

---

RAPPORT

# Stad Skipstunnel

---

OPDRAGSGIVER

Kystverket

EMNE

Luftstøy fra bygge- og anleggsvirksomhet

DATO / REVISJON: 28. juni 2022 / 00

DOKUMENTKODE: 10226405-04-RIA-RAP-001

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Stad Skipstunnel</b>	DOKUMENTKODE	10226405-04-RIA-RAP-001
EMNE	Luftstøy fra bygge- og anleggsvirksomhet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Kystverket</b>	OPPDRAGSLEDER	Bård Øyvind Solberg
KONTAKTPERSON	<b>Terje Skjeppestad</b>	UTARBEIDET AV	André Negård
KOORDINATER:		ANSVARLIG ENHET	10234021
KOMMUNE:	Stad		Spesialrådgivning Midt

## SAMMENDRAG

Multiconsult AS har på oppdrag fra Kystverket beregnet støy fra bygge- og anleggsarbeider i forbindelse med bygging av Stad Skipstunnel.

Det er beregnet støysonekart og vurdert støybelastning for naboer etter grenseverdier gitt i T-1442/2021.

Beregningene i denne rapporten viser at døgkontinuerlig anleggsvirksomhet ved skipstunnelen vil gi til dels store overskridelser av grenseverdiene for støy. Grenseverdiene på natt vil være spesielt utfordrende, og på det meste kan så mange som nesten 100 støyfølsomme bygg få støy over grenseverdiene på natt.

Det vil være avgjørende for prosjektet at valgt entreprenør tidlig har fokus på støy, og dermed skaffer seg oversikt over hvor mye støy den planlagte aktivitet vil gi, hvordan dette kan reduseres gjennom driftsmønster, driftstider, valg av utstyr og skjerming, samt eventuelt hvilke naboer som må få tilbud om lokale tiltak eller alternativ bolig.

Det er også viktig å opprette god kommunikasjon med naboer, kommune og helsemyndighet, samt opprette system for varsling, håndtering av klager og kontinuerlig måling og overvåking av støy fra anleggsvirksomheten, slik at en ved behov stadig kan forbedre de støyreducerende tiltakene.

00	28.06.2022	Utarbeidelse rapport	André Negård	Tonje Fjellheim Dahl	Bård Øyvind Solberg
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Akustiske definisjoner.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Krav og grenseverdier .....</b>	<b>6</b>
	3.1 Uten impulslyd.....	6
	3.2 Med impulslyd .....	6
<b>4</b>	<b>Beregninger .....</b>	<b>7</b>
	4.1 Beregningsmetode.....	7
	4.2 Driftssituasjon.....	7
	4.3 Lydkilder .....	9
	4.4 Plassering av lydkilder.....	9
<b>5</b>	<b>Beregningsresultater .....</b>	<b>10</b>
	5.1 Fase 1: Dagsone .....	10
	5.2 Fase 2: Oppstart tunnel .....	11
	5.3 Fase 3: Tunneldriving .....	11
	5.4 Oppsummering .....	12
<b>6</b>	<b>Diskusjon av avbøtende tiltak.....</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>Vedlegg.....</b>	<b>15</b>

## 1 Innledning

Multiconsult AS har på oppdrag fra Kystverket beregnet støy fra bygge- og anleggsarbeider i forbindelse med bygging av Stad Skipstunnel.

Det er beregnet støysonekart og vurdert støybelastning for naboer etter grenseverdier gitt i T-1442/2021.

Figur 1 viser planlagt plassering av skipstunnelen i Stad kommune, mellom Kjødspollen i øst og Moldefjorden i vest.



Figur 1: Planlagt plassering av Stad Skipstunnel mellom Kjødspollen i øst og Moldefjorden i vest i Stad kommune. Omtrentlig tunnelpåslag og anleggsområde er angitt med røde sirkler. Kartutsnitt fra Finn.no.

## 2 Akustiske definisjoner

**Ekvivalent lydnivå  $L_{pA,eq,T}$**  - Det ekvivalente lydnivået  $L_{Aeq,T}$  er et mål på det gjennomsnittlige (energimidlede) nivået for varierende lyd over en bestemt tidsperiode T. Ekvivalentnivå gjelder for en viss tidsperiode T, f.eks. 1/2 time, 8 timer, 24 timer.

**$L_d$**  - A-veiet ekvivalent lydnivå for dag. Tidspunkt for dagperioden, kl. 07 – 19.

**$L_e$**  - A-veiet ekvivalent lydnivå for kveld (evening). Tidspunkt for kveldsperioden, kl. 19 – 23.

**$L_n$**  - A-veiet ekvivalent lydnivå for natt. Tidspunkt for nattperioden, kl. 23 – 07.

**Frittfelt lydnivå / Innfallende lydnivå** - Med frittfelt eller direktefelt menes når lydbølgene brer seg fra kilden uten å reflekteres. Frittfeltverdi er lydnivå når det kun tas hensyn til direktelydnivået, og ser bort fra refleksjon fra fasaden på den aktuelle bygning. Refleksjon fra andre flater skal imidlertid regnes med.

### 3 Krav og grenseverdier

#### 3.1 Uten impulslyd

Miljøverndepartementets «Retningslinje for behandling av støy i arealplanleggingen (T-1442/2021)» er lagt til grunn for beregningene. I Kap. 6 i T-1442 er det gitt retningslinjer for begrensning av støy fra bygg- og anleggsvirksomhet.

Grenseverdiene er gitt med utgangspunkt i en total driftstid på mer enn 6 måneder og uten impulslyd som vist i Tabell 1.

Tabell 1: Anbefalte støygrenser utendørs for bygg- og anleggsvirksomhet for Stad Skipstunnel uten impulslyd. Alle grenser gjelder ekvivalent lydnivå i dBA, frittfeltverdi og gjelder utenfor rom for støyfølsom bruk.

Bygningstype	Støykrav på dagtid (L <sub>pAeq12h</sub> 07-19)	Støykrav på kveld ( L <sub>pAeq4h</sub> 19-23) eller søn-/helligdag (L <sub>pAeq16h</sub> 07-23)	Støykrav på natt (L <sub>pAeq8h</sub> 23-07)
Boliger, fritidsboliger, sykehus, pleieinstitusjoner	60	55	45
Skole, barnehage	55 i brukstid		

For bygningskategorier hvor utendørs grenser er angitt bør disse som hovedregel benyttes. I noen situasjoner kan det likevel være aktuelt å stille krav til innendørs lydnivå som angitt i tabell 2 under.

Tabell 2: Anbefalte innendørs støygrenser for bygge- og anleggsvirksomhet. Alle grenseverdier gjelder innfallende lydtryknivå, i rom for støyfølsomt bruksformål.

Bygningstype	Støykrav på dagtid (L <sub>pAeq12h</sub> 07-19)	Støykrav på kveld ( L <sub>pAeq4h</sub> 19-23) eller søn-/helligdag (L <sub>pAeq16h</sub> 07-23)	Støykrav på natt (L <sub>pAeq8h</sub> 23-07)
Boliger, fritidsboliger, overnattingsbedrifter, sykehus og pleieinstitusjoner	40	35	30
Arbeidsplass med krav om lavt støynivå	45 i brukstid		

#### 3.2 Med impulslyd

I T-1442 står det at dersom lyden i eller ved bebyggelse med støyfølsomt bruksformål inneholder tydelige innslag av impulslyd eller rentoner, bør støygrensene i tabell 1 og 2 over skjerpes med 5 dB. Støygrensene bør skjerpes i driftssituasjoner der impulslyd og/eller rentoner er et karakteristisk trekk ved driften. Skjerping er ikke nødvendig for sjeldne eller utypiske hendelser.

Videre står det at for tunnelanlegg skal tydelig borelyd og piggelyd gi en skjerping av grensene med 5 dB.

## 4 Beregninger

### 4.1 Beregningsmetode

Beregningene er utført iht. Nordisk beregningsmetode for ekstern industristøy<sup>1</sup> i beregningsprogrammet CadnaA versjon 2022 MR1. Programmet benytter digitale kart i 3D for å beregne lydutbredelse.

Beregningene er utført med 1. ordens refleksjoner. Mark er generelt satt til å være myk (markabsorpsjon  $\alpha = 1,0$ ). Veger, parkeringsplasser, vann og bygninger er reflekterende.

Støysonekart er beregnet i rutenett på 10 x 10 meter, 4 meter over terreng.

### 4.2 Driftssituasjon

Anleggsvirksomheten med ny skipstunnel er i denne rapporten delt opp i tre hovedfaser:

- Fase 1: Dagsone, dvs. avdekking av fjell, og driving av området som ligger åpen i dagen.
- Fase 2: Oppstart tunnel, dvs. de først ca. 100-200 m av tunnelen.
- Fase 3: Tunneldriving, dvs. når lyden av driving inne i tunnelen ikke lengre når ut.

I tillegg er det sett på en ekstra kort periode i fase 1, hvor det på dagtid også vil bli spunting.

Ifølge Kystverket er det planlagt med døgnkontinuerlig drift. Hvilket utstyr, hvor mange maskiner, og hvilke som vil være i aktivitet på ulike tider av døgnet samt på hvilket sted er imidlertid usikkert siden entreprenør ikke valgt ennå.

I denne rapporten har vi lagt til grunn det Multiconsult mener er en sannsynlig drift. Tabell 3 nedenfor viser hvilke maskiner som vi har lagt til grunn i de ulike fasene, samt hvor mye de vil være i aktivitet.

Utstyr og anleggsmaskiner vil ikke gå konstant hele tiden. Alt utstyr brukes en periode, før utstyret forflyttes, eller det gjøres andre arbeidsoperasjoner med annet utstyr eller at det er pauser, matpauser ol. For det enkelte utstyret er det derfor angitt en effektiv brukstid, som utstyret brukes innenfor den tiden det er oppgitt at utstyret brukes i løpet av en dag. F.eks. så har vi anslått at en gravemaskin som arbeider i stein, vil gjøre dette ca. 70% av tiden, mens resten går til forflytning, venting på tomgang, pauser mm.

Pigging har vi forutsatt vil være såpass begrenset at det kun skjer på dagtid (mandag – lørdag). Tilsvarende har vi forutsatt at spunting også bare vil foregå på dagtid (mandag – lørdag).

Vi har videre forutsatt at det ligger et skip/lekter til kai i 8 timer pr. døgn ved hver portal for lasting av sprengmasser. Siden skipsfarten av erfaring er interessert i minst mulig landtid, forventer vi at disse skipene/lekterne kan komme inn til alle døgnetstider og at det startes lasting da. Tiden med lasting på skip/lektere er derfor fordelt jevnt utover døgnet.

Vi har forutsatt at masser kjøres til skip/lekter med lastebil/dumper og at det tippes et lass her hvert 6. minutt (10 lass pr. time), når skip/lekter ligger til havn. Støy fra kjøring med lastebiler er beregnet iht. nordisk beregningsmetode for vegtrafikkstøy, og det er forutsatt 20 passeringer av lastebiler pr. time når det ligger skip/lekter til land.

Lyd fra sprengning skal iht. T-1442 ikke tas med i beregningene av støy.

For øvrig vil all annen virksomhet foregå hele døgnet, også på helge- og helligdager. Type utstyr, antall og forventet effektiv brukstid av disse er vist i tabell 3.

<sup>1</sup> Environmental noise from industrial plants – General predictions method, Danish Acoustical Laboratory, 1982.

Tabell 3: Driftsfaser med utstyr og forventet bruk av de enkelte maskinene.

Kilder:	Effektiv driftstid	Mandag - Søndag								
		Dag kl 07-19			Kveld kl 19-23			Natt kl. 23-07		
		Antall	Timer pr. kilde pr. dag	Eff. minutt pr. dag / stk	Antall	Timer pr. kilde pr. dag	Eff. minutt pr. dag / stk	Antall	Timer pr. kilde pr. dag	Eff. minutt pr. dag / stk
<b>FASE 1: Dagsone</b>										
Spunt med fallodd *	30 %	1	12	216	0	0	0	0	0	0
Gravemaskin utfylling	4 %	2	12	26						
Tipping av stein utfylling ****	1 %	2	12	7	0	0	0	0	0	0
<b>FASE 1 og 2 : Dagsone og Tunnel oppstart</b>										
Gravemaskin stein	70 %	2	12	504	3	4	168	3	8	336
Hjullaster stein	70 %	1	12	504	1	4	168	1	8	336
Boraggregat	70 %	2	12	504	3	4	168	3	8	336
Hydraulisk pigghammer	50 %	2	3	90	0	0	0	0	0	0
<b>FASE 1, 2 og 3: Dagsone, Tunnel oppstart, Tunnel driving</b>										
Hjullaster stein	70 %	1	12	504	1	4	168	1	8	336
Tipping av stein **	17 %	1	4	40	1	1,3	14	1	2,7	27
Gravemaskin på lekter	70 %	1	4	168	1	1,3	57	1	2,7	112
Hjelpemotor skip / lekter	100 %	1	4	240	1	1,3	80	1	2,7	160
Lastebiler ***		80	0	7	27	0	7	53	0	7
<b>FASE 3: Tunnel driving</b>										
Tunnelvifte	100 %	1	12	720	1	4	240	1	8	480

\* En kort periode i fase 1.

\*\* 10 tipp pr time i 8 timer pr. døgn.

\*\*\* 20 pass. pr time i 8 timer pr døgn.

\*\*\*\* 10 tipp pr time i 1/10-del av Fase 1.



### 4.3 Lydkilder

Ved fastsettelse av lydnivåer er det benyttet leverandørdata eller erfaringsdata for tilsvarende utstyr. Tabell 4 viser lydnivåene som er benyttet som utgangspunkt i beregningene.

Tabell 4: Lyddata som er benyttet i beregningene. Alle tall i dB.

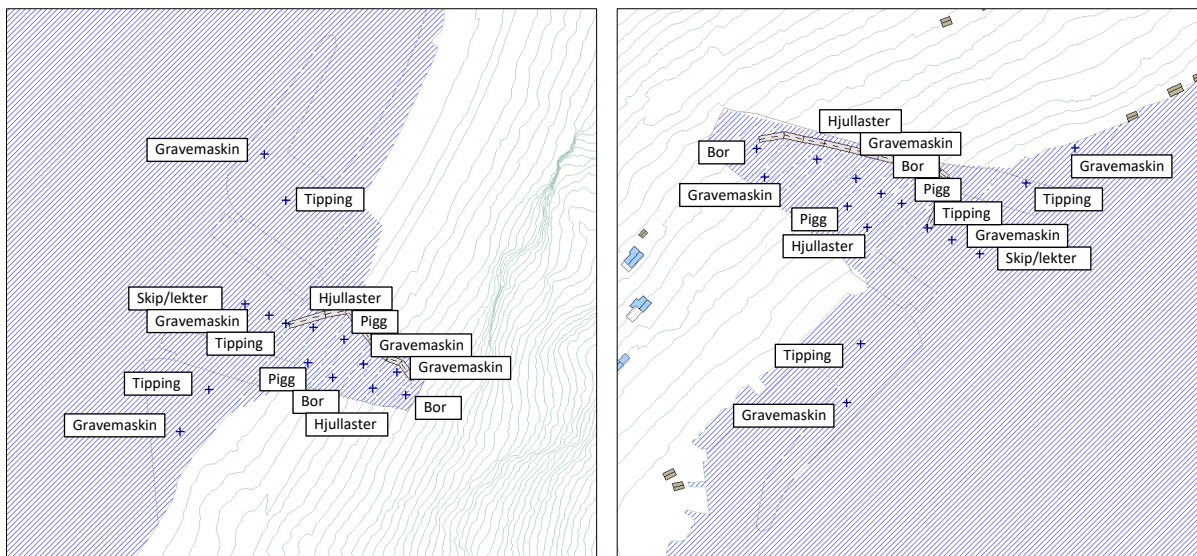
Type utstyr / Operasjon	Lydeffekt, L <sub>w</sub> pr oktavbånd (Hz)								L <sub>WA</sub>	Ref.
	63	125	250	500	1 k	2 k	4 k	8 k		
Gravemaskin stein	112	113	110	109	109	108	102	95	114	1
Hjullaster stein	112	113	110	109	109	108	102	95	114	1
Boraggregat	111	114	102	105	106	107	108	95	113	1
Hydraulisk pigghammer	120	121	119	114	111	115	117	116	122	1
Spunt med fallodd	128	129	127	122	119	123	125	124	130	1
Tipping av stein	99	107	112	119	119	117	115	103	124	2
Hjelpemotor skip	119	119	113	109	107	101	93	-	112	3
Tunnelvifte dempet	-	87	98	105	107	99	99	-	110	1

Referanser:

1. Hentet fra datasamlingen NoMeS (utviklet for Statens Forurensningstilsyn og Jernbaneverket).
2. Hentet fra erfaringsmålinger utført av Multiconsult i ulike oppdrag.
3. Målinger utført av WSP, Stockholm.

### 4.4 Plassering av lydkilder

Plassering av utstyr/støykilder i fase 1 er vist på figur 2 under.



Figur 2: Plassering av utstyr/støykilder i fase 1 i Moldefjorden til venstre og Kjødspollen til høyre. Blått skravert område viser område med hard mark (reflekterende), dvs. sjø og anleggsområde.

## 5 Beregningsresultater

Støysoner er laget ut fra grenseverdiene i tabell 1 og 2, med og uten skjerpelse som følge av impulslyd. For boliger, fritidsboliger, sykehus og pleieinstitusjoner er det gitt krav til både utendørs og innendørs støy, hvor det er utendørs støy som vil være dimensjonerende. For overnattingsbedrifter (hotell ol.) og kontorer er det imidlertid kun gitt krav til innendørs støynivå, og vi har her forutsatt en normal fasadedempning på ca. 30 dB og på den måten laget støysoner for utendørs støy også for disse.

På dagtid på søndager er det samme grenseverdi som for kvelder. Siden det er kun små forskjeller mellom støysoner på kveld i de ulike fasene og på dag på søndag er det ikke utarbeidet egne støysoner for dagtid på søndag.

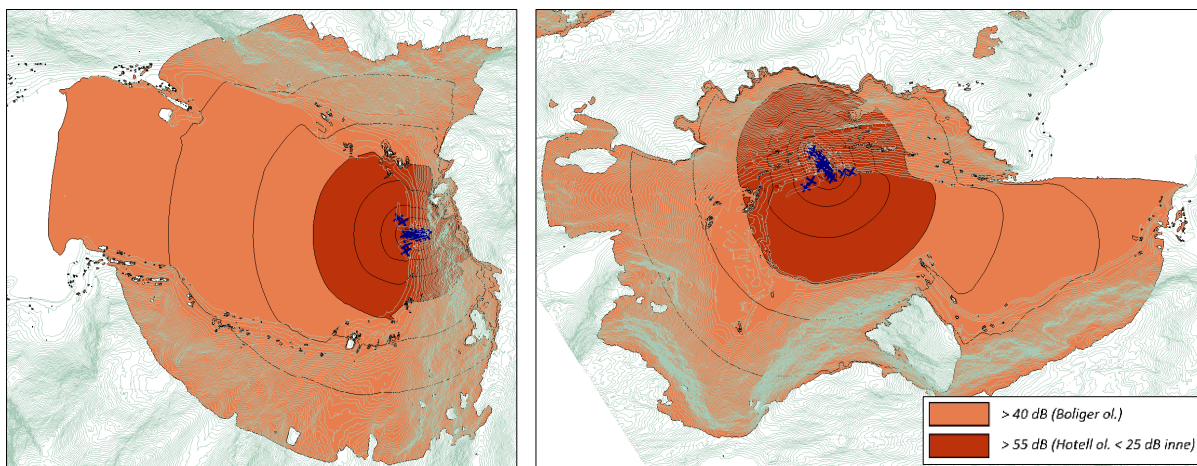
En forenklet sammenstilling av beregningene er gitt i tabell 5 og 6 under.

### 5.1 Fase 1: Dagsone

I denne fasen vil det foregå avdekking av fjell, samt boring, sprengning og uttak av masse i området som ligger åpen i dagen. Med boring i dagsonen vil det være impulslyd her og dermed en skjerpning av grenseverdiene med 5 dB for hele døgnet.

Det er på natt at grenseverdien er strengest med  $L_n \leq 40$  dB for boliger. Beregningene viser da at støysonen vil strekke seg omtrent 2,5 km utover fjorden, og dermed vil veldig mange støyfølsomme bygninger få for høye støynivå på natt.

Figur 3 under viser støysoner for fase 1 på natt for hhv. Moldefjorden og Kjødspollen. Større støysoner er vist i vedleggene.



Figur 3: Utstrekning av støysonene for fase 1 på natt for hhv. Moldefjorden til venstre og Kjødspollen til høyre.

Vedlegg A - C viser utbredelsene av støysonene i Kjødspollen i fase 1 (dagsonen) og hvilke støyfølsomme bygninger som vil få for høye støynivå på hhv. dag, kveld og natt. For de mest utsatt boligene vil det altså være store overskridelser av grenseverdiene her gjennom hele døgnet, og et stort antall støyfølsomme bygninger vil få overskridelser av grenseverdiene.

Vedlegg D - F viser utbredelsene av støysonene i Moldefjorden i fase 1 (dagsonen) og hvilke støyfølsomme bygninger som vil få overskridelse av grenseverdiene for støy på dag, kveld og natt.

Tidlig i fase 1 forventes det at det på dagtid vil spuntet nær tunnelpåhuggene. Som vist av vedlegg G vil spunting samtidig med annen virksomhet i fase 1 føre til at mest støyutsatte bolig i Kjødspollen får et støynivå på  $L_d = 73$  dB, dvs. en overskridelse av grenseverdiene på dag på 18 dB. Som vist av

vedlegg H vil mest støyutsatte bolig/fritidsbolig i Moldefjorden få et støynivå på  $L_d = 66$  dB ved spunting, dvs. en overskridelse av grenseverdien på dag med 11 dB.

Vedlegg U viser et samlet støysonekart for boliger for fase 1 i Kjødspollen for hhv. dag, dag med spunting, kveld og natt. Vedlegg V viser tilsvarende samlet støysonekart for fase 1 i Moldefjorden.

Siden arbeidet i fase 1 foregår på høyde med og godt synlig for støyfølsom bebyggelse ved siden av anlegget, kan støyvoller med god høyde på begge sider av anleggsområdet gi god støydempende effekt. Dette bør vurderes nærmere av entreprenør.

## 5.2 Fase 2: Oppstart tunnel

Denne fasen består av oppstart av tunneldrivingen. Normalt vil støy fra tunneldriving avta ganske raskt når en kommer 20-30 m inn i tunnelen. På denne skipstunnelen er imidlertid tverrsnittet så veldig mye større enn normale veg- og jernbanetunneler, at det forventes at støyen kommer ut selv etter at en har kommet vesentlig lengre inn i tunnelen. Det er usikkert hvor lenge denne fasen vil pågå, men det kan godt være at tunneldrivingen høres godt selv 100 - 200 m inn i tunnelen.

Med harde reflekterende kanter (vegger og tak) vil mer lyd lyde ut av tunnelen og skjæringene og dermed lede støyen lengre utover sjøen.

Det forutsettes også i denne fasen at boring er godt hørbart, som vil gi impulslyd, og det vil dermed også i denne fasen være en skjerping av grenseverdiene med 5 dB for hele døgnet.

Vedlegg I - K viser utbredelsene av støysonene i Kjødspollen i fase 2 (Oppstart tunnel) og hvilke støyfølsomme bygninger som vil få overskridelse av grenseverdiene for støy på hhv. dag, kveld og natt. For de mest utsatt boligene vil det være store overskridelser av grenseverdiene gjennom hele døgnet, og et stort antall støyfølsomme bygninger vil få overskridelser av grenseverdiene.

Vedlegg L - N viser utbredelsene av støysonene i Moldefjorden i fase 2 (Oppstart tunnel) og hvilke støyfølsomme bygninger som vil få overskridelse av grenseverdiene for støy på hhv. dag, kveld og natt.

Vedlegg W viser et samlet støysonekart for boliger for fase 2 i Kjødspollen for hhv. dag, kveld og natt. Vedlegg X viser tilsvarende samlet støysonekart for fase 2 i Moldefjorden.

## 5.3 Fase 3: Tunneldriving

I denne fasen har tunneldrivingen kommet så langt inn at støyen fra denne aktiviteten forventes å være underordnet, og at det dermed er aktivitet i dagsonene som bortkjøring, lasting og annen håndtering av masser, samt støy fra tunnelvifter som vil være dominerende. Siden støy fra boraggregatene ikke lengre kan sies å være en dominerende/fremtredende støykilde, forutsetter vi at det ikke er skjerping av grenseverdiene som følge av impulslyd i denne fasen.

Vedlegg O – Q viser utbredelsene av støysonene i Kjødspollen i fase 3 (Tunneldriving) og hvilke støyfølsomme bygninger som vil få overskridelse av grenseverdiene for støy på hhv. dag, kveld og natt. For de mest utsatte boligene vil det være overskridelser av grenseverdiene gjennom hele døgnet, med en spesielt stor overskridelse av grenseverdien på natt. Og et stort antall støyfølsomme bygninger vil få overskridelser av grenseverdiene også i denne fasen, spesielt på natt.

Vedlegg R - T viser utbredelsene av støysonene i Moldefjorden i fase 3 (Tunneldriving) og hvilke støyfølsomme bygninger som vil få overskridelse av grenseverdiene for støy på hhv. dag, kveld og natt.

Vedlegg Y viser et samlet støysonekart for boliger for fase 3 i Kjødspollen for hhv. dag, kveld og natt. Vedlegg Z viser tilsvarende samlet støysonekart for fase 2 i Moldefjorden.

## 5.4 Oppsummering

Tabell 5: Støynivå ved mest utsatte støyfølsomme bygg i Kjødspollen, høyeste overskridelse av grenseverdiene, samt antall støyfølsomme bygg som vil få støynivåer over gjeldende grenseverdier i hhv. fase 1, 2 og 3.

Kjødspollen	Fase 1			Fase 2			Fase 3 *		
	Dag (L <sub>d</sub> )	Kveld (L <sub>e</sub> )	Natt (L <sub>n</sub> )	Dag (L <sub>d</sub> )	Kveld (L <sub>e</sub> )	Natt (L <sub>n</sub> )	Dag (L <sub>d</sub> )	Kveld (L <sub>e</sub> )	Natt (L <sub>n</sub> )
Mest utsatte støyfølsomme bygg (dB)	69	68	68	62	62	62	62	62	62
Høyeste overskridelse av grenseverdier (dB)	14	18	<b>28</b>	7	12	<b>22</b>	2	7	<b>17</b>
Antall støyfølsomme bygg over grenseverdi	18	29	<b>38</b>	7	21	<b>35</b>	1	5	<b>30</b>

\* Fase 3 uten impulslyd.

Tabell 6: Støynivå ved mest utsatte støyfølsomme bygg i Moldefjorden, høyeste overskridelse av grenseverdiene, samt antall støyfølsomme bygg som vil få støynivåer over gjeldende grenseverdier i hhv. fase 1, 2 og 3.

Moldefjorden	Fase 1			Fase 2			Fase 3 *		
	Dag (L <sub>d</sub> )	Kveld (L <sub>e</sub> )	Natt (L <sub>n</sub> )	Dag (L <sub>d</sub> )	Kveld (L <sub>e</sub> )	Natt (L <sub>n</sub> )	Dag (L <sub>d</sub> )	Kveld (L <sub>e</sub> )	Natt (L <sub>n</sub> )
Mest utsatte støyfølsomme bygg (dB)	63	62	62	61	61	61	59	59	59
Høyeste overskridelse av grenseverdier (dB)	8	12	<b>22</b>	6	11	<b>21</b>	-	4	<b>14</b>
Antall støyfølsomme bygg over grenseverdi	6	16	<b>52</b>	1	11	<b>62</b>	-	1	<b>22</b>

\* Fase 3 uten impulslyd.

Som vist av tabell 5 og 6 så vil det på det meste være nesten 100 støyfølsomme bygninger til sammen i Kjødspollen og Moldefjorden som får støynivå fra anleggsvirksomheten over gjeldende grenseverdier. Det er spesielt aktiviteten på natt som gir de største overskridelsene og at flest blir berørt.

Tabellen viser også at støynivået er ganske jevnt gjennom hele døgnet, men siden grenseverdiene er strengere på kveld, og enda strengere på natt, så blir støysonene vesentlig større enn på dagen.

## 6 Diskusjon av avbøtende tiltak

Støyreducerende tiltak kan være reduksjon av arbeidstid, etablering av støyskjerming eller valg av støysvakt utstyr.

Anleggsområdene ligger eksponert til, og spesielt i den førte fasen er støykildene plassert ganske høyt i skrånende terreng.

For å få god støyskjermende effekt må en støyskjerm stå tett inntil kilden, og være høyere enn kilden (må bryte siktlinjen mest mulig fra kilde til mottaker). I et anleggsområde som her hvor støykildene beveger seg over et relativt stort område, og hvor det vil være anleggsmaskiner og utstyr som skal arbeide og forflytte seg over dette området, vil det være utfordrende å finne steder å kunne sette opp skjerm. I tillegg må disse være høye.

Siden arbeidet (spesielt i fase 1) foregår på høyde med og godt synlig for støyfølsom bebyggelse ved siden av anlegget, kan støyvoller med god høyde på begge sider av anleggsområdet gi god støydempende effekt. Dette bør vurderes nærmere av entreprenør.

I noen prosjekter har det vært benyttet containere som støy-skjerm. Disse kan stables oppå hverandre inntil tre i høyden, og dermed få en høy skjerm. Containere kan også flyttes etter hvert som aktiviteten flyttes. Men en slik løsning vil trolig være utfordrende her på grunn av terrenget. Og om eventuelle skjermmer kan redusere enkelte maskiner eller aktivitet i enkelte områder, så vil de trolig ha liten effekt på samlet gjennomsnittlig støynivå.

Rundt boraggregat har det vært gjennomført forsøk med mobile skjermmer, som hvis de plasseres riktig kan gi en god støy-skjermende effekt. Ofte har de imidlertid vist seg å være vanskelig å forflytte og plassere og dermed ikke oppnådd noen støyreduksjon.

Å ikke åpne hele tunnelmunningen med en gang, men heller la selve tunnelåpningen være liten til helt mot slutten av anleggsperioden, vil kunne være med å redusere støy som slipper ut fra tunnelen. Alternativt har det enkelte steder vært brukt ulike støymatter som henger over deler av tunnelportalene og dermed reduserer lyden som 'slipper ut'.

Entreprenør bør velge mest mulig støysvakt utstyr, da det her kan være mye å hente.

Begrensning av arbeidstiden bør også vurderes som et tiltak for å redusere støyen. Men å redusere driften generelt har i utgangspunktet liten effekt da en halvering av driftstiden bare gir en støyreduksjon på 3 dB. Derimot bør det vurderes om det f.eks. på natt kan være redusert aktivitet. Spesielt bør det vurderes å unngå boring og pigging på natt siden dette gir impulslyd. Uten boring og pigging vil man både redusere støynivået på natt samt man unngår skjerpning av grenseverdien pga. impulslyd.

Uansett vil det være veldig utfordrende å oppfylle grenseverdiene for alle støyfølsomme bygg i området, og tiltak som permanent innløsning av bygg, eller tilbud om alternativ bolig i byggefasen må vurderes. Det anbefales at det tidlig etableres god kommunikasjon med støyberørte naboer.

I noen tilfeller kan lokale tiltak tilbys, som f.eks. isolering av fasadene slik at krav til innendørs støynivå overholdes, samt lokal skjerming av bolignært uteområde som oppfyller kravene til uteoppholdsområde.

Opprettelse av SMS varsling eller annen varsling til mest utsatte naboer vil være viktig for å redusere plagegraden av de mest støyende aktivitetene. Når ulikt utstyr skal brukes, hvordan det vil foregå, samt hvor lenge, og hvor mye støy som kan forventes i disse periodene, er viktig informasjon til beboerne som kan gjøre det lettere å akseptere støynivåer over grenseverdiene i perioder.

Etablering av kontinuerlige støymålinger har i mange sammenhenger også vist seg å være et godt hjelpemiddel for å redusere støyplagen (ikke støynivået). På den måten vet naboer at støynivåene og entreprenør overvåkes. Om det kommer klager har entreprenør da også et godt verktøy til å undersøke påstandene, og kan se om det har foregått aktivitet på tider det ikke skulle skje, eller om nivåene har vært uvanlig høye, slik at dette kan varsles ved tilsvarende aktivitet senere.

Men det viktigste er at valgt entreprenør veldig tidlig setter fokus på støy, skaffer seg oversikt over hvor mye støy de planlagte aktivitetene vil gi, hvordan dette kan reduseres gjennom driftstider, valg av utstyr og skjerming, samt eventuelt hvilke naboer som må få tilbud om lokale tiltak eller alternativ bolig.

## 7 Konklusjon

Døgkontinuerlig anleggsvirksomhet ved skipstunnelen vil gi til dels store overskridelser av grenseverdiene for støy gitt i T-1442/2021. Grenseverdiene på natt vil være spesielt utfordrende, og på det meste kan så mange som nesten 100 støyfølsomme bygninger få støy over grenseverdiene på natt.

Det vil være avgjørende for prosjektet at valgt entreprenør tidlig har fokus på støy, og dermed skaffer seg oversikt over hvor mye støy den planlagte aktivitet vil gi, hvordan dette kan reduseres gjennom driftsmønster, driftstider, valg av utstyr og skjerming, samt eventuelt hvilke naboer som må få tilbud om lokale tiltak eller alternativ bolig.

Det er også viktig å opprette god kommunikasjon med naboer, kommune og helsemyndighet, samt opprette system for varsling, håndtering av klager og kontinuerlig måling og overvåking av støy fra anleggsvirksomheten, slik at en ved behov stadig kan forbedre de støyreducerende tiltakene.

## 8 Vedlegg.

- Vedlegg A: Fase 1. Dagsone. Dag kl. 07-19 ( $L_{\text{day}}$ ), med impulslyd. Kjødspollen.
- Vedlegg B: Fase 1. Dagsone. Kveld kl. 19-23 ( $L_{\text{evening}}$ ), med impulslyd. Kjødspollen.
- Vedlegg C: Fase 1. Dagsone. Natt kl. 23-07 ( $L_{\text{night}}$ ), med impulslyd. Kjødspollen.
- Vedlegg D: Fase 1. Dagsone. Dag kl. 07-19 ( $L_{\text{day}}$ ), med impulslyd. Moldefjorden.
- Vedlegg E: Fase 1. Dagsone. Kveld kl. 19-23 ( $L_{\text{evening}}$ ), med impulslyd. Moldefjorden.
- Vedlegg F: Fase 1. Dagsone. Natt kl. 23-07 ( $L_{\text{night}}$ ), med impulslyd. Moldefjorden.
- 
- Vedlegg G: Fase 1. Dagsone med spunting. Dag kl. 07-19 ( $L_{\text{day}}$ ), med impulslyd. Kjødspollen.
- Vedlegg H: Fase 1. Dagsone med spunting. Dag kl. 07-19 ( $L_{\text{day}}$ ), med impulslyd. Moldefjorden.
- 
- Vedlegg I: Fase 2. Start tunnel. Dag kl. 07-19 ( $L_{\text{day}}$ ), med impulslyd. Kjødspollen.
- Vedlegg J: Fase 2. Start tunnel. Kveld kl. 19-23 ( $L_{\text{evening}}$ ), med impulslyd. Kjødspollen.
- Vedlegg K: Fase 2. Start tunnel. Natt kl. 23-07 ( $L_{\text{night}}$ ), med impulslyd. Kjødspollen.
- Vedlegg L: Fase 2. Start tunnel. Dag kl. 07-19 ( $L_{\text{day}}$ ), med impulslyd. Moldefjorden.
- Vedlegg M: Fase 2. Start tunnel. Kveld kl. 19-23 ( $L_{\text{evening}}$ ), med impulslyd. Moldefjorden.
- Vedlegg N: Fase 2. Start tunnel. Natt kl. 23-07 ( $L_{\text{night}}$ ), med impulslyd. Moldefjorden.
- 
- Vedlegg O: Fase 3. Tunnel. Dag kl. 07-19 ( $L_{\text{day}}$ ), uten impulslyd. Kjødspollen.
- Vedlegg P: Fase 3. Tunnel. Kveld kl. 19-23 ( $L_{\text{evening}}$ ), uten impulslyd. Kjødspollen.
- Vedlegg Q: Fase 3. Tunnel. Natt kl. 23-07 ( $L_{\text{night}}$ ), uten impulslyd. Kjødspollen.
- Vedlegg R: Fase 3. Tunnel. Dag kl. 07-19 ( $L_{\text{day}}$ ), uten impulslyd. Moldefjorden.
- Vedlegg S: Fase 3. Tunnel. Kveld kl. 19-23 ( $L_{\text{evening}}$ ), uten impulslyd. Moldefjorden.
- Vedlegg T: Fase 3. Tunnel. Natt kl. 23-07 ( $L_{\text{night}}$ ), uten impulslyd. Moldefjorden.
- 
- Vedlegg U: Samlet støysonekart for fase 1, Kjødspollen.
- Vedlegg V: Samlet støysonekart for fase 1, Moldefjorden.
- Vedlegg W: Samlet støysonekart for fase 2, Kjødspollen.
- Vedlegg X: Samlet støysonekart for fase 2, Moldefjorden.
- Vedlegg Y: Samlet støysonekart for fase 3, Kjødspollen.
- Vedlegg Z: Samlet støysonekart for fase 3, Moldefjorden.