T-1442 om at anleggseier skal gjennomføre avbøtende tiltak for å redusere lydnivået inne i fritidsboliger.

Dovrebanen Eidsvoll - Hamar	Støy og vibrasjoner	Side: 13 av 25
		Dok.nr: UEH-10-A-55115
		Rev.: 03A
		Dato: 1.6.2012

## 5.5 Bygge- og anleggsperiode

### 5.5.1 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. Retningslinjene er et hjelpemiddel for:

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

### 5.5.2 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 ( $L_{Aeq07-19} \leq 55$  dB,  $L_{Aeq07-23} \leq 50$  dB,  $L_{pAeq23-07} \leq 45$  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.

### 5.5.3 Grenseverdier

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 4.

Tabell 4: Utendørs grenser for støy i anleggsfasen, T-1442.

Boligtype	Skole, barnehage	Boliger, fritidsboliger, pleieinstitusjoner		
	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	
7-12 mnd	54	59	54	1-2 uker $L_{pAeq23-07} \leq 50^{1)}$ $L_{AFmax}/L_{A1} \leq 65^{2)}$
13-24 mnd	52	57	52	
24 mnd -	50	55	50	> 2 uker $L_{pAeq23-07} \leq 45$ $L_{AFmax}/L_{A1} \leq 60^{2)}$

<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 statistiske maksimalnivået  $L_{A1}$  i stedet for  $L_{AFmax}$ . Ved bruk av  $L_{A1}$  vil maksimalnivået kunne overskrides i 1 % av tiden.

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.

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 14 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	---

## **6 STØY I BYGGE- OG ANLEGGSPERIODE**

Det er vurdert at det ikke er hensiktsmessig å beregne støy fra bygg- og anleggsarbeidet i denne fasen. Dette på grunn av at det foreløpig ikke finnes informasjon om arbeidsmetodikk og -utstyr, tidsbruk og arbeidstider.

Det gis innspill til et handlingsprogram som bør innarbeides i miljøoppfølgingsprogrammet. Et handlingsprogram bør inneholde en beskrivelse for å ivareta følgende punkter:

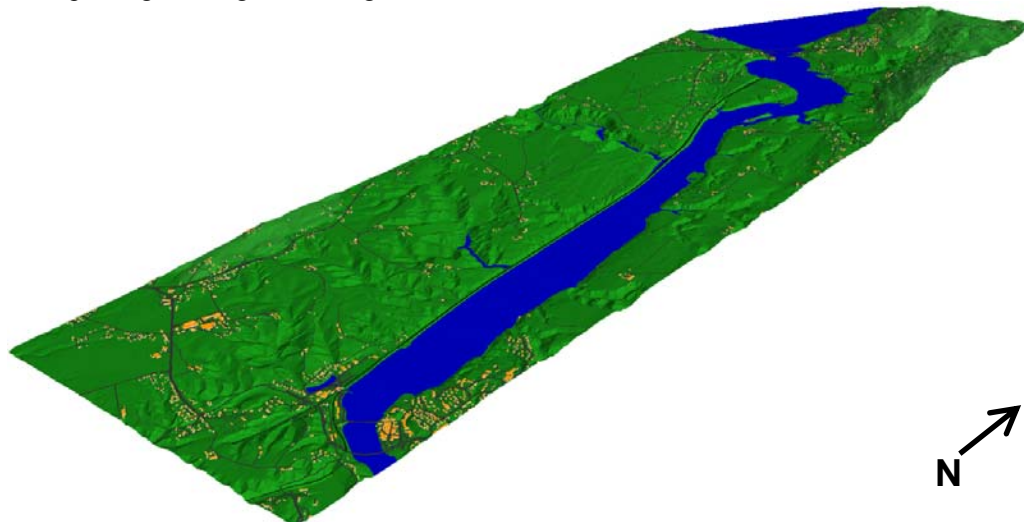
- Beregninger av forventet støy
- Informasjon og avtale med naboer
- Kontroll av støynivå ved bygge- og anleggsvirksomhet

Handlingsprogrammet må senest foreligge i løpet av arbeidet med byggeplanen.

## 7 BEREGNINGSGRUNNLAG

### 7.1 Geometri

Det er opprettet en 3D-beregningsmodell basert på eksisterende terreng og tegninger av planlagt ny trase, se eksempel i figur 2. Digitale kart og trådmodeller er innhentet fra ViaNova 21.5.2012.



Figur 2: 3D-modell av fremtidig terreng

### 7.2 Trafikkdata

#### 7.2.1 Jernbane

Tabellene under viser en oppsummering av hvilke trafikkdata som inngår i støyberegningene for dagens og fremtidig situasjon. Trafikkdata er innhentet fra Jernbaneverket. Som inngangsparameter for beregning av banestøy brukes gjennomsnittlig antall togmeter i døgnet. Trafikktall for dagens situasjon, år 2010, er vist i tabell 5.

Tabell 5: Trafikktall for dagens situasjon

Type	Antall tog			Lengde	Hastighet
	Dag	Kveld	Natt		
BM70	24	7	3	110	100 km/t
BM73	4	2	1	110	100 km/t
EL18	4	0	3	200	100 km/t
Gods el.	2	3	2	600	90 km/t
Gods diesel	2	3	4	150	90 km/t

Trafikktall for fremtidig situasjon, år 2034, er vist i tabell 6 og hastigheter er vist i Tabell 7. Trafikktallene er de samme som for parsellen Langset – Kleverud.

Tabell 6: Trafikktall for fremtidig situasjon

Type	Antall tog			Lengde
	Dag	Kveld	Natt	
BM70	48	14	6	110
BM73	8	2	0	110
EL18	0	0	2	200
Gods el.	24	8	16	600
Gods diesel	-	-	-	-

Økningen i godstrafikken vil være vesentlig og fører til at godstog er dimensjonerende.

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 16 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	---

**Tabell 7: Fartsgrenser for fremtidig situasjon**

Type/spor	Km	Fartsgrense
Spor 1	67,730 – 68,213	160 km/t
Spor 2	67,730 – 69,000	160 km/t
Gods el.	67,730 – 68,860	80 km/t
Spor 1	68,213 – 67,425	200 km/t
Spor 2	69,000 – 67,425	200 km/t

For trafikk på vendesporet er det vurdert at hastigheten vil være svært lav. Støy generert av trafikk på vendesporet vil være neglisjerbar i forhold til støy som genereres av togtrafikk på det nye dobbeltsporet og godstrafikk på Hovedbanen.

### **7.2.2 Vei**

Det er ikke inkludert veitrafikk i beregningene siden tiltaket ikke berører veisystemet.



Dovrebanen Eidsvoll - Hamar	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 17 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--------------------------------	----------------------------	---

## 8 RESULTAT

Dette kapittelet omhandler beregningsresultatene. Strekningen Eidsvoll-Kråkvål er delt opp i 2 delparseller;

- Eidsvoll-Kommersrud
- Kommersrud-Kråkvål

Støyberegningene vurderer strekningen Eidsvoll-Kråkvål under ett.

Alle høyder på tiltak er relativt til skinneoverkant, SOK. Alle tiltak har konstant høyde.

### 8.1.1 Dagens situasjon

Tegning UEH-10-X-55001 og UEH-10-X-55002 viser beregnet støy for dagens situasjon. Støysonen brer seg ikke over på østsiden av Vorma og det er hovedsakelig bygg ved Eidsvoll stasjon og de nærmeste byggene ved Sætre og opp til Kråkvål som ligger i gul sone.

### 8.1.2 Fremtidig situasjon uten tiltak

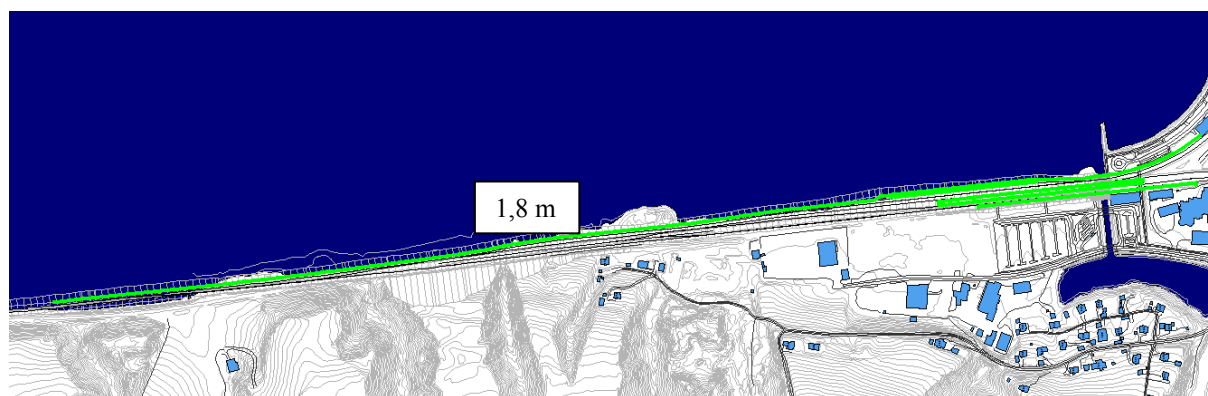
Tegning UEH-10-X-55003 og UEH-10-X-55004 viser støy fra fremtidig situasjon uten støyreducerende tiltak. Støyen utvides hovedsakelig østover mot Eidsvoll og Habbarstad/Lynes. Områdene vest for sporet får ikke like stor økning grunnet naturlig skjerming fra terreng. Det er hovedsakelig bygg i Eidsvoll og fra Sætre til Kråkvål som ligger i gul/rød sone.

### 8.1.3 Fremtidig situasjon med tiltak

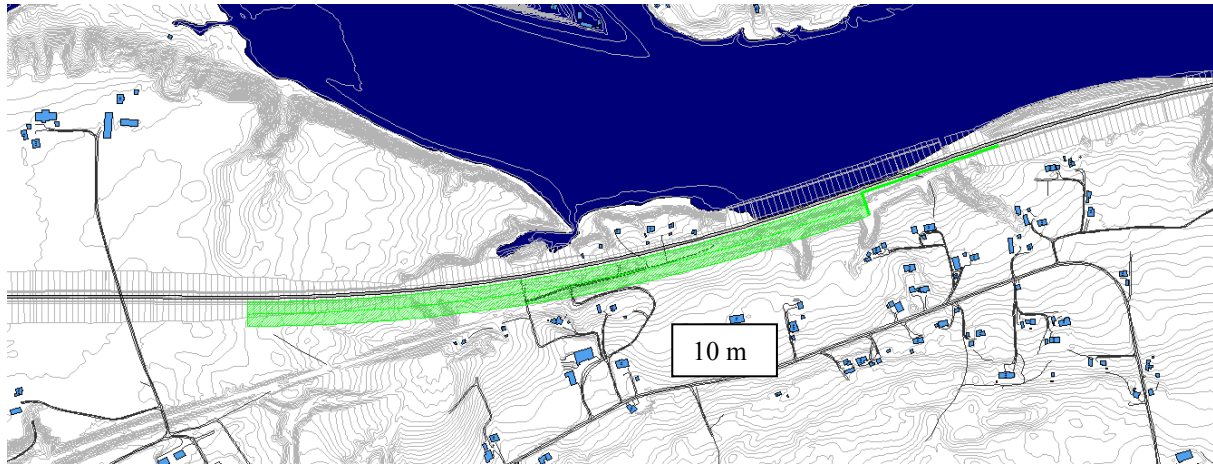
Beregnet støy fra fremtidig situasjon med støyreducerende tiltak er vist i tegning UEH-10-X-55005 og UEH-10-X-55006. Tiltakene gir god reduksjon for byggene ved Eidsvoll samt fra Sætre til Kråkvål.

Støytiltak brukt for fremtidig situasjon er støyskjerm (km 67,730 – 69,485) med høyde 1,8 m over spor på østsiden av sporet lengst sør for å redusere støy til Eidsvoll. Det er også lagt inn støyvoll (km 73,3 - 74,3) med høyde 10 m over spor og støyskjerm (km 73,000 - 73,300) med høyde 5 m over spor i nord mot boligområder vest for banen.

Alle skjermere er plassert 4,8 m fra senterlinje nærmeste spor. Oppgitt høyde er referert til SOK. For støyvoller er nærmeste kant til voll lagt 4,8 m fra senterlinje nærmeste spor. Høyden refereres til SOK. Voll er lagt inn med skråning 1:2. Tiltakene er illustrert i Figur 3 og Figur 4. Endelig støyskjerm kan bli plassert nærmere sporet. Dette vil gi bedre støyskjerming. Beregningene er å betrakte som konservative.



Figur 3: Støyskjerm i sør (km 67,0 – 69,5), øst for sporet, 1,8 meter over SOK.

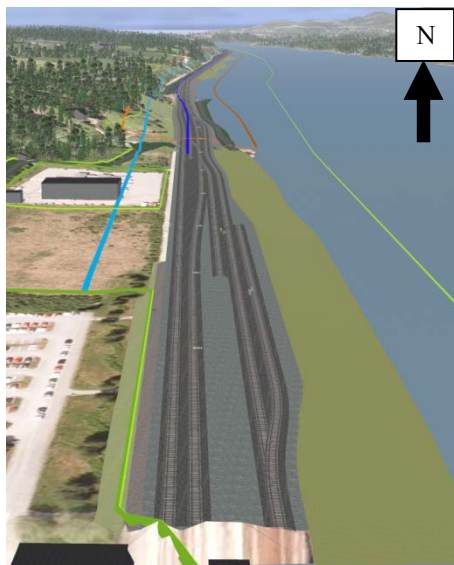


Figur 4: Støyskjerm og -voll i nord (km 73 - 74,3), vest for sporet, henholdsvis 5 og 10 meter over SOK.

### 8.1.4 Vurdering av tiltak

Trafikkøkningen for strekningen gir betydelig økning i støynivå for området. Det vil ikke være hensiktsmessig å gjøre tiltak langs hele sporet. De foreslåtte tiltakene i kapittel 8.1.3 gir god effekt for de nærmeste boligene.

Det er lagt inn støyskjerm fra km 67,730 til km 69,485 øst for spor. Ny sporsituasjon på Eidsvoll stasjon med vendespor er tatt med i beregningsmodellen. Se Figur 5 for sporsituasjonen på Eidsvoll stasjon. Støyskjermingstiltak er lagt inn øst for butt-spor.



Figur 5: Sporsituasjon på Eidsvoll stasjon.

### 8.1.5 Støy på Vormå

Det er ikke sett på egne skjermingstiltak for støy på Vormå. Beregningene viser at store deler av Vormå vil ligge i gul og rød sone.

En støyskjerm øst for jernbanespor mot Vormå vil ikke redusere støynivået til under  $L_{den}$  58 dB (gul sone).

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 19 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--	----------------------------	---

### 8.1.6 Forkastede tiltak

Det er vurdert og beregnet støy for en rekke alternativer ut over de som er presentert over. Tabell 8 gir en kort presentasjon av disse samt en kortfattet vurdering. Basert på erfaringer fra Kolsåsbanen og andre prosjekt er det lagt til grunn en kostnad på kr 15 000 pr. løpemeter støyskjerm. Dette må anses for å være et konservativt estimat. Avhengig av utforming kan kostnaden reduseres eller økes noe. Det er ikke vurdert kostnad for støyvoller.

**Tabell 8: Forkastede støytiltak**

<b>Tiltak</b>	<b>Kommentar</b>
Skjerm øst for spor, høyde: 1m (km 67,0 km – 74,3)	Skjerm er for lav til å gi god støyskjerming.
Skjerm øst for spor, høyde: 1,5m (km 67,9 km – 74,3)	Estimert 72 mill. kr dyrere enn foreslått alternativ. Gir kun moderat støyreduksjon for ~10 hus.
Skjerm øst for spor, høyde: 1,8m (km 67,9 km – 74,3)	Estimert 72 mill. kr dyrere enn foreslått alternativ. Gir kun moderat støyreduksjon for ~10 hus.
Skjerm øst for spor, høyde: 2m (km 67,9 km – 74,3)	For høy, hindrer sikt fra tog.
Skjerm vest for spor, høyde: 1,8m (67,9 km - 74,3 km)	Berører få boliger. Tiltaket gir ikke tilfredsstillende støyreduksjon der det er støyutsatte boliger.
Voll vest for spor, høyde: 1,8m (km 73 - 74,3)	Tilnærmet ingen effekt.
Voll vest for spor, høyde: 4m (km 73 - 74,3)	Noe bedre effekt enn 1,8 m høy voll, men fortsatt ikke vesentlig effekt.
Voll vest for spor, høyde: 6m (km 73 - 74,3)	Noe bedre effekt enn 4 m høy voll. Skjermingseffekten er tydelig.
Voll vest for spor, høyde: 15m (km 73 - 74,3)	For stor, ruvende i terrenget

<b>Dovrebanen Eidsvoll - Hamar</b>	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 20 av 25
		Dok.nr: UEH-10-A-55115
		Rev.: 03A
		Dato: 1.6.2012

## 8.2 Berørte bygninger

I Tabell 9 er det vist antall berørte bygninger. Antallet bygninger er summert for hele strekningen fra området rundt Eidsvoll stasjon og nord til Kråkvål, km 67,000-74,300.

Bygningene er sortert på helårsboliger, fritidsboliger og annet. Det er ikke tatt med i vurderingen bygninger til husdyr, låver, garasjer osv.

For dagens situasjon er det 19 bygninger som har et støynivå  $L_{den} > 58$  dB. På grunn av økning av hastighet og antall togmeter øker støysonene i omfang og antall berørte bygninger stiger fra 19 til 80 med tiltak som vist i kapittel 8.1.3 og **Feil! Fant ikke referanse-kilden..**

**Tabell 9: Berørte bygninger Eidsvoll-Kleverud (km 67,000-74,300).**

Situasjon	Type bolig	Gul sone		Rød sone	Sum
		58 dB < $L_{den}$ < 63 dB	63 dB < $L_{den}$ < 68 dB	$L_{den} > 68$ dB	
Dagens situasjon	Helårsbolig	8	2	2	19
	Fritidsbolig	3	2	2	
Fremtidig situasjon	Helårsbolig	69	18	7	110
	Fritidsbolig	5	5	6	
Fremtidig situasjon med tiltak	Helårsbolig	47	13	3	76
	Fritidsbolig	6	2	5	

Det gjøres oppmerksom på at antall berørte bygninger må kontrolleres nærmere i neste planfase. Spesielt gjelder dette vurdering av type bolig.

## 9 VIBRASJONER OG STRUKTURSTØY

### 9.1 Forklaring av begrepene støy, vibrasjoner og strukturstøy

Passering av togvogner skaper luftoverført støy, vibrasjoner og strukturstøy. Under passering vil hvert hjul bøye ned skinnen. Den totale nedbøyningen for hele boggien forplantes som deformasjoner i bakken og dette kan kjennes som vibrasjoner. Følbare vibrasjoner måles etter NS 8176 i frekvensområde 1-80 Hz. Når gulvet vibrerer i nedre del av dette frekvensområdet oppfattes det som risting i kroppen. I øvre del av frekvensområdet vil det føles mer som kiling under føttene.

I tillegg til å gi følbare rystelser vil vibrasjonene i golv, vegger og tak også avstråle lyd. Vibrasjoner som gir støyavstråling, har ofte så høy frekvens og så små amplituder at man bare kan høre støyen, men ikke kjenne vibrasjonene. Slik støy kalles strukturoverført støy eller bare strukturlyd. I rom som vender mot jernbanen, gir strukturlyden ofte lavere støynivåer enn den luftoverførte støyen som går gjennom fasaden. For rom som vender vekk fra jernbanen kan strukturlyden være godt hørbar.<sup>7</sup>



Figur 6: Vibrasjoner og luftlyd mot bolig fra passering av jernbane.<sup>7</sup>

Når man oppholder seg i et rom hvor det er både vibrasjoner og strukturstøy kan det være vanskelig å skille de to fra hverandre. Før vibrasjonene når en følbart svingehastighet og et følbart utslag kan det klirre i glass som står i skap og det kan dirre i vinduer og dører som ikke sitter skikkelig i karmen. Dirring i dører og vinduer gjelder hovedsakelig i gamle hus. Dette kombinert med en hørbar lavfrekvent rumling (strukturstøy) kan forsterke opplevelsen av vibrasjoner.

### 9.2 Beskrivelse av parsellen

Det er få berørte boliger på strekningen. Foruten bebyggelsen på Eidsvoll og rundt Minnesund er det et fåtall hus inntil sporet et par steder. Vi har foretatt målinger av vibrasjoner fra eksisterende bane på to steder og på dette grunnlag vurdert vibrasjoner og strukturstøy i boliger.

Grunnforholdene er i all hovedsak sandige masser i stor dybde. Dette er i utgangspunktet gunstig med tanke på vibrasjoner og strukturstøy. Det meste erfaringsgrunnlaget vi har er fra spor på leire. Dette gjelder Gardermobanen, Dobbeltsporet Skøyen – Asker og T-baneutbygginger. Tiltak mot vibrasjoner er annet for spor på sand enn spor på leire. Det kan for øvrig ligge leire under sandlaget, men våre målinger tyder på at dette ikke har betydning for vibrasjonene på grunn av store tykkelser i sandlaget.

<sup>7</sup> Byggforskserien byggdetaljblad 520.535

Dovrebanen Eidsvoll - Hamar	Støy og vibrasjoner	Side: 22 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--------------------------------	---------------------	---

## 9.3 Grenseverdier

### 9.3.1 Grenseverdier for vibrasjoner

I veiledningen til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven fastlegges det at bygninger med sove- og oppholdsrom må beskyttes mot vibrasjoner som kan føre til vesentlig plage for brukerne. Videre står det at "grenseverdiene for vibrasjoner må bestemmes ut fra brukenes følbarehet for vibrasjoner og hensyn til konstruksjonssikkerhet." Veiledningen viser til Norsk Standard NS 8176 "Vibrasjoner og støt – Måling i bygninger av vibrasjoner fra landbasert samferdsel og veiledning for bedømmelse av virkning på mennesker" for kriterier for bedømmelse av helkroppsvibrasjoner og for veiledende grenseverdier. Standarden inneholder veiledende grenseverdier for vibrasjoner i ulike klasser. Klasse C tilsvarer anbefalt grenseverdi for vibrasjoner i nye boliger og i forbindelse med planlegging og bygging av nye samferdselsanlegg. For klasse C er grenseverdien;  $v_{W,95} = 0,3$  mm/s. Klasse D tilsvarer vibrasjonsforhold som bør oppnås for eksisterende boligbebyggelse. Grenseverdien for klasse D er  $v_{W,95} = 0,6$  mm/s.  $v_{W,95}$  er en statistisk verdi for mange togpasseringer og innebærer at det er 5 % sannsynlighet for at en tilfeldig valgt passering gir høyere vibrasjonsnivå enn  $v_{W,95}$ .

For dette og andre jernbaneprosjekter anbefaler vi at følgende grenseverdi legges til grunn for vibrasjoner: Grenseverdien for vibrasjoner settes til  $v_{W,95} = 0,3-0,6$  mm/s. Den laveste av de parvise grenseverdiene legges til grunn som en målsetning. Dette er den samme formuleringen som er lagt til grunn for Dobbeltsporet Skøyen – Asker.

### 9.3.2 Grenseverdier for strukturstøy

I veiledningen til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven vises det til NS 8175 "Lydforhold i bygninger. Lydklassifisering av ulike bygningstyper" for grenseverdier for bl.a. strukturstøy. Grenseverdien for strukturstøy fra trafikk i kulvert og tunnel er  $L_{p,AF,maks} = 32$  dB i klasse C. Kravet gjelder kun for kulverter og tunneler. For dagstrekninger finnes det ikke offisielle støygrenser som omhandler strukturstøy spesielt. Det er den samlede støyen (luftlyd og strukturstøy) som skal holdes innenfor grenseverdien for maksimalt lydnivå i oppholdsrom og soverom nattetid,  $L_{p,AF,maks} = 45$  dB i klasse C. I rom som vender mot banen er ofte luftlyd som går gjennom fasaden klart dominerende over strukturstøyen. I rom som vender vekk fra banen, i kjellerrom, eller i boliger bak støyskjerm kan derimot strukturstøyen være den dominerende støykilden. Når strukturstøy opptrer alene eller er den dominerende støykilden er det naturlig å stille strengere krav, da toleransegrensen er lavere for støy fra en kilde som ikke kan sees.

For dette og andre jernbaneprosjekter anbefaler vi at følgende grenseverdier legges til grunn for strukturstøy:

For tunnel og kulvert settes grenseverdien for strukturstøy til  $L_{p,AF,maks} = 32$  dB

På dagstrekninger settes grenseverdien for luftlyd og strukturstøy samlet til  $L_{p,AF,maks} = 45$  dB i oppholdsrom og soverom på natt. For boliger der strukturstøy er klart dominerende over luftlyd, legges  $L_{p,AF,maks} = 37$  dB til grunn som en målsetning.

Når kravet er satt til maksimal strukturstøynivå, må det knyttes en definisjon av begrepet maksimalnivå til grenseverdien, da dette ikke er gjort i NS 8175. I tilsvarende standard for vibrasjoner fra samferdsel NS 8176 og i forslag til nye planretningslinjer fra SFT brukes statistisk maksimalnivå som grenseverdi. Ved å bruke statistisk maksimalnivå fås en grenseverdi som er entydig og ettermålbar. Vi anbefaler at grenseverdien for maksimal strukturstøynivå knyttes til begrepet  $L_{A,str,95}$ .  $L_{A,str,95}$  er et statistisk nivå for mange togpasseringer, og innebærer at det er 5 % sannsynlighet for at en tilfeldig valgt passering gir høyere strukturstøynivå enn  $L_{A,str,95}$ . Dette er lagt til grunn for vurderingene som er utført i denne rapport.

Dovrebanen Eidsvoll - Hamar	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 23 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--------------------------------	----------------------------	---

## 9.4 Vurdering av vibrasjoner

### 9.4.1 Beregningsmetode

Vibrasjoner fra banen overføres til boliger når både bane og bolig ligger på løsmasser, og det oppstår høyere vibrasjonsverdier jo mykere massene er. Vibrasjonene har vanligvis en markert topp i frekvensspekteret, og frekvenstoppen blir lavere i frekvens og mer markert jo mykere massene er. For jernbane på leire ligger vanligvis frekvenstoppen rundt 10 – 15 Hz, for de aller bløtste leirene kan man få frekvenser lavere enn 10 Hz. På sand og morene ligger toppen typisk i frekvensområdet 20 – 40 Hz.

Vi har målt vibrasjoner på to steder ved hhv km 68,6 og 73,6. Frekvenstoppen i vibrasjonene lå i frekvensbåndene 25 - 31.5 Hz for godstogene og 40 – 50 Hz for BM-70 lokaltogene. Dette bekrefter at det er relativt faste grunnforhold.

Vi har beregnet vibrasjonsverdier i husene på grunnlag av målingene med følgende formel:

$$v = v_T f_S f_D f_R f_B$$

$v_T$  = Vibrasjonsverdi målt på bakken fra aktuell togtype og toglengde.

$f_S$  = Korreksjon for hastighet.

$f_D$  = Korreksjon for avstand til hus

$f_R$  = Korreksjon for banens oppbygging og kvalitet

$f_B$  = Korreksjon for forsterking av vibrasjoner i huset

Formelen er i prinsippet den samme som ble utviklet av NGI for planleggingen av Gardermobanen, som er en statistisk metode. Inngangsverdiene er forventete verdier, som alle har et standardavvik. Vi har benyttet metoden på dobbeltsporet Lysaker – Asker og på oppgraderingen av Kolsåsbanen.

Hastighetsfaktoren vil avhenge av togtypen. Godstogene øker fra 80 til 100 km/t og passasjertogene fra 100 til 200 km/t. For godstogene har vi regnet med de samme togtypene, men for passasjertogene må det forutsettes andre og bedre togtyper enn BM-72 som nå trafikkerer strekningen. Målinger i Sverige på høyhastighetsbane på leire ga mer enn en dobling av vibrasjonene fra 100 til 200 km/t.

Faktoren fra baneoppbygging,  $f_R$ , er satt til 0,7 for nytt og bedre spor.

Forsterkingsfaktoren for bygning,  $f_B$ , vil variere sterkt fra bygning til bygning. Den vil være lavere for høyfrekvente enn for lavfrekvente vibrasjoner ettersom de viktige resonansfrekvensene for bygninger ligger rundt 10 – 20 Hz. I NGIs metode er forsterkingsfaktoren  $f_B = 2-2.5$ . Dette fordi det på Gardermobanen var leire og vibrasjonene var lavfrekvente. Vi foretok vibrasjonsmålinger for Kolsåsbaneprojektet og la på grunnlag av målingene inn en forsterkningsfaktor på  $f_B = 1,2$  for frekvenser høyere enn 25 Hz.

For å få et sikrere beregningsgrunnlag, er det nødvendig å gjøre målinger av vibrasjoner ved økende hastighet for på bane sandige masser, og også erfaringsverdier for forsterkning av vibrasjoner inn i boliger med denne type grunnforhold.

### 9.4.2 Forventede vibrasjonsverdier i boliger og fritidsbebyggelse

Det er kun to steder på traseen der det ligger boliger eller hytter så tett inntil sporet at det kan bli overskridelser av grenseverdiene for vibrasjoner og / eller strukturstøy. Disse er angitt i **Tabell 10**.

**Tabell 10: Forventede vibrasjoner i eksisterende bebyggelse.**

Km nordgående spor	Avstand nærmeste hus, m	Antall hus/hytter	Vibrasjoner $v_{w,95}$ mm/s
72,9 – 73,0	55	2	< 0,3
73,5 – 73,7	32	3	0,6

Dersom fritidsboligene ved km 73,5-73,7 innløses vil det ikke være nødvendig med tiltak.

Dovrebanen Eidsvoll - Hamar	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 24 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--------------------------------	----------------------------	---

### 9.4.3 Mulige tiltak mot vibrasjoner

Vi har fått mye erfaring med tiltak mot vibrasjoner fra bane på leire fra utbyggingsprosjektene av jernbane og T-bane rundt Oslo. Tiltakene blir imidlertid andre når det er mer sandige masser, og vi har ikke erfaring med tiltak og hva man kan oppnå. Det må gjøres undersøkelser vedrørende gjennomførbarhet og virkning av mulige tiltak. Det er tre typer tiltak vi mener kan være aktuelle:

- **Ballastmatt**. Dette er elastiske matter som vanligvis legges på formasjonsplanet som underlag for ballasten. Tiltaket gir en forsterkning av vibrasjoner rundt systemets resonansfrekvens,  $f_0 = 25 - 31.5$  Hz. På Kolsåsbanen ble ballastmattene lagt under forsterkningslaget, og det ble benyttet matter av mineralull som da også ga den nødvendige frostisoleringen. Ved å legge mattene dypt får man lavere resonansfrekvens, på Kolsåsbanen ble, etter gjennomføring av tiltaket, målt  $f_0 = 20$  Hz. Ballastmattene gir en lastfordeling av de dynamiske kreftene ned i bakken, og ved å legge de lavt øker systemets modale masse, hvilket er gunstig. Hvis de legges for lavt, kan man imidlertid miste effekten av masse-fjærsystem, som er tiltakets teoretiske forutsetning. Dette må undersøkes nærmere før man kan benytte tiltaket. Ballastmattene vil gi en betydelig reduksjon av vibrasjonene i det frekvensområdet der det er målt høye verdier, men samtidig forsterke vibrasjonene i et lavere frekvensområde. En fordel med tiltaket er at det også gir god reduksjon av strukturstøy
- **Sprengsteinsfylling**. For bane på leire kan tiltaket ha stor effekt, på Gardermobanen regnet NGI at en 4 meter høy fylling ville halvere vibrasjonene. Tiltaket er imidlertid upraktisk å gjennomføre på leire fordi det må masseutskiftes for å unngå økte setninger, og vi kjenner ikke til at det har blitt brukt som tiltak mot vibrasjoner. Tiltaket vil sannsynligvis være lettere å utføre der det er fastere masser, og vi antar at dette er det mest aktuelle tiltaket.
- **Injisering**. Injisering av vann og sement har vært brukt for avstiving av grunnen under maskinfundamenter. Dette er i utgangspunktet et tiltak som kan undersøkes nærmere å benytte der banen går på sandige masser.

## 9.5 Vurderinger av strukturstøy

### 9.5.1 Beregningsmetode

Vi har beregnet strukturstøynivåer i husene på grunnlag av vibrasjonsmålinger på bakken. Verdiene korrigeres for høyere hastighet. Svenske målinger viser en økning av strukturstøynivå på 4 dB ved en hastighetsøkning fra 100 til 200 km/t. Vi har kun disse dataene å forholde oss til for høye hastigheter. Økningen er noe mindre enn det vi ville forventet ut fra erfaring fra hastighetsøkning ved lavere hastigheter. Vi tar sikte på å gjøre strukturstøymålinger fra Gardermobanetogene ved ulike hastigheter for å få bedre sikkerhet i verdiene for hastighetsøkning. I våre beregninger er også lagt inn en 3 dB korreksjon for togtype i forhold til BM-70 togene vi har målt. Dette vil også bli kontrollmålt.

### 9.5.2 Forventede strukturstøynivåer i boliger og fritidsbebyggelse

Det er beregnet strukturstøynivåer på de 2 stedene der det er beregnet vibrasjonsverdier. Resultatene er vist i tabellen under på traseen der det ligger boliger eller hytter så tett inntil sporet at det kan bli overskridelser av grenseverdiene for vibrasjoner og / eller strukturstøy. Disse er angitt i **Tabell 11**.

**Tabell 11: Forventet strukturstøy i eksisterende bebyggelse.**

Km nordgående spor	Tiltak	Antall hus/hytter	Strukturstøy $L_{pA,max}$ mm/s
72,9 – 73,0	55	2	< 37
73,5 – 73,7	32	3	53

Dersom fritidsboligene ved km 73,5-73,7 innløses vil det ikke være nødvendig med tiltak.



Dovrebanen Eidsvoll - Hamar	<b>Støy og vibrasjoner</b>	Side: 25 av 25 Dok.nr: UEH-10-A-55115 Rev.: 03A Dato: 1.6.2012
--------------------------------	----------------------------	---

### 9.5.3 Mulige tiltak mot strukturstøy

Tiltakene er de samme som for reduksjon av vibrasjoner:

- Ballastmatter. I fjelltunneler gir tiltaket minst 15 dB støyreduksjon. På sand vil virkningen være mindre fordi det allerede er noe elastisitet i bakken. Vi regner man kan oppnå en støyreduksjon på ca 10 dB
- Sprengsteinsfylling. I fjelltunnelene på dobbeltsporet Lysaker –Asker er ekstra utsprengte masser under sporet benyttet som tilleggstiltak der ballastmatter ikke ga tilstrekkelig støyreduksjon. På grunnlag av erfaringene fra dette tiltaket stipulerer vi støyreduksjonen fra en 4 meter sprengsteinsfylling til 7 dB.
- Injisering. Vi er usikre på hva injisering kan gi av redusert strukturstøy. Tiltaket innebærer materialoverganger i massene som vil gi reduksjon, men vi kan foreløpig ikke tallfeste hva som kan oppnås. Det vil også avhenge av hva slags utførelse det er mulig å få til.
- Svillematter. Elastiske matter som limes under svillene. Jernbaneverket har til nå ikke ønsket å benytte dette tiltaket. Det kan gi opp til 10 dB støyreduksjon.

### 9.6 Tiltak mot vibrasjoner og strukturstøy

I **Tabell 12** er vist anbefalte tiltak mot strukturstøy og vibrasjoner og forventede verdier for vibrasjoner og strukturstøy etter tiltak.

**Tabell 12: Tiltak mot vibrasjoner og strukturstøy.**

Km nordgående spor	Antall meter	Tiltak	Vibrasjoner $v_{w,95}$ mm/s	Strukturstøy $L_{pA,max}$ dBA
73,55 – 73,7	150	4 meter sprengsteinsfylling	0,3	45

Dersom fritidsboligene ved km 73,5-73,7 innløses vil det ikke være nødvendig med tiltak.

#	GNR/BNR	Type	Dagens Lden [dB]	Fremtidig Lden [dB]	Med tiltak Lden [dB]
<b>Eidsvoll - Kråkvål</b>					
2	186/14	Helårsbolig	68	64	64
3	186/59	Helårsbolig	56	67	65
4	186/1	Helårsbolig	59	68	67
5	186/43	Helårsbolig	54	65	61
6	186/20	Helårsbolig	53	64	60
7	186/19	Helårsbolig	52	64	60
13	186/18	Helårsbolig	52	60	60
14	186/27	Helårsbolig	49	59	58
15	186/4	Helårsbolig	50	60	59
16	186/11	Helårsbolig	49	59	58
23	185/2	Helårsbolig	48	62	58
24	184/7	Helårsbolig	47	60	57
36	173/4	Helårsbolig	52	64	64
37	173/11	Fritidsbolig	54	66	66
38	216/17	Fritidsbolig	54	62	53
41	216/36	Helårsbolig	49	59	54
42	216/24	Helårsbolig	52	62	55
43	217/13	Helårsbolig	47	59	57
44	217/18	Helårsbolig	50	61	56
45	217/4,18	Helårsbolig	49	62	56
46	217/6	Helårsbolig	48	62	62
51	215/24	Fritidsbolig	67	0	0
52	216/9,12	Fritidsbolig	62	73	73
53	216/10	Fritidsbolig	63	74	74
54	216/21	Fritidsbolig	66	82	82
55	216/11	Fritidsbolig	63	74	74
56	216/30	Helårsbolig	59	67	58
57	215/13	Fritidsbolig	72	70	59
58	215/14	Fritidsbolig	71	66	55
59	215/1	Helårsbolig	56	62	54
62	177/2	Helårsbolig	50	60	60
63	177/1	Helårsbolig	48	59	60
64	177/1	Helårsbolig	50	60	61
65	177/12	Fritidsbolig	51	60	61
66	177/12	Fritidsbolig	54	64	64
67	177/6	Fritidsbolig	53	62	62
69	217/10	Helårsbolig	52	64	64
70	217/10	Helårsbolig	51	65	65
71	173/6	Helårsbolig	48	60	60
72	171/11	Helårsbolig	47	59	59
81	216/4	Helårsbolig	60	69	62
82	216/28	Helårsbolig	59	66	57
85	22/9	Fritidsbolig	51	64	60
91	53/2	Helårsbolig	48	60	61
95	56/4,8	Helårsbolig	45	56	59
155	57/33	Helårsbolig	54	60	61
157	57/14	Helårsbolig	63	69	70

Vedlegg A

#	GNR/BNR	Type	Dagens Lden [dB]	Fremtidig Lden [dB]	Med tiltak Lden [dB]
158	57/9	Helårsbolig	71	75	76
159	57/21	Helårsbolig	58	64	65
160	57/19	Helårsbolig	58	63	64
161	58/10	Helårsbolig	56	61	62
162	58/13	Helårsbolig	55	60	62
163	58/14,36	Helårsbolig	55	60	61
164	58/41	Helårsbolig	55	60	62
165	58/32	Helårsbolig	54	59	60
166	58/51	Helårsbolig	56	61	62
167	58/44	Helårsbolig	58	62	64
168	58/20	Helårsbolig	55	59	60
169	58/9	Helårsbolig	54	59	59
171	58/17	Helårsbolig	55	60	61
175	59/34	Helårsbolig	53	58	58
176	59/57	Helårsbolig	52	58	58
178	63/113	Helårsbolig	57	63	63
180	58/15	Helårsbolig	56	61	62
189	57/2	Helårsbolig	53	59	60
191	17/119	Helårsbolig	48	61	55
192	17/118	Helårsbolig	46	59	54
194	17/307	Helårsbolig	49	61	57
195	17/116	Helårsbolig	47	60	56
196	17/115	Helårsbolig	47	60	54
197	17/280	Helårsbolig	48	60	56
200	17/147	Helårsbolig	46	59	55
201	17/148	Helårsbolig	45	59	55
203	17/144	Helårsbolig	47	59	54
204	17/128	Helårsbolig	48	60	56
205	17/107	Helårsbolig	46	59	55
211	58/38	Helårsbolig	53	58	58
212	17/145	Helårsbolig	47	60	56
213	17/112	Helårsbolig	47	59	55
215	186/24	Helårsbolig	52	64	60
216	186/1	Helårsbolig	57	66	66
220	186/33	Helårsbolig	59	67	67
223	186/31	Helårsbolig	49	59	59
224	188/54	Helårsbolig	48	62	62
227	188/58	Helårsbolig	55	61	61
228	186/4	Helårsbolig	53	62	62
246	173/4	Helårsbolig	48	61	61
249	173/3	Helårsbolig	49	59	59
250	183/14	Fritidsbolig	52	61	61
251	216/40	Helårsbolig	55	66	60
260	216/39	Helårsbolig	61	69	61
261	216/25	Helårsbolig	51	62	56
264	216/14	Helårsbolig	52	62	57
266	217/25	Helårsbolig	46	59	58
270	216/29	Helårsbolig	56	64	56

Vedlegg A

#	GNR/BNR	Type	Dagens Lden [dB]	Fremtidig Lden [dB]	Med tiltak Lden [dB]
271	216/13	Fritidsbolig	52	62	55
272	215/19	Helårsbolig	69	70	60
273	216/7	Helårsbolig	67	70	60
275	166/1	Helårsbolig	47	59	58
276	22/9	Fritidsbolig	53	66	62
280	53/2	Helårsbolig	45	58	58
283	16/131,135	Helårsbolig	53	60	57
308	57/30	Helårsbolig	58	63	65
309	58/16	Helårsbolig	54	59	60
310	58/7	Helårsbolig	58	63	64
311	58/27	Helårsbolig	55	60	61
314	58/24,37	Helårsbolig	54	59	60
319	17/120	Helårsbolig	48	60	56
320	17/291	Helårsbolig	47	59	56
321	17/117	Helårsbolig	46	59	54
323	17/306	Helårsbolig	49	61	56
328	17/146	Helårsbolig	48	59	55
333	217/24	Fritidsbolig	52	70	70
334	217/30	Helårsbolig	55	71	70
339	610/1	Helårsbolig	62	65	62
340	610/1	Helårsbolig	54	63	61