



## Rapport

Oppdrag:	<b>Konsekvensutredning. Dobbeltspor Arna - Bergen</b>					
Emne:	<b>Delutredning støy og vibrasjoner</b>					
Rapport:	<b>RIA-01</b>					
Oppdragsgiver:	<b>Jernbaneverket Region Vest</b>					
Dato:	<b>22. august 2003</b>					
Oppdrag- / Rapportnr.	<b>103511 / 01</b>					
Tilgjengelighet	Begrenset					
Utarbeidet av:	<b>Ingrid Holst</b>	Fag/Fagområde:	<b>Jernbanestøy</b>			
Kontrollert av:	<b>Hilde Løvik</b>	Ansvarlig enhet:	<b>1103 Akustikk</b>			
Godkjent av:	<b>Hilde Løvik</b>	Emneord:	<b>støy, vibrasjoner, strukturlyd</b>			
01	22.08.03		18	InH	HL	HL
<b>Utg.</b>	<b>Dato</b>	<b>Tekst</b>	<b>Ant.sider</b>	<b>Utarb.av</b>	<b>Kontr.av</b>	<b>Godkj.av</b>

MULTICONSULT • NOTEBY • MULTICONSULT GEAS

Eks.1

Bergenbanen

7625.11 JBV Høc

09ta 11195

Konsekvensutredning. Dobbeltspor Arna - Bergen  
Delutredning støy og vibrasjoner

MULTICONSULT AS  
BERGEN

## Innholdsfortegnelse

1.	Sammendrag.....	4
2.	Innledning .....	5
3.	Støy fra jernbane og veg .....	6
3.1	Forskrifter og retningslinjer .....	6
3.2	Trafikktall.....	7
3.2.1	Jernbane.....	7
3.2.2	Veg .....	9
3.3	Beregningsmetode.....	10
3.4	Forutsetninger .....	10
3.5	Beregningsresultater .....	10
3.5.1	Jernbane.....	10
3.5.2	Veg.....	12
3.6	Støyskjermingstiltak.....	12
3.6.1	Fasadetiltak .....	13
3.6.2	Særlig støyfølsom bebyggelse.....	13
4.	Vibrasjoner og strukturlyd .....	13
4.1	Generelt.....	13
4.2	Grenseverdier for vibrasjoner og strukturlyd.....	14
4.3	Grunnforhold.....	14
4.4	Beregningsmetoder .....	15
4.5	Beregningsresultater.....	16
4.5.1	Vibrasjoner.....	16
4.5.2	Strukturlyd.....	16
5.	Kostnadsoverslag .....	17
6.	Referanser .....	18

## Vedlegg

- [1] Støykotecart, jernbane. Dagens situasjon, Bergenssiden.
- [2] Støykotecart, jernbane. Dagens situasjon, Arnasiden.
- [3] Støykotecart, jernbane. Forlenget krysningsspor 2015, Bergenssiden.
- [4] Støykotecart, jernbane. Forlenget krysningsspor 2015, Arnasiden.
- [5] Støykotecart, jernbane. Dobbeltspor 2015, Bergenssiden.
- [6] Støykotecart, jernbane. Dobbeltspor 2015, Arnasiden.
- [7] Støykotecart, jernbane. Dagens jernbanespor med trafikk i 2015, Bergenssiden.
- [8] Støykotecart, jernbane. Dagens jernbanespor med trafikk i 2015, Arnasiden.
- [9] Støykotecart, veg. Dagens trafikk, Bergenssiden.
- [10] Støykotecart, veg. Dagens trafikk, Arnasiden.
- [11] Støykotecart, jernbane og veg. Dagens trafikk, Bergenssiden.
- [12] Støykotecart, jernbane og veg. Dagens trafikk, Arnasiden.
- [13] Støykotecart jernbane. Dobbeltspor i 2015 med støyskjermer, Bergenssiden.
- [14] Støykotecart jernbane. Dobbeltspor i 2015 med støyskjermer, Arnasiden.
- [15] Støykotecart jernbane. Maksimalt lydnivå dagens situasjon. Bergenssiden.
- [16] Støykotecart jernbane. Maksimalt lydnivå dagens situasjon. Arnasiden.

## 1. Sammendrag

I forbindelse med utarbeidelse av konsekvensutredning for dobbeltspor mellom Arna og Bergen er det gjennomført delutredning i tilknytning til støy, vibrasjoner og strukturlyd langs jernbanestrekningen. Grunnlaget som foreligger vedrørende vurderinger av vibrasjoner og strukturlyd er grovt, og det må påregnes ytterligere detaljering i det senere planleggingsarbeidet. Likeledes må det foretas kartlegging av flermannsboliger (tomannsboliger, boligblokker mm) for eksakt opptelling av antall boenheter som får høyere utendørs ekvivalent lydnivå framfor fasaden enn 55 dBA i det senere planleggingsarbeidet.

Det er utført beregninger for dagens situasjon, og tre fremtidige situasjoner, herunder dobbeltsporet jernbane mellom Arna og Bergen med trafikkmengde i 2015, forlenget kryssningsspor på Arnasiden med trafikkmengde i 2015, og dagens jernbanenett mellom Arna og Bergen med trafikkmengde i 2015. Det er også gjort beregninger av støy fra vegtrafikk for dagens situasjon for Arna- og Bergenssiden.

Beregningene viser at tre færre boliger vil få utendørs ekvivalent lydnivå ved trafikk på utbygget, skjermet dobbeltspor i 2015 enn for trafikk i 2015 på dagens jernbanespor. Ved alternativet forlenget kryssningsspor i 2015 vil ca åtte flere boliger få høyere, utendørs, ekvivalent lydnivå enn for trafikk i 2015 på dagens jernbanespor. Tabell 1.1 viser sammenstilling av dagens situasjon og de alternative situasjonene i 2015.

Tabell 1.1 Antall boliger med utendørs ekvivalent lydnivå fra jernbane over 55 dBA.

Situasjon	Antall boliger totalt på Arna- og Bergenssiden med ekvivalent lydnivå > 55 dBA
Dagens situasjon	58
Forlenget kryssningsspor på Arna, trafikkmengde i 2015	66
Dobbeltsporet jernbane, trafikkmengde i 2015, utbygging med skjerming*	55
Dagens jernbanespor, trafikkmengde i 2015	58

\* Det er forutsatt 596 løpemetere støyskjerm med høyde 2,5 m over bakkenivå

### Dagens trafikksituasjon jernbane og veg.

Beregningene for vegtrafikkstøy viser at ni boliger på Bergenssiden får ekvivalent lydnivå høyere enn 60 dBA når både støy fra jernbane og vegtrafikk legges til grunn. Fra jernbane alene er utendørs ekvivalent lydnivå beregningsmessig fra 55-59 dBA for disse boligene. På Arnasiden får beregningsmessig ingen av boligene høyere utendørs ekvivalent lydnivå når bidraget fra vegtrafikkstøy legges til bidraget fra jernbanestøy alene.

Det er utført grove beregninger for å finne omfanget av mulige problemområder med hensyn til vibrasjoner og strukturlyd. Beregningene belyser hvilke grunnforhold som kan forårsake at grenseverdier for vibrasjoner og strukturlyd blir overskredet, men omfanget av eventuelt berørte boliger og eventuelle avbøtende tiltak må vurderes i det videre planarbeidet.

## 2. Innledning

I forbindelse med konsekvensutredning for dobbeltspor mellom Arna og Bergen har Multiconsult AS fått i oppdrag av Jernbaneverket Region Vest å gjennomføre beregninger, og å foreslå tiltak i tilknytning til støy, vibrasjoner og strukturlyd langs hele jernbanestrekningen.

Det er utført beregninger for følgende situasjoner:

- Dagens jernbanenett mellom Arna og Bergen med dagens trafikkmengde.
- Dobbeltsporet jernbane mellom Arna og Bergen med trafikkmengde i 2015.
- Forlenget kryssningsspor på Arnasiden med trafikkmengde i 2015.
- Dagens jernbanenett mellom Arna og Bergen med trafikkmengde i 2015.

Det er også gjort beregninger av støy fra vegtrafikk (dagens situasjon) for å belyse bidrag fra andre støykilder, og støybidraget fra vegtrafikk er igjen sammenstilt med støybidraget fra dagens trafikk på eksisterende jernbanelinje.

### 3. Støy fra jernbane og veg

#### 3.1 Forskrifter og retningslinjer

I Miljøverndepartementets Rundskriv T-8/79 "Retningslinjer for vegtrafikkstøy – Planlegging og behandling etter bygningsloven", [1], er det gitt veiledende støygrenser for vegtrafikkstøy, som også gjøres gjeldende for togstøy. I Teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven 1997, med visning til NS 8175, er det gitt krav og anbefalte verdier for lydnivå fra utendørs lydkilder. Tabell 3.1 oppsummerer grenseverdier for døgn-ekvivalent lydnivå og maksimalt lydnivå, natt <sup>kl 22-06</sup>.

Tabell 3.1 Veiledende støygrenser for døgnekvivalent lydnivå og maksimalt lydnivå fra utendørs lydkilder.

	NS 8175 <sup>1</sup>		T-8/79 <sup>2</sup>	
	L <sub>pA,eq, 24h</sub>	L <sub>pA, max natt, kl 22-06</sub>	L <sub>pA,eq, 24h</sub>	L <sub>pA, max natt, kl 22-06</sub>
<b>INNENDØRS</b>				
Beregnet utenfor fasade:				
– Boliger			55-60 dBA	70-80 dBA
– Helseinstitusjoner			50-55 dBA	65-75 dBA
– Skoler, barnehager			50-55 dBA	
Beregnet innendørs:				
– Boliger	30 dBA	45 dBA	30-35 dBA	45-55 dBA
– Helseinstitusjoner	30 dBA	45 dBA	25-35 dBA	40-50 dBA
– Skoler, barnehager	30 dBA		30-35 dBA	
– Arbeidslokaler med begrenset bakgrunnsstøy	(40 dBA)		40-45 dBA	
<b>UTENDØRS</b>				
– Bolignære oppholdsområder	(55 dBA)		55-60 dBA	
– Helseinstitusjoner	(50 dBA)		50-55 dBA	
– Skoler, barnehager	(55 dBA)		50-55 dBA	
– Områder for fritidsbebyggelse			50-55 dBA	

<sup>1</sup> Tall i parentes betyr anbefalte verdier, ikke krav i henhold til byggeforskriftene.

<sup>2</sup> Utgangspunktet er at det døgnekvivalente lydnivået som følge av planen ikke skal overskride den laveste støygrensen.

### 3.2 Trafikktall

#### 3.2.1 Jernbane

Tabell 3.2.1.1 og 3.2.1.2 viser trafikktall, fremskaffet av Jernbaneverket Region Vest, for trafikk i dag, for trafikk i 2015 på dagens jernbanenett, for trafikk i 2015 på forlenget kryssningsspor i Arna, og for trafikk i 2015 på dobbeltsporet jernbane mellom Arna og Bergen. Tabellene 3.2.1.3 – 3.2.1.5 viser hastighetsprofiler for dagens situasjon og for fremtidig situasjon.

Tabell 3.2.1.1 Trafikktall for dagens situasjon.

Togtype	Antall tog pr døgn		Toglengde
	2002		
	Avganger kl 06-22	Avganger kl 22-06	
BM 69	82	14	72 m
BM 73 Signatur	3	1 (til Bergen)	230 m
Ekspresstog El. lok	3		192 m
Nattog El. lok	1 (til Bergen)	1 (fra Bergen)	216 m
Godstog El. lok	4	4	435 m

Tabell 3.2.1.2 Trafikktall for fremtidig situasjon.

Togtype	Antall tog pr døgn						Toglengde
	2015						
	Dagens jernbanenett		Forlenget kryssningsspor		Dobbeltsporet jernbane		
	Avg. kl 06-22	Avg. kl 22-06	Avg. kl 06-22	Avg. kl 22-06	Avg. kl 06-22	Avg. kl 22-06	
BM 69	82	14	90	14	98	14	72 m
BM 73 Signatur	11	1	11	1	11	1	230 m
Nattog El. lok	1	1	1	1	1	1	216 m
Godstog El. lok	5	5	5	5	5	5	435 m

Tabell 3.2.1.3 Hastighetsprofil for dagens situasjon og for fremtidig situasjon.  
Tog fra Bergen stasjon og mot Arna.

Fra km – til km	BM 69 [km/t]	BM 73 Signatur [km/t]	Ekspresstog El. Lok [km/t]	Nattog El. Lok [km/t]	Godstog El. Lok [km/t]
470,820 - 470,130 (Bergen st. – 690 m fra Bergen st.)	30	30	30	30	30
470,130 – 469,943 (690 m fra Bergen st. – 877 m fra Bergen st.)	90	90	90	90	90
469,943 – tunnel (877 m fra Bergen stasjon - tunnel)	110	110	110	110	110

Tabell 3.2.1.4 Hastighetsprofil for dagens situasjon og for fremtidig situasjon.  
Tog fra Arna og inn til Bergen stasjon.

Fra km – til km	BM 69 [km/t]	BM 73 Signatur [km/t]	Ekspresstog El. Lok [km/t]	Nattog El. Lok [km/t]	Godstog El. Lok [km/t]
469,814 – 470,820 (Tunnel – Bergen st.)	30	30	30	30	30

Tabell 3.2.1.5 Hastighetsprofil for dagens situasjon og for fremtidig situasjon.  
Tog som passerer Arna stasjon begge veier

Fra km – til km	BM 69 [km/t]	BM 73 Signatur [km/t]	Ekspresstog El. Lok [km/t]	Nattog El. Lok [km/t]	Godstog El. Lok [km/t]
462,144 – 461,665	100*	100*	100*	100*	100*

\*Alle tog er beregnet med 100 km/t da dette er skiltet hastighet. Denne hastighet er imidlertid høyere enn reell hastighet. Bruk av skiltet hastighet vil kompensere for den tilleggsstøyen nedbremsing og stopp/akselerasjon gir.

Jernbaneverket Region Vest diskuterer å endre hastigheten til 70 km/t for alle tog til og fra Bergen stasjon, fra tunnelmunning og til lavbrekk (trasepunkt 470,130). En grov vurdering viser at dette ikke vil medføre noen vesentlig endring i ekvivalent lydnivå i forhold til beregningene som er gjort med hastighetene i tabell 3.2.1.3. og 3.2.1.4.



### 3.2.2 Veg

Tabell 3.2.2.1 viser trafikk tall for dagens trafikk på Bergens- og Arnasiden, mens tabell 3.2.2.2 viser trafikk tall for trafikk i 2015 på Bergens- og Arnasiden på dagens vegnett. Opplysninger om vegtrafikk på traseene for dagens og fremtidig situasjon er innhentet fra Statens vegvesen Hordaland og Bergen kommune.

Tabell 3.2.2.1 Dagens vegtrafikk på Bergens- og Arnasiden

Veg	ÅDT [kjøretøy pr døgn]	Skiltet hastighet [km/t]	Andel tungtrafikk [%]
<b>SENTRUM</b>			
Danmarks plass - over Store Lungegårdsvann	15100	50	10
Fra "alle steder" mot Fløyfjellstunnel	16750	70	8
Gml Nygårdsbru	8500	50	10
Danmpl. - Åsane	7900	60	10
Sentrum - Danmarks plass	7000	50	12
Danmarks plass - sentrum	5500	60	12
Vestre innfart - sentrum	6400	50	10
Fløyfjell - sentrum	2800	60	10
Åsane - Vestre innfart	6000	60	10
Fløyfjell Sørgående	18500	70	8
Fløyfjell - Danmarks plass	9800	60	8
Nygård - Fløyfjell	7100	60	10
Kalfarveien	3000	50	10
<b>ARNA</b>			
E16 ut av Amanipa-tunnel	9900	60	11
RV 580 mot Nesttun	7900	60	9
E16 fra rkj. mot Åsane	9200	60	10
FV 276 fra rkj. mot Ama	980	50	10

Tabell 3.2.2.2 Vegtrafikk i 2015 på dagens vegnett på Bergens- og Arnasiden

Veg	ÅDT [kjøretøy pr døgn]	Skiltet hastighet [km/t]	Andel tungtrafikk [%]
<b>SENTRUM</b>			
Danmarks plass - over Store Lungegårdsvann	19800	50	10
Fra "alle steder" mot Fløyfjellstunnel	22000	70	8
Gml Nygårdsbru	11150	50	10
Danmpl. - Åsane	10350	60	10
Sentrum - Danmarks plass	9200	50	12
Danmarks plass - sentrum	7200	60	12
Vestre innfart - sentrum	8400	50	10
Fløyfjell - sentrum	3700	60	10
Åsane - Vestre innfart	7900	60	10
Fløyfjell Sørgående	24250	70	8
Fløyfjell - Danmarks plass	12850	60	8
Nygård - Fløyfjell	9300	60	10
Kalfarveien	3950	50	10
<b>ARNA</b>			
E16 ut av Amanipa-tunnel	13000	60	11
RV 580 mot Nesttun	10350	60	9
E16 fra rkj. mot Åsane	12050	60	10
FV 276 fra rkj. mot Ama	1300	50	10

### 3.3 Beregningsmetode

Som beregningsverktøy for jernbanestøy og vegtrafikkstøy på Bergens- og Arnasiden er dataprogrammet Cadna A versjon 3.2.101, [2], benyttet.

### 3.4 Forutsetninger

Følgende forutsetninger er lagt til grunn for støyberegningene:

- Mottakerpunkt er plassert 2,0 m over terrengnivå.
- Fasaderefleksjon på +3 dB er inkludert i beregningene.
- Det er i henhold til avtale med oppdragsgiver innlagt skjerm på bro kfr Støytiltaksutredning fase 2 for Voss, Vaksdal og Bergen, juni 2002 [3].
- Beregningspunktene for ekvivalent lydnivå har avstand i rutenett på 5 m.
- Beregningspunktene for maksimalt lydnivå har avstand i rutenett på 20 m.
- Digitalt kart er benyttet for hele strekningen fra profil 470.820 til profil 461.665.
- Sporveksler er lagt inn med +6 dB tillegg.

### 3.5 Beregningsresultater

Det er beregnet utendørs lydnivå fra jernbanen alene for dagens situasjon og for tre alternative, fremtidige situasjoner. I tillegg er det beregnet eventuelt forhøyet lydbidrag på Bergens- og på Arnasiden fra jernbane og vegtrafikk samtidig for dagens situasjon.

#### 3.5.1 Jernbane

For å illustrere lydbidraget fra forskjellige togtyper er det i tabell 3.5.1.1 vist beregnet, døgn ekvivalent lydnivå (utgangsnivå v/hastighet 100 km/t) fra forskjellige togmateriell.

Tabell 3.5.1.1 Beregnet lydnivå fra forskjellige togtyper med trafikk tall for dagens og fremtidig togtrafikk.

Togmeter pr døgn	Togtype	Lydnivå (utgangsnivå v/hastighet 100 km/t)
72 m	BM 69	79,6 dBA
230 m	BM 73 Signatur	72,7 dBA
192 m	Ekspresstog El. lok	70,6 dBA
216 m	Nattog El. lok	70,6 dBA
435 m	Godstog El. lok	80,0 dBA

Som det fremgår av tabell 3.5.1.1 gir godstogtrafikken det høyeste lydbidraget både ved dagens trafikk og trafikk i 2015. Godstog blir således den dimensjonerende lydkilden i forhold til beregnet, maksimalt lydnivå, kfr. tabell 3.5.1.3.

Tabell 3.5.1.2 viser antall boliger med beregnet, ekvivalent lydnivå utenfor fasade mot jernbane over 55 dBA for de forskjellige fremtidige situasjoner i tillegg til dagens situasjon, kfr. vedlegg 1-8. Tabell 3.5.1.3 viser antall boliger med beregnet, maksimalt lydnivå utenfor fasade mot jernbane over 70 dBA om natten for dagens situasjon, kfr. vedlegg 15 og 16.

Tabell 3.5.1.2 Antall boliger med utendørs, ekvivalent lydnivå fra jernbane over 55 dBA, for 2015 og dagens situasjon.

Parsell	Forlenget kryssningsspor på Arna, trafikk-mengde i 2015		Dobbeltsporet jernbane, trafikk-mengde i 2015		Dagens jernbanespor, trafikkmengde i 2015		Dagens situasjon	
	55-60	> 60	55-60	> 60	55-60	> 60	55-60	> 60
Bergenssiden	26	15	39	19	24	15	24	15
Arnasiden	24	1	24	2	18	1	18	1
Sum	50	16	63	21	42	16	42	16
Totalt	66		84		58		58	

Tabell 3.5.1.3 Antall boliger med utendørs, maksimalt lydnivå fra jernbane over 70 dBA om natten, dagens situasjon.

Parsell	Godstog El. lok, dagens situasjon		
	70-74	75-79	80
Bergenssiden	58	26	27
Arnasiden	97	89	40
Sum	155	115	67
Totalt	337		

Avhengig av hvilke(t) spor godstog vil følge for de alternative fremtidige situasjonene vil antall boliger innenfor de forskjellige støysonene kunne endres. Endringer vil eventuelt kunne fremkomme for alternativet med dobbeltspor eller for alternativet med forlenget kryssningsspor.

### 3.5.2 Veg

I tabell 3.5.2.1 vises oversikt over antall boliger på Bergens- og Arnasiden (dagens situasjon) med beregnet utendørs lydnivå fra jernbanen på over 55 dBA som får øket lydnivå på grunn av lydbidrag fra vegtrafikk, for dagens situasjon.

Tabell 3.5.2.1 Antall boliger med utendørs ekvivalent lydnivå fra jernbanen på 55 dBA eller høyere, som vil få øket lydnivå på grunn av lydbidrag fra vegtrafikk, dagens trafikk.

Trase	Antall boliger	Utendørs, ekvivalent lydnivå	
		Bidrag fra jernbane alene	Bidrag fra vegtrafikk og jernbane
Bergenssiden	9	55-59 dBA	> 60 dBA
Arnasiden	0		

Frem til 2015 forutsettes en økning i årstøgntrafikk på ca 30 %, men det forventes ingen endring i skiltet hastighet eller andel tungtrafikk. Dette kan medføre en økning i utendørs ekvivalent lydnivå med 0-1 dB for boligene.

### 3.6 Støyskjermingstiltak

Etter avtale med oppdragsgiver er det i beregningene for dagens situasjon forutsatt planlagt støyskjerm kfr. [3], og for 2015 er det utført beregninger med støyskjermings-tiltak for alternativet dobbeltspor.

Støyskjermene er plassert langs strekninger med ekvivalent lydnivå fra jernbanen over 55 dBA utenfor boligfasade, og der vesentlig skjermingseffekt oppnås (lokal skjerming). I tabell 3.6.1 vises hvor det i følge beregningene vil være behov for støyskjerm langs jernbanetraseen for Bergens- og Arnasiden for de fremtidige situasjonene.

Det er gjort beregninger for støyskjermer med høyde fra 1,5 m til 2,5 m over bakken, lokalt plassert foran boliger og plassert langs jernbanelinje. Beregninger viser at en må opp i skjermhøyde på 2,5 m for å få dempingseffekt. Vedlegg 13 og 14 viser støy-beregninger henholdsvis for Bergens- og Arnasiden, samt plassering av støyskjermer. På Arnasiden er støyskjerm satt opp ved tunnelmunningen, og lokalt plassert framfor boliger. På Bergenssiden er det utført beregning med støyskjerm på nordøstlig side, samt lokalt plassert framfor boliger. Detaljert vurdering av støyskjermingstiltak må gjøres i senere planfase.

Tabell 3.6.1 Lokalisering av støyskjerm for Bergens- og Arnasiden med høyde 2,5 m.

Dobbeltspor i 2015	Løpemeteter skjerm	Plassering av skjerm
Bergenssiden	300*	Nord-øst for jernbanelinje og lokalt framfor boliger
Arnasiden	296*	Ved tunnelmunning og lokalt framfor boliger

\*Mer detaljerte vurderinger må utføres i en senere planfase.

Tabell 3.6.2 viser antall boliger med utendørs ekvivalent lydnivå fra jernbanen over 55 dBA med skjerming.

Tabell 3.6.2 Antall boliger med utendørs ekvivalent lydnivå fra jernbane over 55 dBA med skjerming. Dobbeltspor i 2015.

Parsell	Ekvivalent lydnivå > 55 dBA
Bergenssiden	36
Arnasiden	19
Totalt	55

### 3.6.1 Fasadetiltak

For boliger med beregnet utendørs ekvivalent lydnivå over 55 dBA, og for boliger nær jernbanen med flere etasjer, kan det være behov for fasadetiltak for å tilfredsstille kravene til innendørs lydnivå. Aktuelle tiltak kan være utskifting av friskluftsventil til lydempet ventil, utskifting av vinduer til vinduer med bedre lydreduserende egenskaper, og eventuelt tilleggisolering av ytterveggen for de mest støyutsatte boligene. Kartlegging av behov for fasadetiltak må gjøres i en senere planfase.

### 3.6.2 Særlig støyfølsom bebyggelse

Som særlig støyfølsom bebyggelse regnes blant annet skoler, sykehus, institusjoner, barnehager og lignende. For denne bebyggelsen er det gitt krav til ekvivalent lydnivå utenfor fasade og på utendørs oppholdsområder mindre enn eller lik 50 dBA. Multiconsult AS har av oppdragsgiver ikke fått informasjon om det ligger støyfølsom bebyggelse innenfor influensområdet. Imidlertid kjenner vi til at for eksempel "Blå Kors-bygget" har adresse Kalfarveien 102 og således faller innenfor særlig støyfølsom bebyggelse. Nærmere vurderinger av støyfølsom bebyggelse kan gjøres i senere planfase når underlaget er dekkende.

## 4. Vibrasjoner og strukturlyd

### 4.1 Generelt

Vibrasjoner som gir lydavstråling, har ofte så høy frekvens og så små amplituder at man bare kan høre støyen, men ikke kjenne vibrasjonene. Slik lyd kalles strukturoverført lyd eller bare strukturlyd. Normalt er det jernbane i tunnel som kan gi strukturlydproblemer i bygninger. Det er sjelden strukturlyd oppleves som et problem i boliger langs dagstrekninger, da bebyggelse så nær jernbanen stort sett vil ha et betydelig støybidrag fra luftlyd. Imidlertid kan strukturlyd være godt hørbar i rom som vender vekk fra jernbanen.

Som en tommelfingerregel kan man si at med hus og jernbane fundamentert på fjell, har man et potensielt strukturlydproblem. Når hus og bane står på løsmasser av leire kan man også få høye strukturlydnivåer på grunn av overføring i tørrskorpen.

Problemer med følbare rystelser fra jernbane kan oppstå når både bygning og jernbane står på løsmasse, og problemet er størst når det er bløt leire. Når bygningen står på fjell og jernbanen på løsmasser eller omvendt, kan man som regel se bort fra følbare rystelser. I henhold til rapport vedrørende "Sjenanse av strukturlyd fra jernbanetunneler" [7] er det i praksis kun når både spor og bygning står på løsmasser at følbare vibrasjoner kan være noe problem.

#### 4.2 Grenseverdier for vibrasjoner og strukturlyd

NS 8176 "Vibrasjoner og støt – Måling i bygninger av vibrasjoner fra landbasert samferdsel og veiledning for bedømmelse av virkning på mennesker," [4], gir veiledende grenseverdier for vibrasjoner i boliger, kfr. tabell 4.2.1. Maksimalkrav til lydnivå for boliger og helseinstitusjoner er gitt i [1]. Tabell 4.2.2 oppsummerer grenseverdiene.

Tabell 4.2.1 Veiledende klasseinndeling for boliger med høyeste grenseverdier av statistisk maksimalverdi for veid hastighet,  $v_{w,95}$ .

Vibrasjonsverdi	Klasse C <sup>1</sup>	Klasse D <sup>2</sup>
Statistisk maksimalverdi for veid hastighet, $v_{w,95}$	0,3 mm/s	0,6 mm/s

<sup>1</sup> Tilsvarer anbefalt grenseverdi for vibrasjoner i nye boliger og i forbindelse med planlegging og bygging av nye samferdselsanlegg.

<sup>2</sup> Tilsvarer vibrasjonsforhold som bør oppnås for eksisterende boligbebyggelse.

Tabell 4.2.2 Veiledende støygrenser for maksimalt lydnivå natt (22-06) fra utendørs lydtkilder.  $L_{pA,max}$  i dBA.

	Grense for innendørs, maksimalt lydnivå	Kommentarer
Strukturlyd og luftlyd samlet	45 dBA	NS 8175, fra utendørs lydtkilder
Strukturlyd alene	32 dBA	NS 8175, fra tekniske installasjoner

#### 4.3 Grunnforhold

Opplysninger om grunnforhold er hentet fra Jernbaneverket Region Vest, herunder berggrunnskart i 1:50 000 fra 1958, og skriftlig vurdering av fundamentering av jernbaneanlegget:

I Arna ligger dagens jernbaneanlegg på en sprengsteinsfylling som sannsynligvis er 5 m høy eller mer. Fyllingen ligger igjen på løsmasser. I skjæringen under riksveien og inn mot munningen på Ulrikstunnelen ligger jernbaneanlegget på fjell. Det samme gjelder de siste ca 20 m inn mot tunnelmunningen mot øst.

I Fløen ligger dagens jernbaneanlegg på sprengsteinsfylling inn mot broa over Kalfarveien. Høyden på fyllingen varierer, og fyllingen ligger på løsmasser av ukjent (stor) tykkelse. Brua over Kalfarveien er av betong. Mellom brua og tunnelmunningen ligger jernbanen antagelig på fjell.

Det nye jernbaneanlegget vil få tilsvarende løsninger som eksisterende.

#### 4.4 Beregningsmetoder

##### Generelt vedrørende metodene

Vibrasjoner og strukturlyd er beregnet ut fra en beregningsmetode som ble utviklet i forbindelse med arbeidene på Gardermobanen. Beregningsmetoden er fremdeles i en utviklingsfase og den har ikke blitt utprøvet og ettermålt tilstrekkelig til at den kan aksepteres som en endelig beregningsmetode for vibrasjoner og strukturlyd. I våre beregninger er det skilt mellom to forskjellige grunn typer, fjell og løsmasser. Beregningsresultatene er grove, og kontrollmålinger må utføres i en senere planfase.

Det foreligger på dette stadiet i planfasen ikke tilstrekkelig geoteknisk materiale til å si noe helt konkret vedrørende omfanget av vibrasjonsproblemer og strukturlydproblemer. Beregningene som er utført bygger således på grove forenklinger. Der hvor ikke annet klart fremkommer av kartmaterialet er det forutsatt samme type grunn på sideterrenget som i trasèen. Dette er en forutsetning klart til konservativ side. Ved forskjellig type grunn under trasèen og på sideterrenget vil utbredelsen av både vibrasjoner og strukturlyd endres betraktelig.

Nytt dobbeltspor vil ligge parallelt med dagens jernbane, og dermed ha de samme grunnforholdene. Nye tog og nye skinner vil normalt generere mindre vibrasjoner enn gammelt og slitt materiell.

##### Vibrasjoner

Vibrasjoner er beregnet ut fra en metode utviklet for NSB Gardermobanen med bakgrunn i vibrasjonsmålinger foretatt på Lillestrøm.

Beregningsformelen har følgende generelle form:

Vibrasjonsnivå = utgangsverdi\*korreksjonsfaktorer\*sikkerhetsfaktor\*forsterkningsfaktor

Utgangsverdien er avhengig av togtype og grunnforhold.

Utgangsverdi og korreksjonsfaktorer er vurdert ut fra Multiconsult AS sine erfaringsdata.

Forsterkningsfaktoren (byggningsfaktoren) av vibrasjonene i bakken foran huset i forhold til vibrasjonene på gulvet i boligene settes lik 2,0 som erfaringsmessig gjelder for eneboliger. Tunge boligblokker har lavere korreksjonsfaktor enn eneboliger. Dette må vurderes spesielt.

Det er benyttet sikkerhetsfaktor 2,0.

Vurderingene bygger på Multiconsult sine erfaringer fra tidligere målinger og beregninger som finnes i Rapport C-RA-006, "Beregning av vibrasjonsnivåer for linje Nitelva-Åråsen" [5].

##### Strukturlyd

Beregningene utføres etter samme prinsipp og med samme byggningsfaktor som for vibrasjoner.

Korreksjonsfaktor for grunnforhold og avstandsdempning vurderes ut fra kurve gitt i [5]. Beregning av strukturlydnivå er utført i hht. Rapport C-RA-001, "Strukturlyd fra jernbane, Nitelva—Åråsen" [6].

## 4.5 Beregningsresultater

### 4.5.1 Vibrasjoner

Det er gjort beregninger for dagens situasjon og fremtidig situasjon for å kunne anslå maksimal avstand fra spormidte hvor det kan bli vibrasjoner over grenseverdien på henholdsvis  $v_{w,95} \leq 0,3$  mm/s og  $v_{w,95} \leq 0,6$  mm/s med godstrafikk som ugunstigste togmateriell. Ifølge grunnlagsdata vil dobbeltsporet ligge på fast og stabil grunn. Beregningene er gjennomført med utgangspunkt i hastighetsprofilene gitt i tabellene 3.2.1.3-3.2.1.5. I tabell 4.5.1 er maksimal avstand fra spormidte, der vibrasjoner kan overstige gitte grenseverdier relatert til grunnforhold bygning / spor. Maksimal avstand er beregnet ved høyeste hastighet for den aktuelle togtypen.

Beregningsresultatene er som angitt grove og nye beregninger og kontrollmålinger må utføres i en senere planfase.

Tabell 4.5.1 Maksimal avstand fra spormidte, der vibrasjoner kan overstige gitte grenseverdier relatert til grunnforhold bygning / spor.

Vibrasjonsverdi	Grunnforhold bygning / spor	Avstand fra spormidte, godstog
$v_{w,95} \leq 0,3$ mm/s	Fjell / løsmasse	*
	Løsmasse / løsmasse	< 30 m
	Fjell / fjell	*
$v_{w,95} \leq 0,6$ mm/s	Fjell / løsmasse	*
	Løsmasse / løsmasse	< 20 m
	Fjell / fjell	*

\* Det er i praksis kun når både spor og bygning står på løsmasser at følbare vibrasjoner kan være noe problem, kfr [7].

### 4.5.2 Strukturlyd

Tunnelen på strekningen er lang. En del bebyggelse vil derfor være utsatt for strukturlyd alene. Den bebyggelsen som er utsatt for både strukturlyd og luftlyd fra åpen bane kommer under det samlede kravet til strukturlyd og luftlyd  $L_{pA,maks} \leq 45$  dBA (natt), kfr. tabell 4.2.2. Kravet til strukturlyd alene er  $L_{pA,maks} \leq 32$  dBA.

Tabell 4.5.2 viser beregnede sammenhenger mellom avstand fra jernbanelinjen og strukturlydnivåer. Det skilles mellom om grunnen på stedet er løsmasser eller fjell. Løsmassene kan være grus, sand, silt eller middels fast leire.

Tabell 4.5.2 Avstand fra spormidte der strukturlydnivået kan bli over 32 dBA, i løsmasser og på fjellgrunn. Uten tiltak.

Grunnforhold	Avstand fra spormidte ved strukturlydnivå i bolig, $L_{pA,maks} > 32$ dBA	
	Hastighet = 30 km/t	Hastighet = 110 km/t
Løsmassegrunn	< 20 m	< 30 m
Fjellgrunn	< 65 m	< 110 m



Rom som vender bort fra jernbanen kan for bebyggelse på fjellgrunn som ligger innenfor 110 m radius fra spormidte i tunnelmunninger på Arna- og Bergenssiden således i henhold til tabell 4.5.2 være utsatt for strukturlydnivå over 32 dBA. Omfanget av berørte rom (boliger) må imidlertid vurderes i det videre planarbeidet når man har tilstrekkelig detaljert grunnlag vedrørende grunnforholdene for bebyggelsen langs jernbanen på Bergens- og Arnasiden. Likeledes må eventuelle avbøtende tiltak foreslås i senere planfase.

## 5. Kostnadsoverslag

### Støyskjermer

For skjerming av støy fra toglinjene er det forutsatt en tett støyskerm med absorberende flate inn mot skinnegangen. Det er viktig med god fundamentering på grunn av stort vindtrykk/-sug ved togpasseringer i stor hastighet. Det er også viktig at skjermen tetter godt ned mot bakken.

Med utgangspunkt i erfaringstall fra tidligere gjennomførte prosjekter antas kostnad for en 1,5-2,5 m høy støyskerm å være ca kr. 15-16 000 pr løpemeter. Dette inkluderer prosjektering og byggeledelse. Det forutsettes da at fundamenteringen ikke byr på spesielle problemer. Kostnader for støyskerm blir således som vist i tabell 5.1.

Tabell 5.1 Kostnadsoverslag for støyskjermingstiltak i 1000 kr.

Parsell	Antall boliger som blir skjermet	Skjermkostnad i 1000 kr
Bergenssiden	22	4800*
Arnasiden	7	4740

\*Opprinnelig planlagt skjerm over jernbanebro er 1,5 m høy. I kostnadsoverlaget er det ikke innkalkulert merkostnad i forbindelse med å øke skjermhøyden til 2,5 m.

### Fasadetiltak

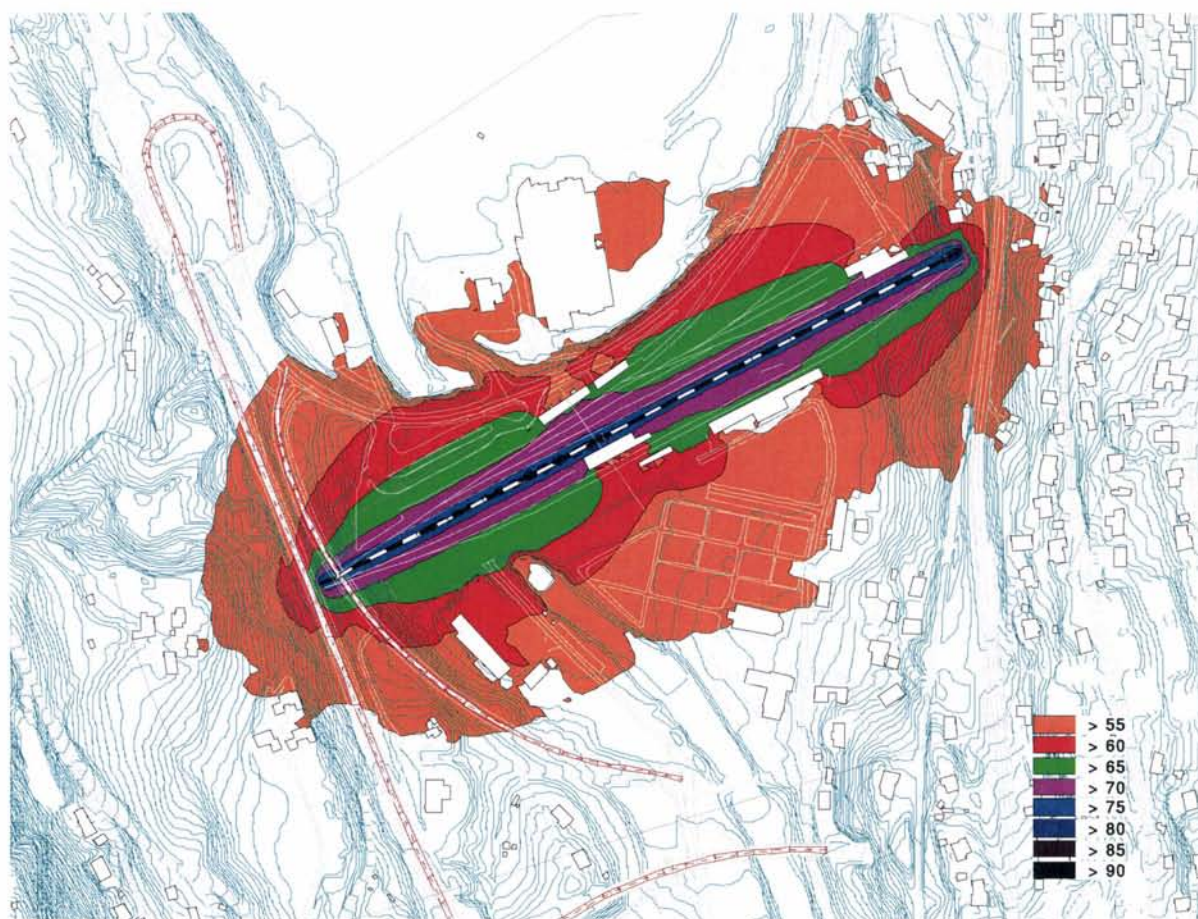
Boliger som får lydnivå utenfor fasade på over 55 dBA etter støyskjermingstiltak må vurderes med tanke på lydreduserende fasadetiltak i en senere planfase når grunnlag vedrørende etasjetall for boligene foreligger fra oppdragsgiver.

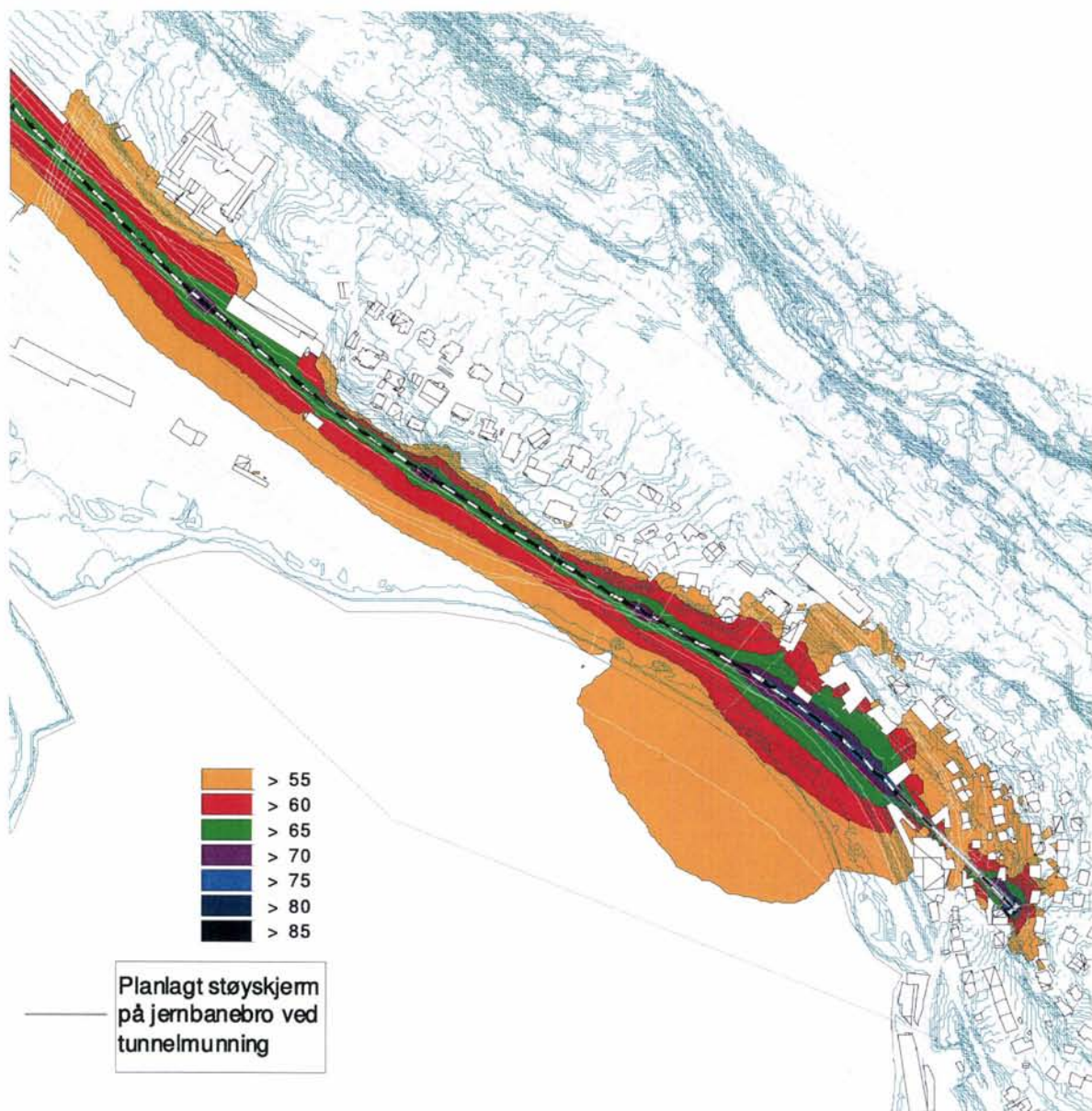
## 6. Referanser

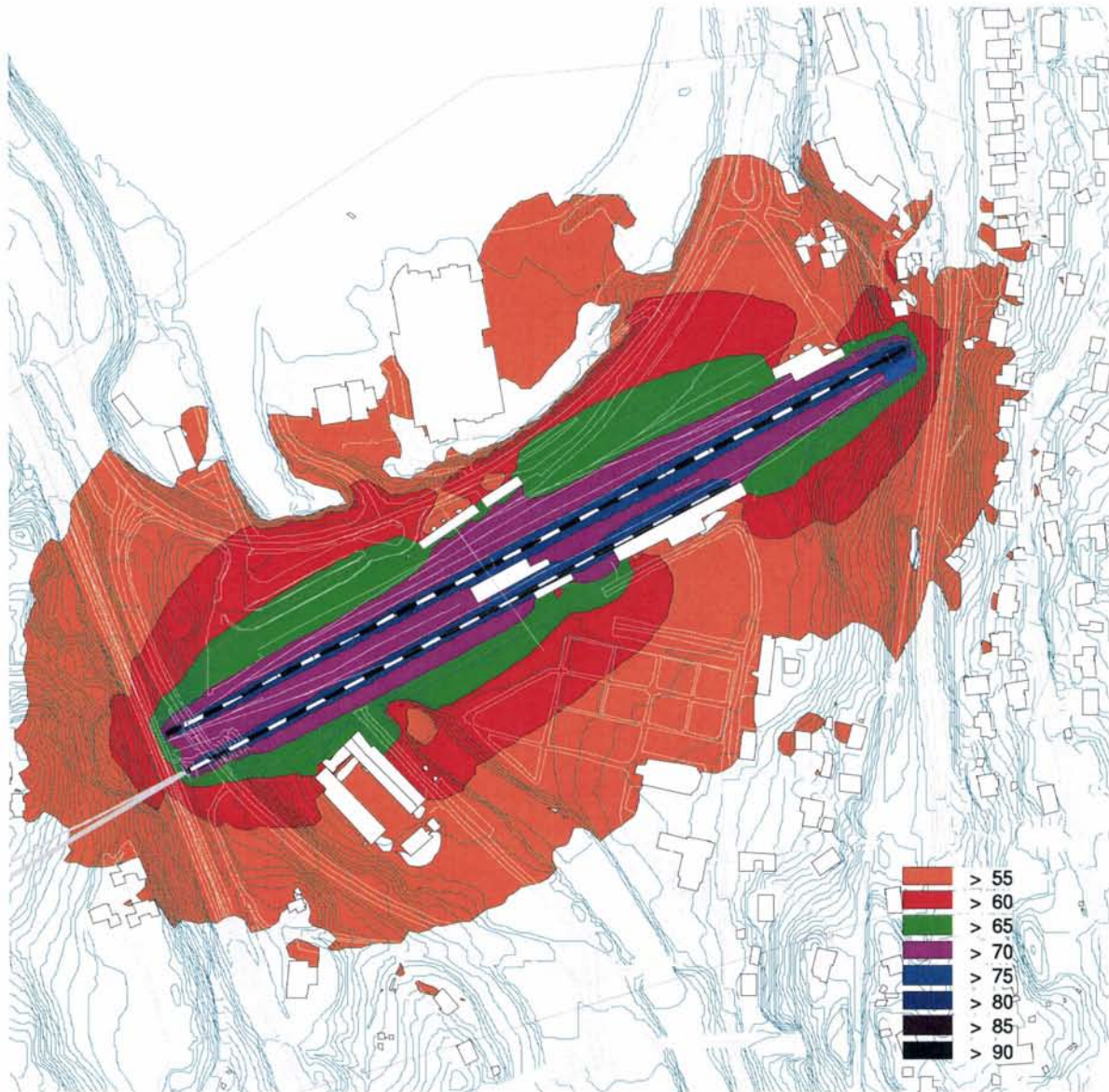
- [1] Rundskriv T-8/79 "Retningslinjer for vegtrafikkstøy – planlegging og behandling etter bygningsloven."
- [2] Cadna A er et støyberegningsprogram som er utviklet av det tyske firmaet Datakustik GmbH. Programmet forhandles i Norge av Norsonic AS. I programmet er den Nordiske beregningsmetoden for skinnegående trafikk, vegtrafikk og industristøy implementert. Programmet baserer seg på det samme grunnlaget som Nomet/Nomes og beregner etter den samme beregningsmodellen. Cadna A kan importere digitale kartgrunnlag på flere format, blant annet SOSI, dxf, arcview, etc. Nomes kan bare importere SOSI-filer. Cadna A kan også benyttes uten bruk av digitalt kartgrunnlag. Cadna A er i dag i bruk i flere av de største fagmiljøene i Norge, blant annet Multiconsult AS, Statkraft Grøner AS og Sinus AS. Helsevernetaten i Oslo benytter Cadna A til kartlegging av støyforholdene i hele Oslo. Cadna A er sjekket og kontrollert opp mot andre beregningsverktøy, blant annet NBstøy, Nomet/Nomes og Milstøy (beregningsverktøy for beregning av skytefelt-støy). Det er ikke funnet forskjell i beregningsprogrammene.

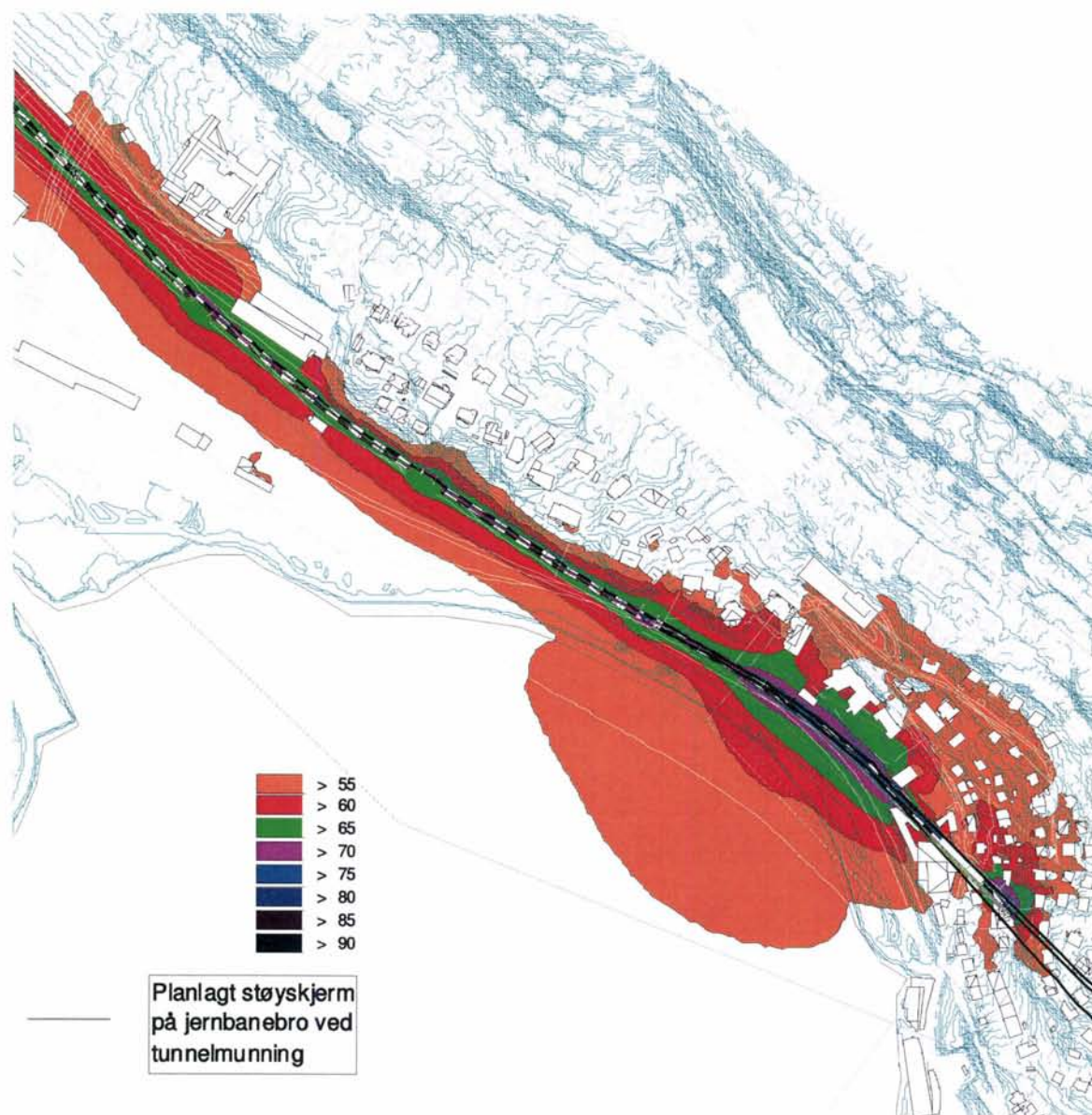
Cadna A har av Multiconsult AS vært benyttet i flere prosjekter:

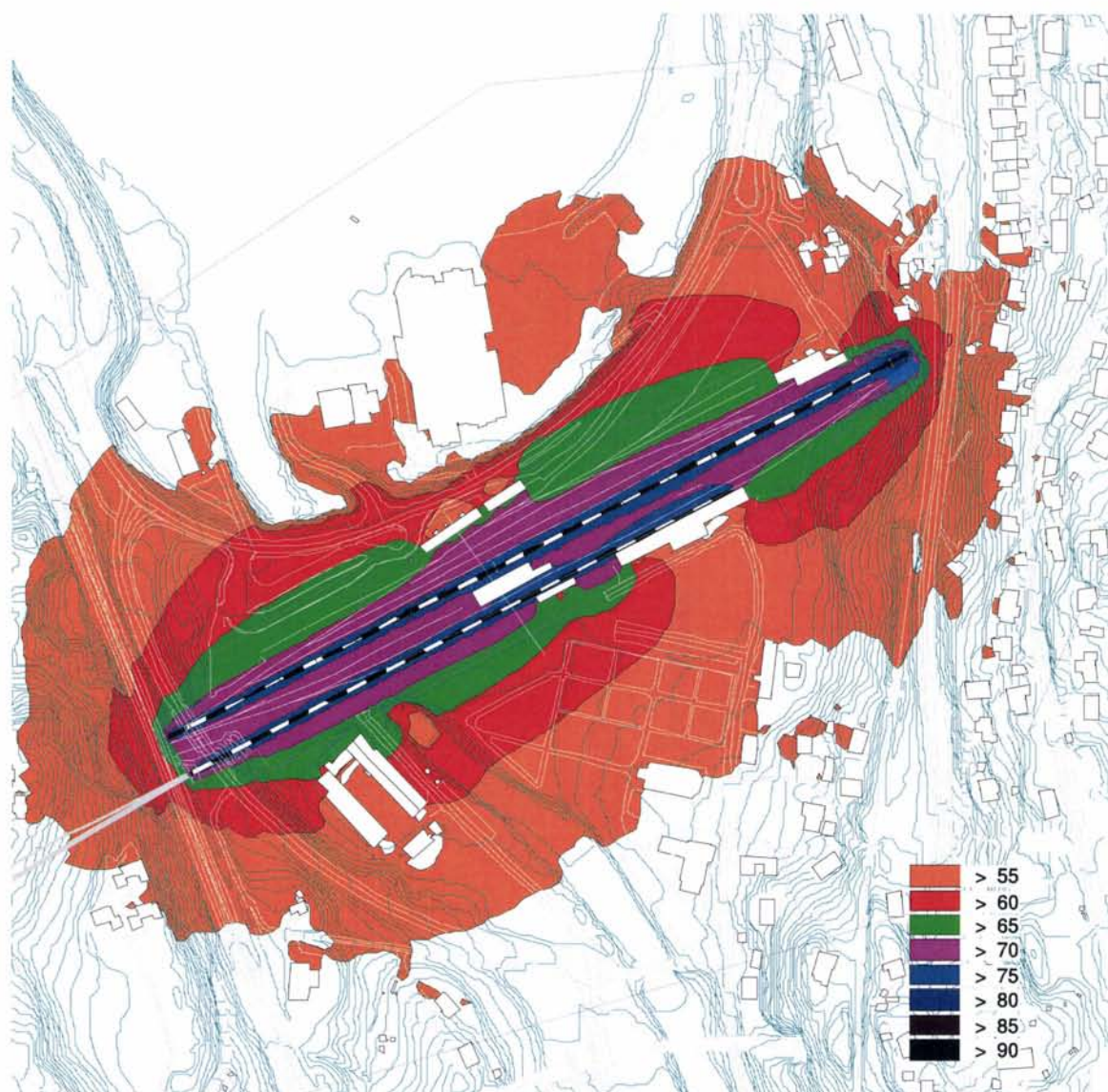
- Tiltaksutredning del 2, Jernbaneverket Region Øst
  - Tiltaksutredning del 2, Statens vegvesen Oslo vegkontor, Ring 3
  - NSB Gardermobanen, verifisering av beregnede verdier med vurdering av nye støyskjermingsløsninger
- [3] Støytiltaksutredning fase 2 for Voss, Vaksdal og Bergen, juni 2002
  - [4] NS 8176 "Vibrasjoner og støt – Måling i bygning av vibrasjoner fra landbasert samferdsel og veiledning for bedømmelse av virkning på mennesker."
  - [5] Rapport C-RA-006, "Beregning av vibrasjonsnivåer for linje Nitelva-Åråsen." Multiconsult AS.
  - [6] Rapport C-RA-001, "Strukturlyd fra jernbane, Nitelva - Åråsen." Multiconsult AS.
  - [7] Rapport vedrørende "Sjenanse av strukturlyd fra jernbanetunneler" utarbeidet av Brekke & Strand akustikk as 17.03.2003.

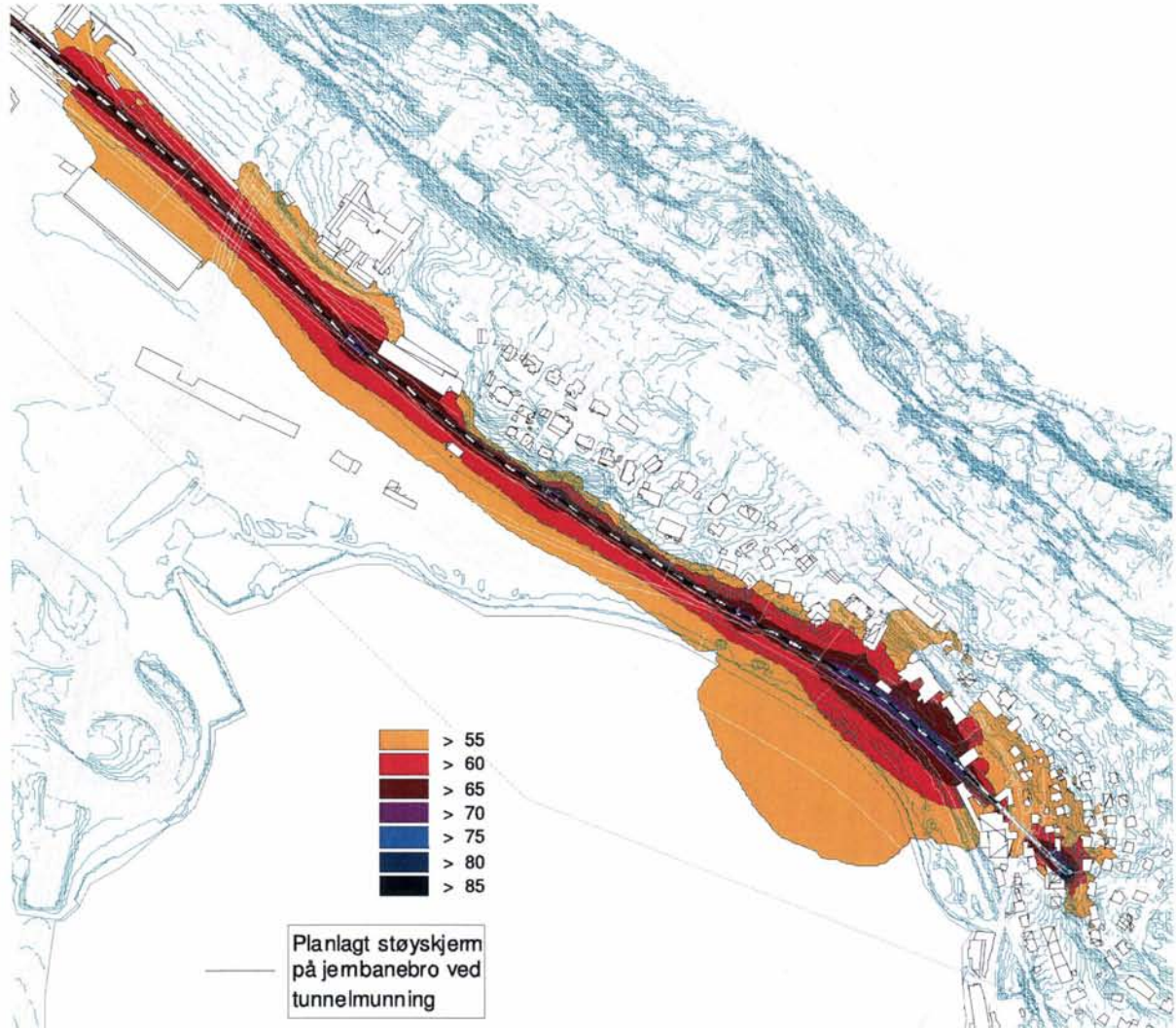




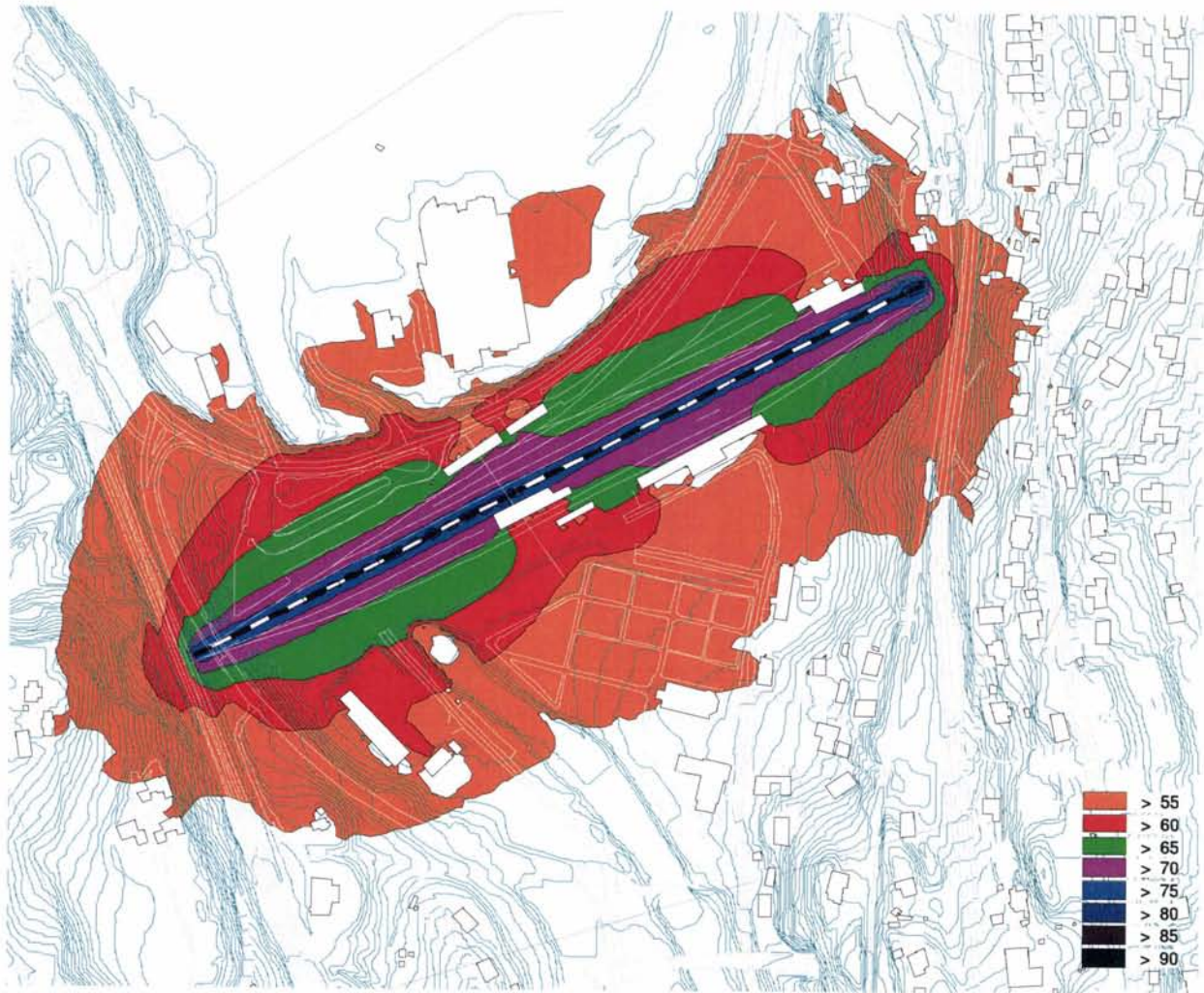


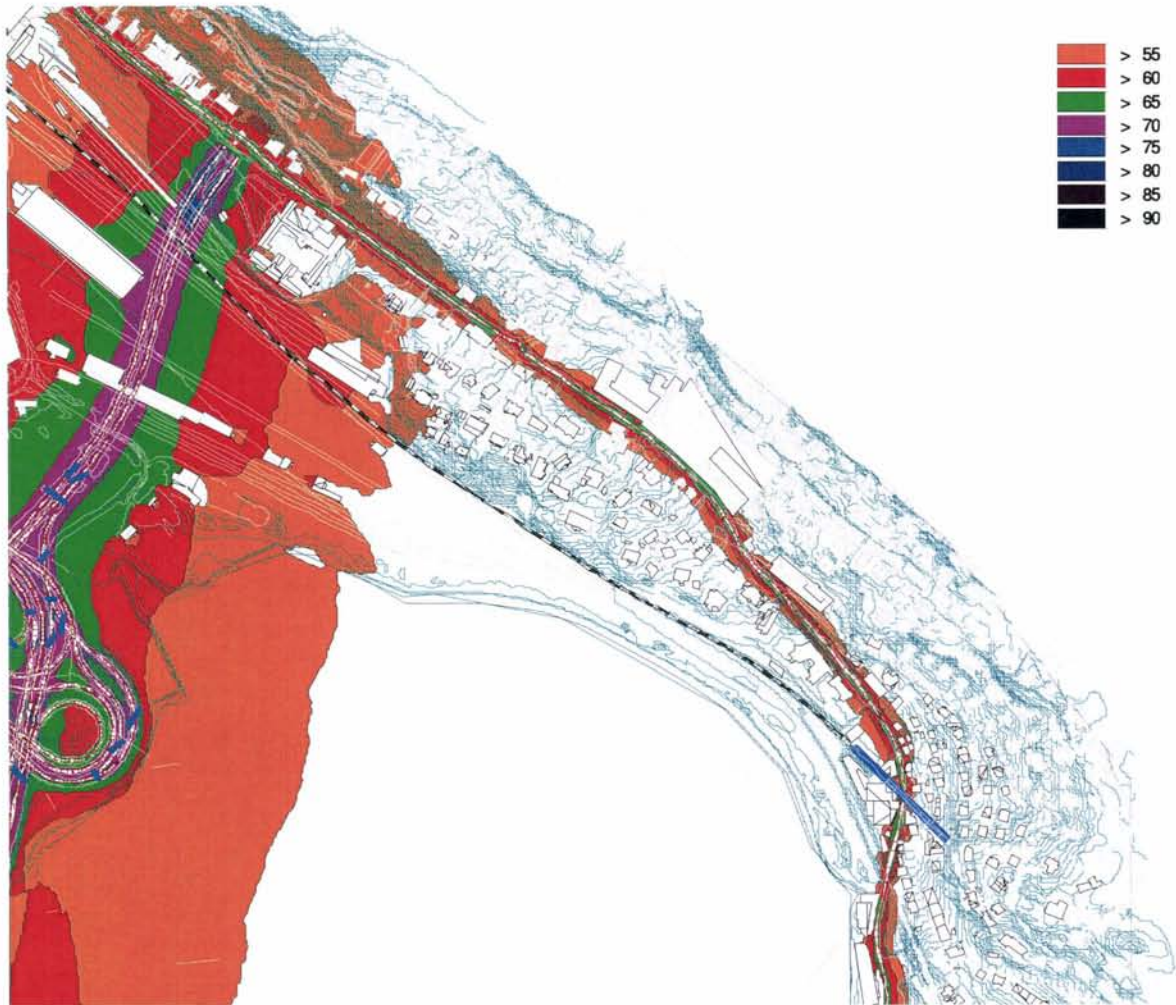


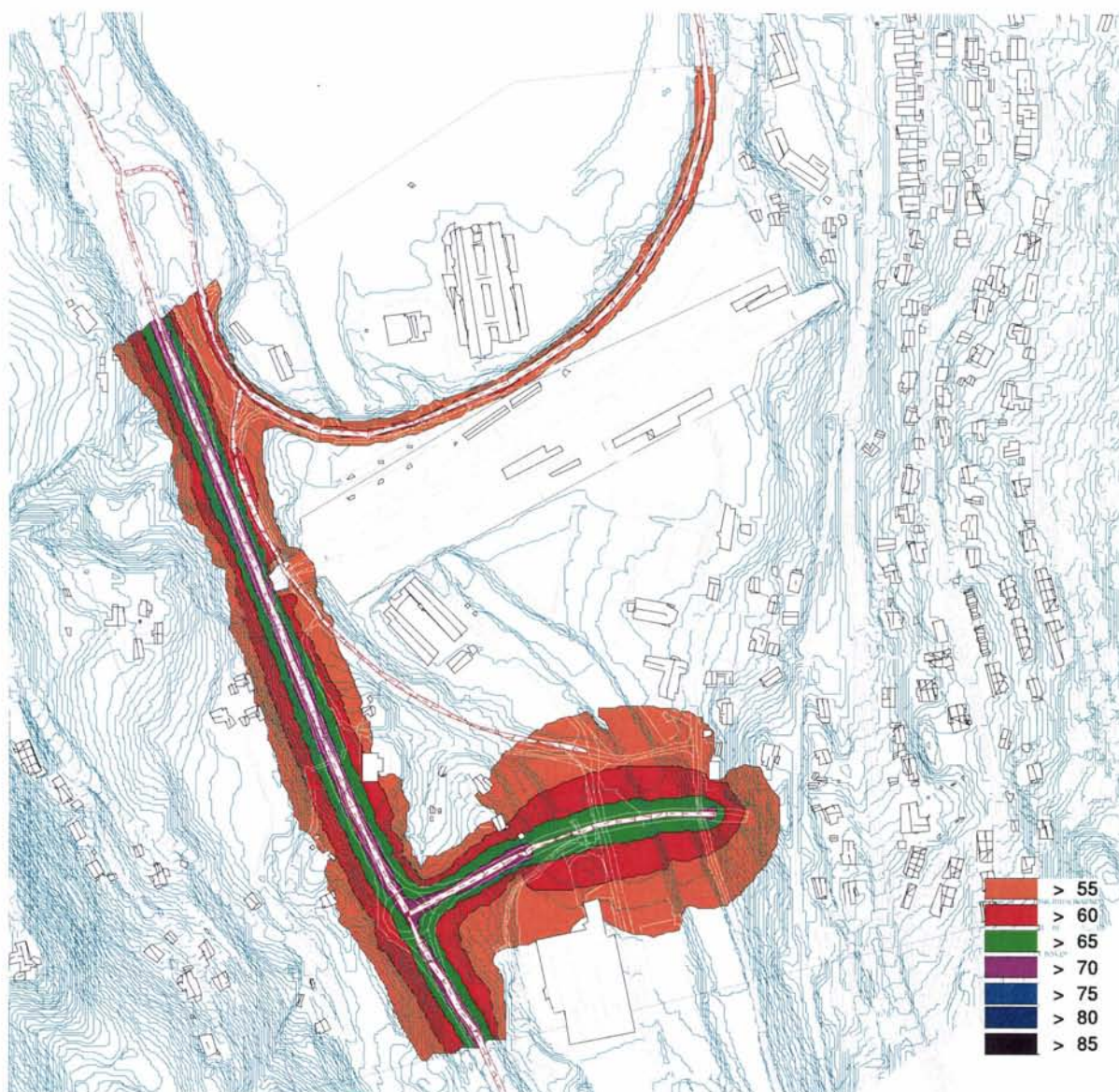


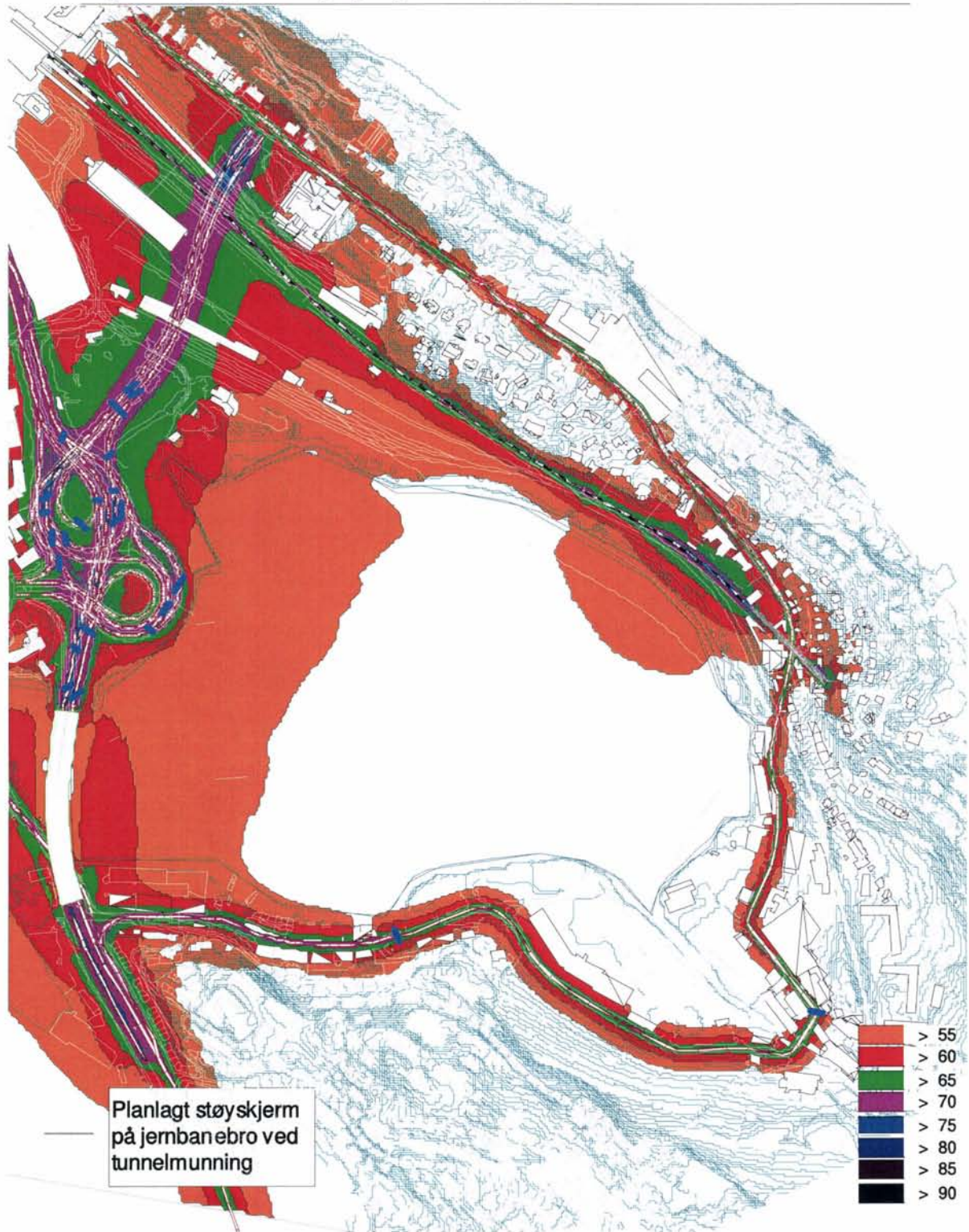


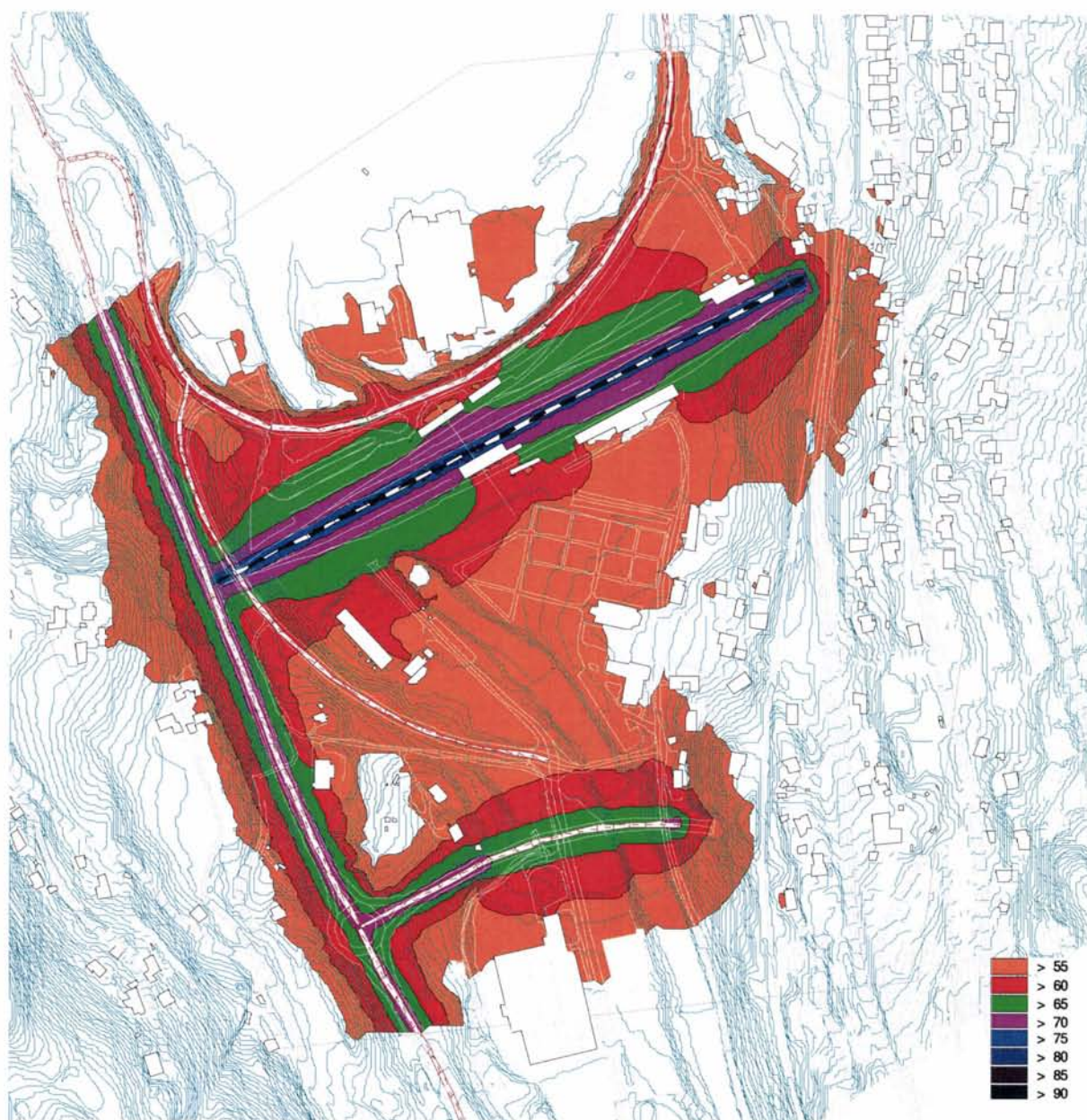


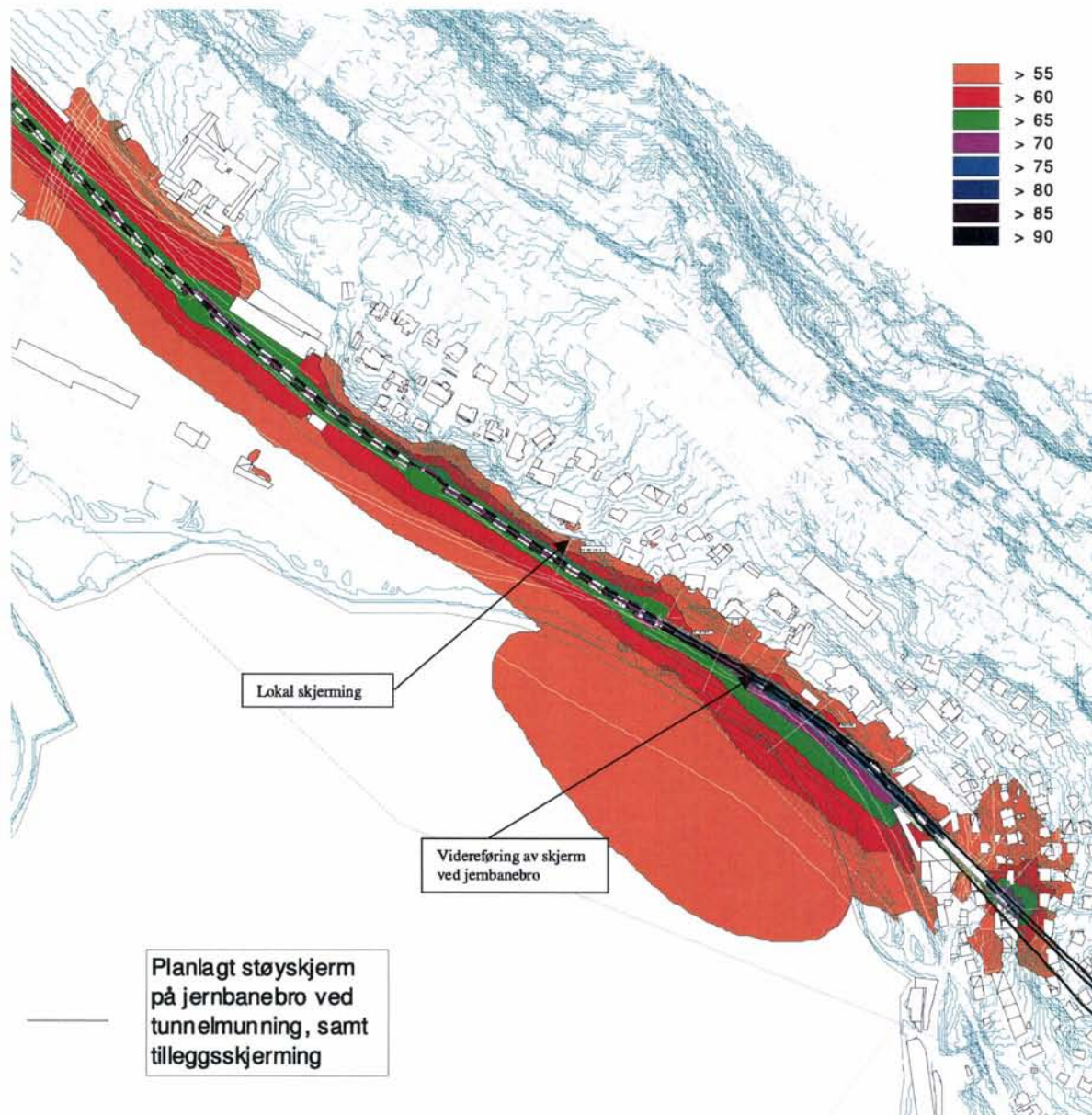




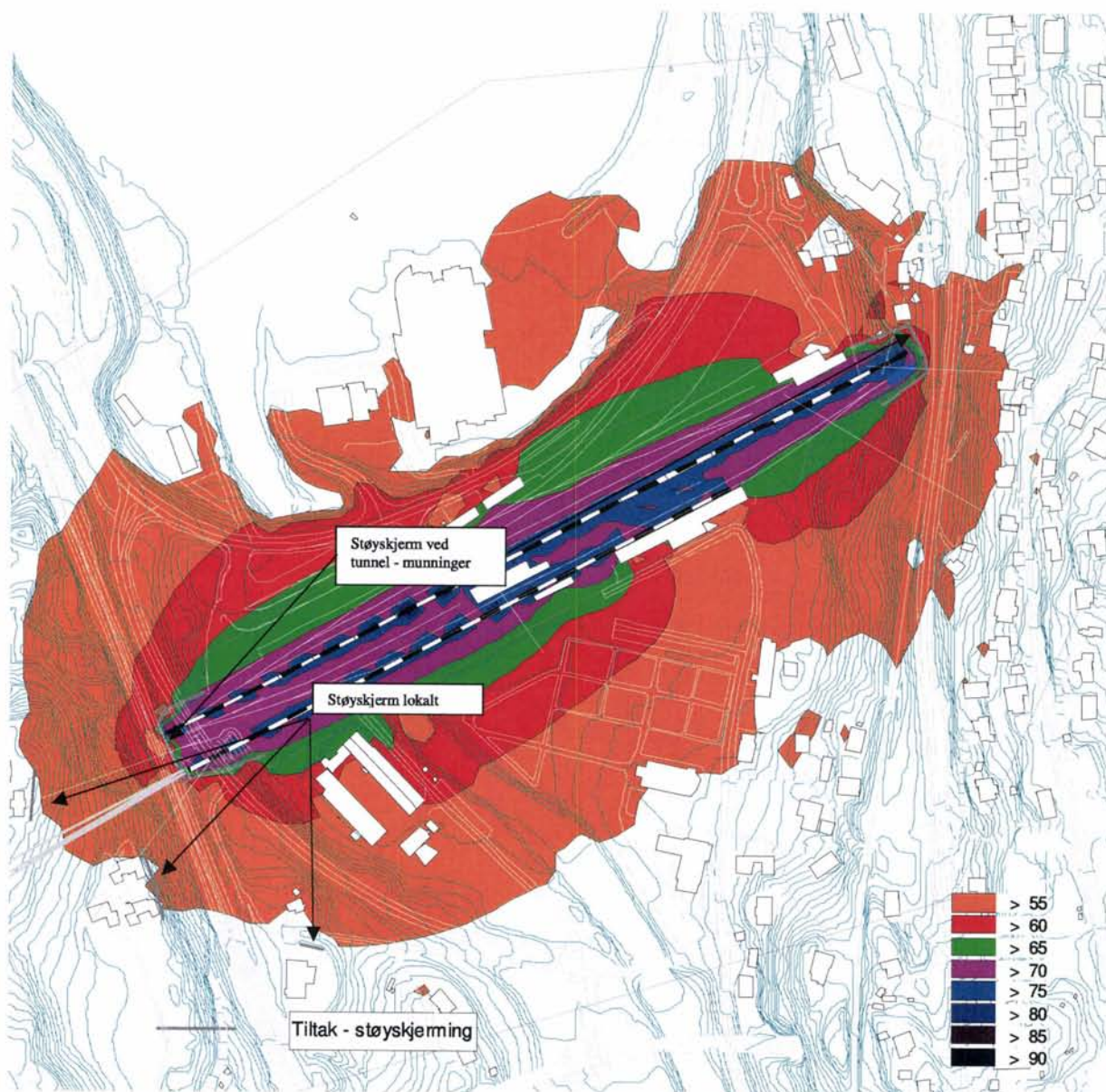




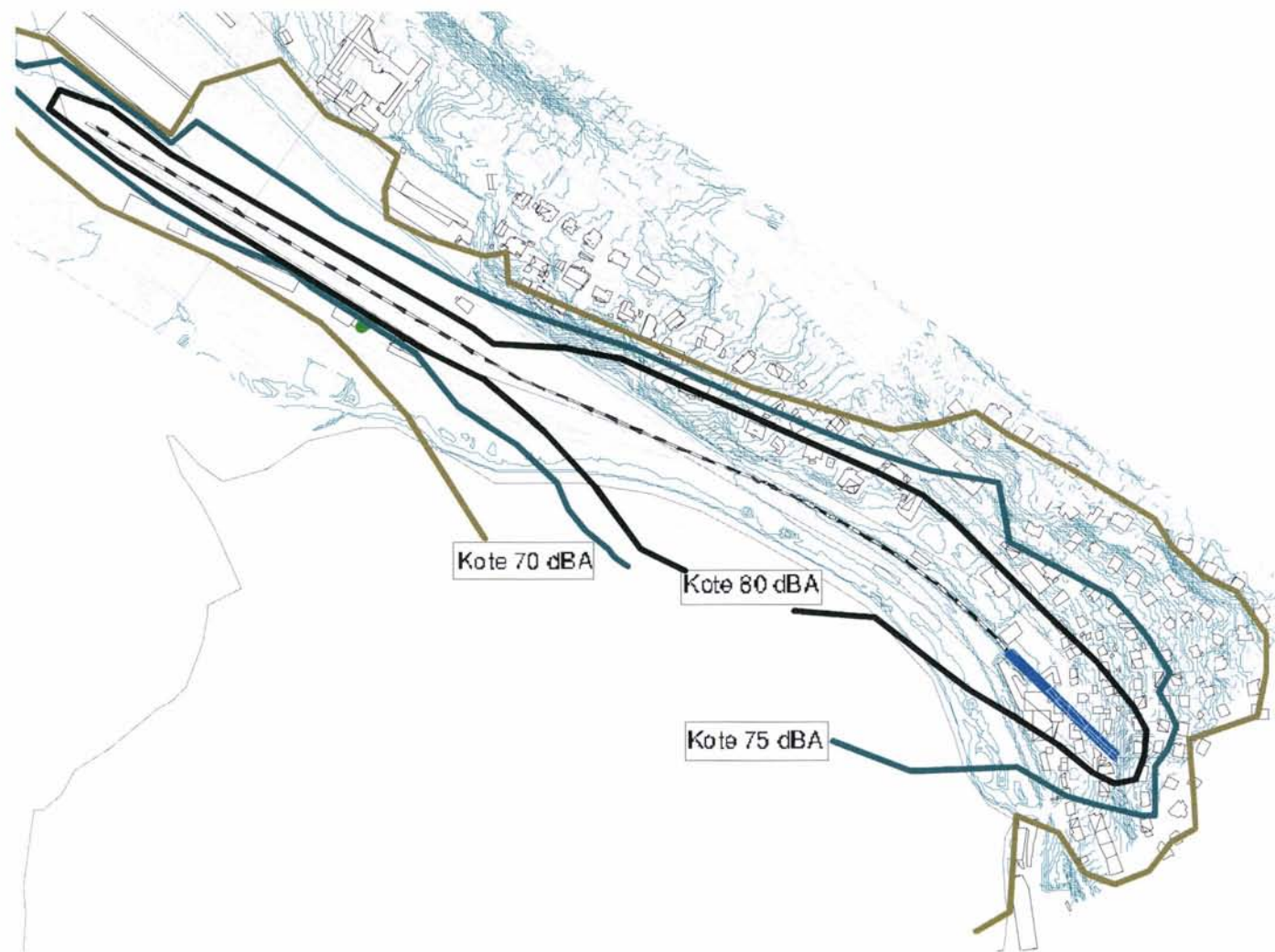




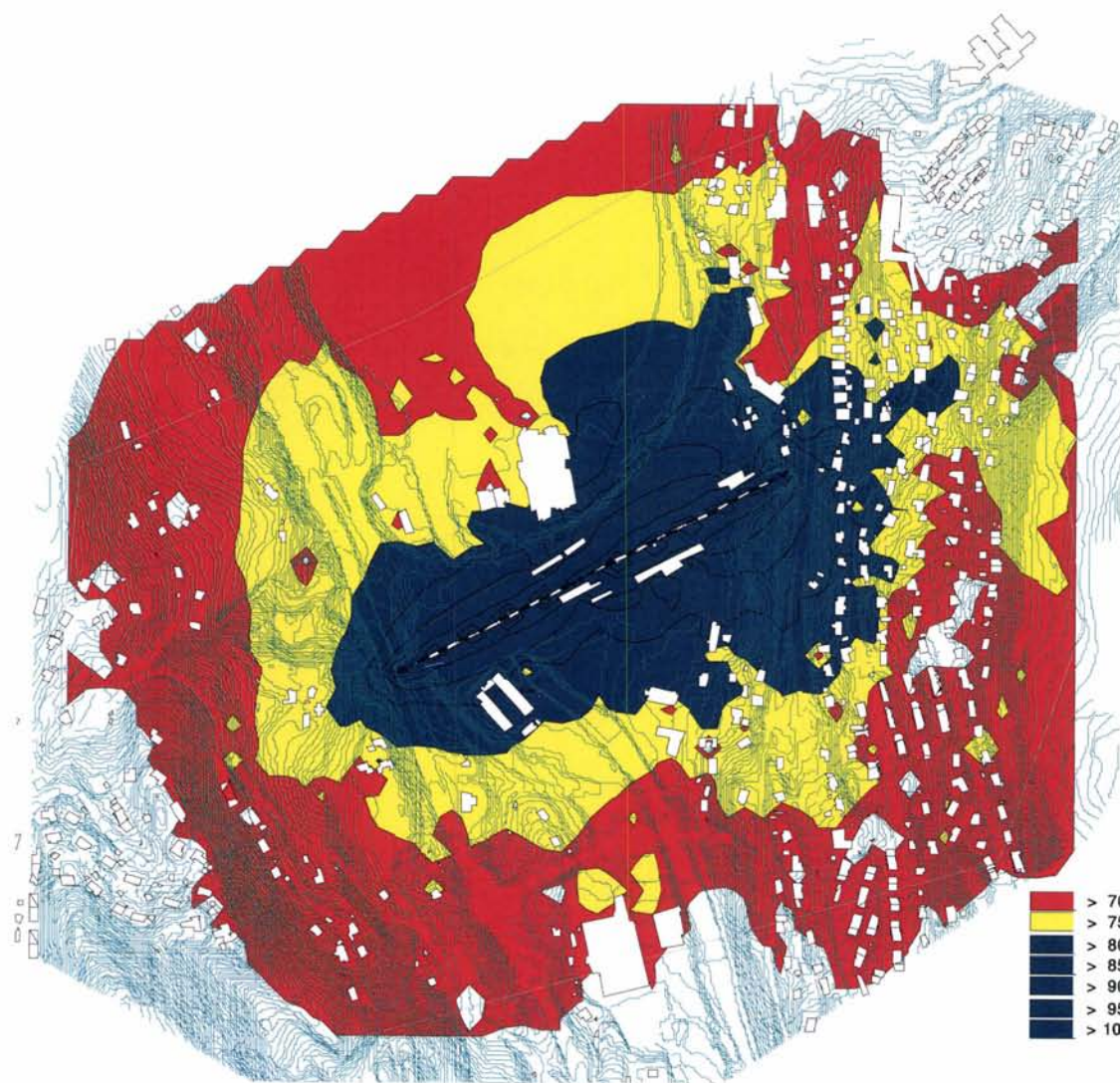
**Kommentar:** Eksisterende planlagte støyskjermer over jernbanebro har høyde 2,5 m. Videre støyskjermer langs jernbanespor har høyde 2,5 m. Lokal skjerming ved boliger har støyskjem med høyde 2,0 m over bakken.

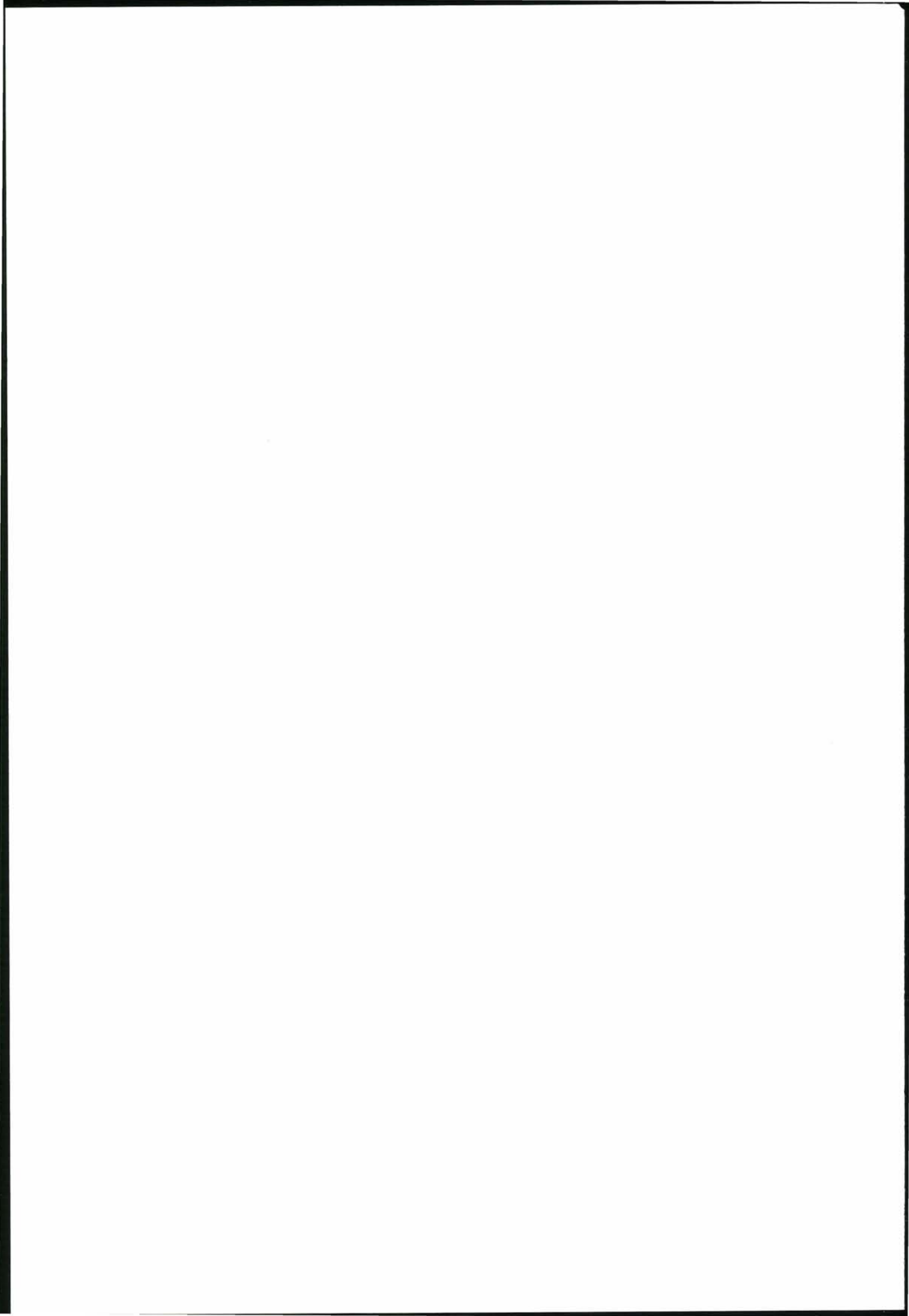


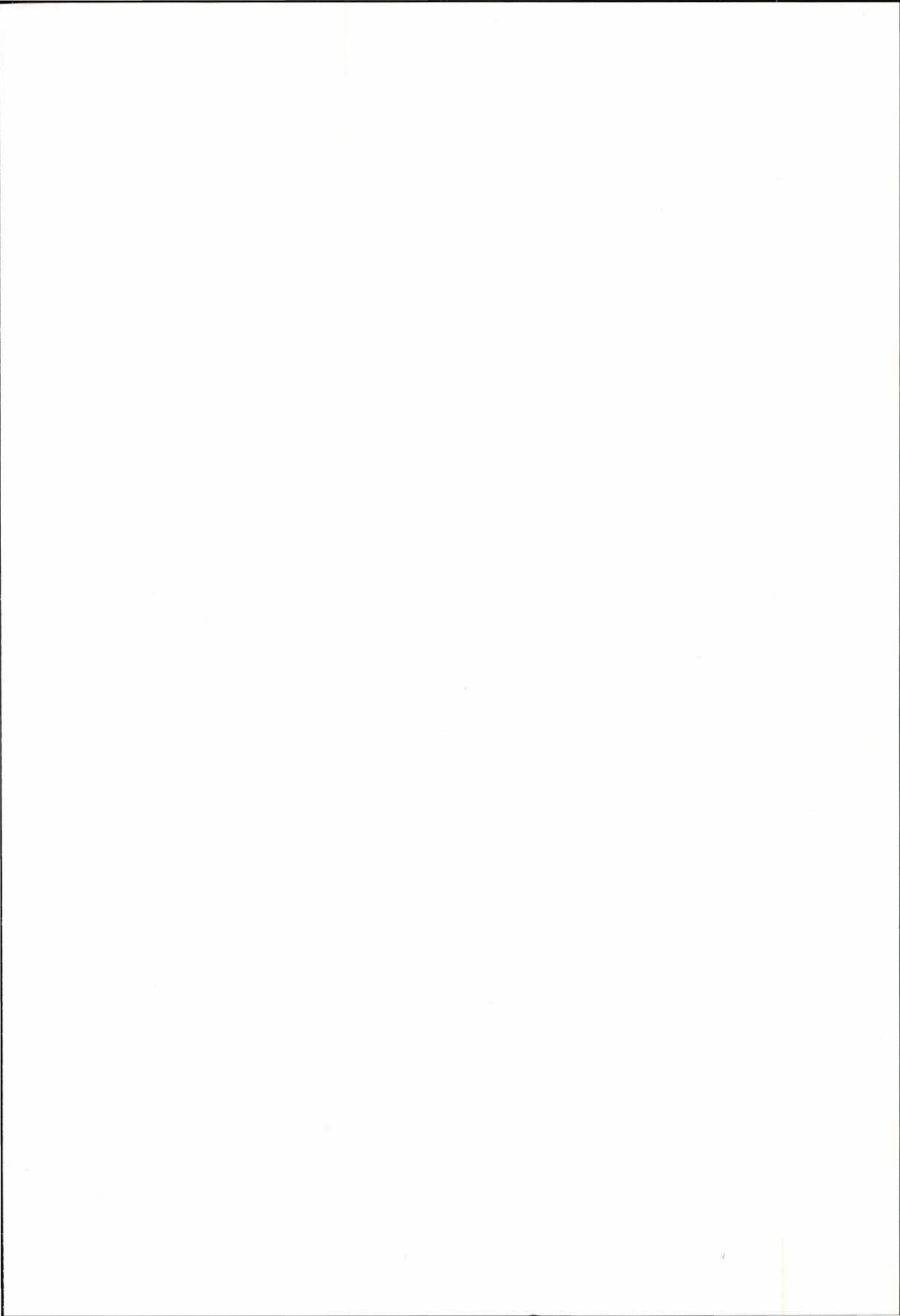
**Kommentar:** Lokal skjerming ved boliger har støyskjem med høyde 2,5 m over bakken.  
Støyskjem langs jernbane/tunnelmunninger har høyde 2,5 m over bakken.











Jernbaneverket  
Biblioteket



09TU11195

