



## E6 Kvithammar – Åsen

Detaljregulering Stjørdal kommune

Fagrappport tunnel


Rapport nr.

R1-TUN-01


Dato


25.08.2020



		Side 2 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	


## Revisjonshistorikk

					
Rev.	Dato	Beskrivelse	Sign.	Kont.	Godkj.
00	25.08.2020	Detaljregulering	OSM	CHR	RAM
01	02.12.2020	Revisjon etter offentlig ettersyn	OSM	TOP	RAM

		Side 3 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## Innhold

<b>1</b>	<b>Bakgrunn .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Generelt.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Geometri og linjeføring .....</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Vurderinger angående monoton og trafikksikkerhet i Forbordsfjelltunnelen.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>Geologi, driving og bergsikring .....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>Anleggsgjennomføring.....</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>Bergvolum.....</b>	<b>14</b>
<b>9</b>	<b>Sikkerhet.....</b>	<b>15</b>
<b>10</b>	<b>Sikkerhetsutrustning .....</b>	<b>18</b>
<b>11</b>	<b>Brannsikkerhet.....</b>	<b>21</b>
<b>12</b>	<b>Trafikkstyring og -regulering .....</b>	<b>23</b>
<b>13</b>	<b>Vann- og frostsikring.....</b>	<b>24</b>
<b>14</b>	<b>Vegoverbygning og planum .....</b>	<b>25</b>
<b>15</b>	<b>Vann og avløp.....</b>	<b>26</b>
<b>16</b>	<b>Portaler .....</b>	<b>29</b>
<b>17</b>	<b>Tekniske anlegg.....</b>	<b>30</b>
<b>18</b>	<b>Miljø og klimagassutslipp i byggefase.....</b>	<b>32</b>
<b>19</b>	<b>Ytre miljø.....</b>	<b>33</b>
<b>20</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>34</b>
<b>Vedlegg</b>	<b>Normalprofiler T10,5 og T9,5</b>	

		Side 4 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 1 Bakgrunn


Nye Veier planlegger ny E6 fra Kvithammar i Stjørdal kommune til Åsen i Levanger kommune. Vegen planlegges som firefelts motorveg med fartsgrense 110 km/t på hele strekningen, og vil redusere reisetiden mellom Åsen og Stjørdal med 9 minutter.

Eksisterende E6 mellom Stjørdal og Åsen er en tofelts veg med fartsgrense 70 km/t på store deler av strekningen. Forbi Skatval er det mange kryss og avkjørsler, mens det på strekningen fra Skatval til Åsen er lite bebyggelse langs E6. Her går imidlertid vegen i sidebratt terreng parallelt med jernbanen, en strekning som er svært sårbar ved hendelser. I nord går eksisterende E6 gjennom Åsen sentrum.

Strekningen er ulykkesutsatt med en ulykkesfrekvens som er dobbelt så høy som tilsvarende veger. ÅDT på dagens veg er ca. 12 000 på strekningen Kvithammar – Skatval, mens det på strekningen Skatval – Åsen er en ÅDT på ca. 8 800. Gjennom Åsen sentrum er ÅDT på ca. 8 400. Tungtrafikkandelen er ca. 16 % (trafikk tallene er 2019-tall fra NVDB).

Planforslaget går ut på å bygge firefelts veg på strekningen. Total lengde på ny E6 er 19,8 km, hvorav 9,3 km ligger i Stjørdal kommune. Det skal bygges to tunneler i Stjørdal kommune, Forbordsfjelltunnelen (6,1 km) og Høghåmmårtunnelen (1,4 km). Kommunegrensa mellom Stjørdal og Levanger kommuner går midt i Høghåmmårtunnelen. På strekningen mellom Kvithammar og Holan bygges det ny bru over Vollselva og Nordlandsbanen, Vollselvbrua. Kvithammarkrysset vil bygges om med større rundkjøringer og nye nordvendte ramper. Det etableres ingen andre kryss på strekningen i Stjørdal kommune. I Langsteindalen vil Langsteinvegen gå under E6 i en ny undergang.

Som en konsekvens av planforslaget vil dagens E6 bli nedklassifisert til fylkesveg. Vegen vil kobles til eksisterende vegnett i Kvithammarkrysset.

		Side 5 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrappport tunnel	

## 2 Innledning

Denne rapporten beskriver bergtunnelene på delstrekningen Holan – Vuddudalen, dvs. de bergtunnelene i prosjektet som ligger i Stjørdal kommune.


Vegtunneler omfatter mange faglige disipliner. Hensikten med rapporten er å skape en oversikt over alle disipliner som har innvirkning på tunnelene i prosjektet. Dette er med på å sikre en naturlig integrering og koordinering i planleggingen av tunnelene. Det er henvist til enkeltdisiplinenes fagrappporter der disse inneholder vurderinger knyttet til tunneler.

Denne rapporten omfatter blant annet en sammenfatning av krav til utforming og utrustning av tunneler, samt en overordnet beskrivelse av tekniske løsninger. Rapporten beskriver ikke tekniske løsninger i detalj.

I tabell 2-1 gis en oversikt over hvilke bergtunneler som vil inngå i ferdig utbygd 4-felts E6 i Stjørdal kommune.

**Tabell 2-1 Oversikt tunneler**

Navn	Lengde
Forbordsfjelltunnelen, nordgående løp	6,1 km
Forbordsfjelltunnelen, sørgående løp	6,1 km
Høghåmmårtunnelen, nordgående løp	1,4 km
Høghåmmårtunnelen, sørgående løp	1,4 km

		Side 6 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrappport tunnel	

### 3 Generelt

#### 3.1 Generell beskrivelse

Ny E6 mellom Kvithammar og Åsen planlegges lagt i bergtunnel gjennom Forbordsfjellet fra Holan til Langsteindalen. Søndre påhugg for Forbordsfjelltunnelen (Holan) etableres i ca. profil 1 542, omtrent på eksisterende fv. 6808 Holvegen ved km. 1 800. Nordre påhugg (Langsteindalen sør) etableres i ca. profil 7 602, i lia sør for fv. 6816 Langsteinvegen, vest for gården Moen. Forbordsfjelltunnelen blir ca. 6 060 m. lang eks. portaler.

Statens vegvesens Håndbok N500 («N500») [1] inneholder et krav om at motorvegtunneler med lengde > 4 km bør unngås. Det er søkt Regionvegkontoret om fravik for dette kravet, og fravik er innvilget.

I Langsteindalen krysser ny E6 dalen i en dagsone på ca. 1 km. Deretter går ny E6 i bergtunnel gjennom Høghåmmåren fra Langsteindalen til Vuddudalen. Søndre påhugg for Høghåmmårtunnelen (Langsteindalen nord) etableres i ca. profil 8 665, øst for gården Drogset. Nordre påhugg (Vuddudalen) etableres i ca. profil 10050, i lia på sørøstsiden av dagens E6 i Vuddudalen. Høghåmmårtunnelen blir ca. 1,4 km lang eks. portaler. Høghåmmårtunnelen krysser grensen mellom Stjørdal kommune og Levanger kommune. Nordre påhugg vil ligge i Levanger kommune.


I vedtatt kommunedelplan for Stjørdal kommune, krysser Forbordsfjelltunnelen under Langsteindalen i bergtunnel og munner ut i Vuddudalen. I forslaget som nå fremmes til reguleringsplanen er det valgt å heve veglinjen slik at E6 krysser Langsteindalen i dagsone. Lengden av Forbordsfjelltunnelen reduseres dermed fra ca. 8 km til ca. 6 km, og det blir en egen bergtunnel gjennom Høghåmmåren på ca. 1,4 km. Alternativsvurderingene er omtalt i planbeskrivelsen.

Figur 3-1 viser et oversiktskart for E6 Kvithammar - Åsen.



**Figur 3-1 Oversiktskart E6 Kvithammar - Åsen**



		Side 7 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

### 3.2 Dimensjonerende brukstid

Tunnelene bygges for dimensjonerende brukstid iht. N500 [1]. Tabell 3-1 oppsummerer dimensjonerende brukstid for ulike elementer i tunneler.

**Tabell 3-1 Dimensjonerende brukstid for ulike elementer i tunneler**


Element	Dim. brukstid
Tunnelkonstruksjon (bergsikring, vegkonstruksjon)	100 år
Drens- og overvannssystem	100 år
Føringsveger i grunnen	100 år
Tekniske bygg	100 år
Vann- og frostsikringskonstruksjon	50 år
Teknisk infrastruktur (kabler, føringsveger i tunnelrommet)	50 år
Tekniske installasjoner	25 år

### 3.3 Årsdøgntrafikk (ÅDT)

Tunnelene planlegges for en ÅDT (2045) lik 13 500 og en tungtrafikkandel på 27 %.

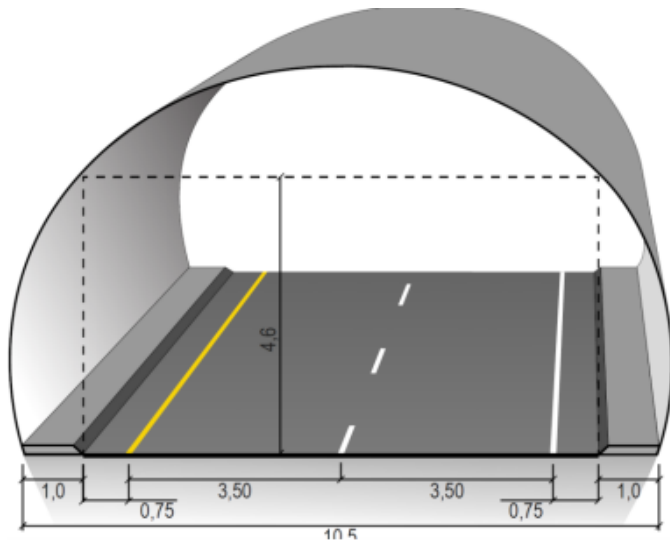
### 3.4 Fartsgrense

Tunnelene planlegges for fartsgrense 110 km/t.

		Side 8 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

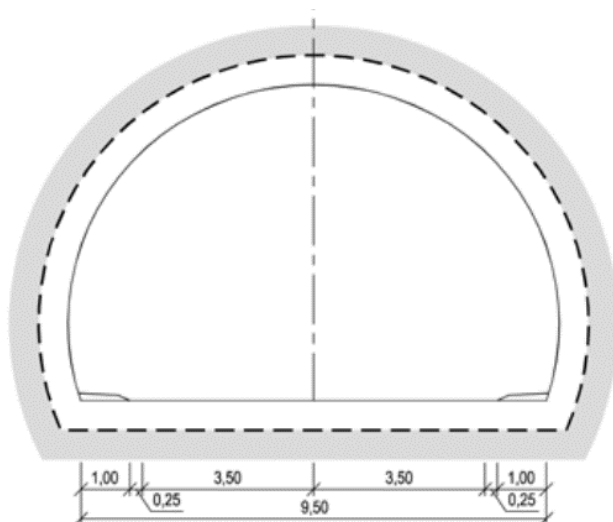
### 3.5 Tunnelprofil

For E6 Kvithammar – Åsen gjelder dimensjoneringsklasse H3. For denne dimensjoneringsklassen angir Statens vegvesens håndbok N100 («N100») [6], kapittel C.3, at tunneler skal bygges med to løp og tunnelprofil T10,5. Tunnelprofil T10,5 for dimensjoneringsklasse H3 er gitt i N100, fig. V1.8, som er gjengitt i figur 3-2.




**Figur 3-2 Tunnelprofil T10,5 (fra N100 fig. V1.8)**

Nye Veier har søkt Vegdirektoratet om fravik fra kravet om tunnelprofil T10,5, for i stedet å bygge alle tunnellopene på hele strekningen med tunnelprofil T9,5. Dersom fravik innvilges, vil Nye Veier, basert på en trafiksikkerhetsmessig risikovurdering, vurdere om tunnellopene skal bygges med tunnelprofil T9,5. Tunnelprofil T9,5 er ikke definert for dimensjoneringsklasse H3 i N100 [6], men prinsipiell utforming av tunnelprofil T9,5 er vist i figur 3-3.



**Figur 3-3 Tunnelprofil T9,5**




		Side 9 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

Prosjektspesifikke og mer detaljerte normalprofiltegninger for T10,5 og T9,5 er vedlagt denne rapporten.

Frihøyde i tunneler er 4,6 m målt normalt på vegbanen ved skulderkant. Kravet gjelder uavhengig av tunnelprofil.

### 3.6 Tunnelklasse

Aktuell tunnelklasse som bestemmer sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning i tunneler er definert i N500 [1], figur 4.1, basert på lengde og ÅDT. Både Forbordsfjelltunnelen og Høghåmmårtunnelen havner i tunnelklasse E.

		Side <b>10</b> av <b>34</b>
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 4 Geometri og linjeføring

For begge tunnelene gjelder at løpene føres tilnærmet parallelt i horisontalplanet og med tilnærmet samme vertikalgeometri. Gjenstående berg mellom tunnellopene er generelt 10 m, som er minimumskravet i N500 [1].

### 4.1 Forbordsfjelltunnelen

#### 4.1.1 Nordgående løp

Horisontalgeometrien består av følgende segmenter, fra sør mot nord:

Høyrekurve  $R = \text{ca. } 1\,900$  m med lengde  $< 50$  m  $\rightarrow$  Klotoide  $\rightarrow$  Høyrekurve  $R = \text{ca. } 4\,000$  m med lengde ca. 300 m  $\rightarrow$  Klotoide  $\rightarrow$  Rettstrekk med lengde ca. 4 550 m  $\rightarrow$  Klotoide  $\rightarrow$  Høyrekurve  $R = \text{ca. } 2\,300$  m med lengde ca. 1 000 m.

Tunnelen har rettlinjert vertikalgeometri med en stigning ca. 1,0 % fra sør mot nord. Ca. 300 m innenfor påhugg i Langsteindalen er det en lavbrekkskurve før stigningen øker til ca. 2,1 % de siste ca. 140 m innenfor påhugg i Langsteindalen.

#### 4.1.2 Sørgående løp

Horisontalgeometrien består av følgende segmenter, fra sør mot nord:

Høyrekurve  $R = \text{ca. } 2\,000$  m med lengde ca. 250 m  $\rightarrow$  Klotoide  $\rightarrow$  Høyrekurve  $R = \text{ca. } 4\,000$  m med lengde ca. 300 m  $\rightarrow$  Klotoide  $\rightarrow$  Rettstrekk med lengde ca. 4 650 m  $\rightarrow$  Klotoide  $\rightarrow$  Høyrekurve  $R = \text{ca. } 2\,300$  m med lengde ca. 1 000 m.

Tunnelen har rettlinjert vertikalgeometri med en stigning ca. 1,0 % fra sør mot nord. Ca. 300 m innenfor påhugg i Langsteindalen er det en lavbrekkskurve før stigningen øker til ca. 2,0 % de siste ca. 160 m innenfor påhugg i Langsteindalen.


### 4.2 Høghåmmårtunnelen

#### 4.2.1 Nordgående og sørgående løp

Horisontalgeometrien består av følgende segmenter, fra sør mot nord:

Venstrekurve  $R = \text{ca. } 2\,100$  m med lengde ca. 750 m  $\rightarrow$  Vendeklotoide  $\rightarrow$  Høyrekurve  $R = \text{ca. } 2\,000$  m med lengde ca. 500 m.

Tunnelene har rettlinjert vertikalgeometri med en stigning ca. 1,8 % fra sør mot nord. Ca. 300 m innenfor påhugg i Vuddudalen går vertikalkurvaturen over i høybrekk med radius ca. 11 000 m, slik at den siste delen av tunnelen faller fra sør mot nord.


		Side 11 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

### 4.3 Overgang mellom tunnel og veg i dagen

Statens vegvesens håndbok V120 («V120») [4], kapittel 9.1.1, angir forhold som skal vurderes spesielt med tanke på overgang mellom tunnel og veg i dagen.

- Linjeføring og siktforhold: Veggeometri tilfredsstillende krav i N100 [6].
- Lysforhold/blending: Vurderes for hver enkelt tunnelmunning når lysberegninger utføres på byggeplanstadiet. Lav sol/blending vil kunne være aktuelt for kjøretøy som kommer ut av Forbordsfjelltunnelen i sørgående retning.
- Skred/nedfall: Portalene bygges iht. krav i N500 [1] og utformes i samråd med ingeniørgeolog og ev. skred ekspert dersom det er fare for skred/nedfall. Det vises til fagrapport for konstruksjoner (R1-KON-04) og fagrappporter for ingeniørgeologi (R1-GEOL-02 og -03).
- Risiko for påkjørsel av portal: Portaler og rekkverk i portalområder utformes iht. krav i N500 [1] og Statens vegvesens håndbok N101 [7] for å beskytte mot påkjørsel. Det vises også til fagrapport for konstruksjoner (R1-KON-04).
- Klimatiske forhold og drivsnø: E6 på strekningen er i vinterdriftsklasse DkA. Dette innebærer at vegen alltid skal være bar på hele strekningen.
- Duggproblemer: Vurderes i forbindelse med ventilasjonsberegninger på byggeplanstadiet.

Geometrisk utforming av overgang mellom veg i dagen og tunnel utføres prinsipielt som angitt i V120 [4] (avhengig av valgte normalprofiler for veg i dagen og tunnel).

		Side 12 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 5 Vurderinger angående monoton og trafikksikkerhet i Forbordsfjelltunnelen

### 5.1 Bakgrunn

Forbordsfjelltunnelen slik den er planlagt er ca. 6,1 km lang og vil bli Trøndelags lengste vegtunnel.

Monotoni i lange tunneler øker risikoen for uoppmerksomhet og avsovning [20]. Studier viser at avsonningsulykker forekommer hyppigere i lange tunneler enn i korte [21]. Dette henger sammen med at variasjonen i visuelle stimuli reduseres kraftig i tunneler sammenlignet med veg i dagen. Førerne venner seg til fraværet av forandring i sanseintrykk, som igjen senker graden av oppmerksomhet.

I toløpstunneler med envegs trafikk i hvert løp er påkjøring bakfra den mest vanlige ulykkestypen, og den ulykkestypen som medfører størst risiko for brann [20]. Det er vanskelig å vurdere farten i tunneler, som relativt sett medfører større fartsvariasjon og høyere risiko for påkjøring bakfra. Med fartsgrense 110 km/t risikerer man større fartsvariasjoner enn ved lavere fartsgrenser. Mangel på dybdevirkning kan øke risikoen for ulykker knyttet til problemer med fartsbedømmelse. I toløpstunneler har man ikke møtende trafikk som vil kunne gi en viss dybdeeffekt.

Slake kurver kan gjøre det mindre monotont å kjøre i tunneler [20]. Tidligere utgaver av vegtunnelnormalen [23] har hatt krav om at det i lange tunneler (> 6 km) bør legges inn lange, slake horisontalkurver for å bryte monotonien. Dette kravet finnes *ikke* i dagens regelverk, men Statens vegvesens håndbok V520 («V520») [3] sier at «i spesielt lange tunneler (> 6 km) kan det være aktuelt å legge inn lange, slake kurver for å bryte monotonien».


### 5.2 Vurderinger angående horisontalgeometri

Tilpasningen av veggeometrien i Forbordsfjelltunnelen til veggeometrien i dagsonen i Langsteindalen medfører at omtrent én kilometer av tunnelen sør for Langsteindalen må ligge i kurve. På Holan får man også en kurve fra tunnelmunningen og ca. 250 m inn i tunnelen. Mellom disse kurvestrekningene er tunnelen planlagt med en rettstrekning på ca. 4,6 km (gjelder begge løp). Med 110 km/t bruker et kjøretøy ca. 2,5 minutter på denne strekningen.

Som en generell betraktning kan man si at virkningen av å legge inn slake horisontalkurver for å bryte monotonien framstår som noe mangelfullt dokumentert. Det er lite målrettet forskning på dette. Det er derfor vanskelig å vurdere om slake horisontalkurver vil gi en trafikksikkerhetsmessig gevinst.

Det finnes heller ingen forskning på, eller retningslinjer for, hvilken kurveradius som eventuelt bør velges på monotonibrytende kurver. Basert på enkle geometriske betraktninger, er den faktiske siktlengden i tunnelen beregnet for horisontalkurver med ulike radier.

Det framgår av tabell 5-1 at den faktiske siktlengden er relativt stor selv med radier ned mot minste tillatte horisontalkurveradius, som er ca. 1 840 m ved fartsgrense 110 km/t (pga. kravet til stoppsikt). Dette innebærer at «horisonten» som føreren ser foran seg i tunnelen i en horisontalkurve ikke vil skille seg vesentlig fra det som er tilfelle med rettstrekk.

		Side 13 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

**Tabell 5-1 Minste siktlengder ved ulike horisontalradier**

Radius [m]	Minste siktlengde [m]
2 000	Ca. 330
3 000	Ca. 410
4 000	Ca. 470
5 000	Ca. 520

Alternativ horisontalgeometri med en S-kurve som erstatning for rettstrekk er vurdert. To kurver med radius ca. 2 000 m vil gi en økt tunnellengde på over 100 m. En løsning med radier i størrelsesorden 2 000 – 3 000 m er derfor vurdert som økonomisk, miljømessig og anleggsteknisk ugunstig sett i sammenheng med den usikre trafiksikkerhetsmessige gevinsten.

Øker man radiusen i S-kurven øker også siktlengden. Med horisontalkurveradius 5 000 m kan føreren se over 500 m framover i tunnelen. Da er forskjellen mellom kurve og rettstrekk liten, og en eventuell gevinst er vurdert som svært begrenset.


På bakgrunn av argumentasjonen over er det valgt å ikke legge inn monotonibrytende horisontalkurver i Forbordsfjelltunnelen, da gevinsten er usikker og lite dokumenterbar samtidig som ulemperne er vesentlige.

### 5.3 Andre monotonibrytende tiltak

Virkingen av andre monotonibrytende tiltak er mer dokumentert, som for eksempel effekten av belyste bergrom og andre visuelle tiltak.

Sintef-rapport STF50 A01096 [21], som tar for seg sikkerhet og monotonibrytende tiltak i tunneler på E39 Rogfast, konkluderer med at både store belyste bergrom og mindre spesielle lyseffekter vil redusere ulykkesrisikoen med hensyn til monotonibrytende tiltak.

Med bakgrunn i konklusjon i Sintef-rapporten [21], er det valgt å bygge Forbordsfjelltunnelen med monotonibrytende belysning. Belysningen utformes og detaljeres på byggeplanstadiet. Det vil bli hentet inspirasjon og erfaringer fra andre store tunnelprosjekter som Oslofjordtunnelen og Ryfylketunnelen.

		Side 14 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 6 Geologi, driving og bergsikring

Det vises til fagrapporter for ingeniørgeologi (R1-GEOL-02 og R1-GEOL-03).

## 7 Anleggsgjennomføring

Det vises til fagrapport for anleggsgjennomføring (R1-ANL-01).


## 8 Bergvolum

Tabell 8-1 oppsummerer antatt totalt bergvolum for tunnelene (faste masser), inkludert alle tverrforbindelser, nisjer og utvidelser, forutsatt tunnelprofil T10,5.

**Tabell 8-1 Antatt bergvolum**

	Faste masser [PFm <sup>3</sup> ]
Forbordsfjelltunnelen	1 050 000
Høghåmmårtunnelen	240 000
Sum	1 290 000



		Side 15 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 9 Sikkerhet

### 9.1 Forvaltning

Forvaltningsmyndighet for tunnelene i prosjektet er Vegdirektoratet. Tunnelforvalter er Nye Veier AS.

### 9.2 Regelverk

E6 Kvithammar – Åsen er en del av transeuropeiske vegnettet (TEN-T), som medfører at tunnelsikkerhet skal ivaretas iht. EU-direktiv 2004/54/EU [13].

Det norske regelverket «Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften)» [14] ivaretar krav i EU-direktivet.

Statens vegvesens håndbøker N500 [1] og R511 [2] ivaretar krav i tunnelsikkerhetsforskriften. Det innebærer at krav i EU-direktivet er ivare tatt dersom krav i N500 og R511 følges.

### 9.3 Sikkerhetsgodkjenning

Tunnelene skal sikkerhetsgodkjennes av forvaltningsmyndigheten ved to tidspunkt; før bygging starter og før tunnelene åpner for trafikk. Godkjenning før bygging kan deles i to trinn; før oppstart driving og før oppstart komplettering/etterarbeid. Det er tunnelforvalters ansvar å *oversende* sikkerhetsdokumentasjon og søknad om sikkerhetsgodkjenning til forvaltningsmyndigheten. I prosjektet er det entreprenørens ansvar å *utarbeide* dokumentasjon og søknad.

Tunnelforvalter har også ansvar for å vedlikeholde og ajourføre sikkerhetsdokumentasjon i driftsfasen.

Tunnelforvalter skal oppnevne en uavhengig sikkerhetskontrollør. Sikkerhetskontrollør skal komme med en uttalelse i forbindelse med søknad om sikkerhetsgodkjenning til Vegdirektoratet.

Fagansvarlig for elektro i tunnel hos tunnelforvalteren skal også komme med en uttalelse i forbindelse med sikkerhetsgodkjenning.


Krav til sikkerhetsdokumentasjon er gitt i Statens vegvesens håndbok R511 [2] og i egen veileder/sjekkliste fra Vegdirektoratet [28]. Sikkerhetsdokumentasjonen skal blant annet inneholde en risikoanalyse, en beredskapsanalyse og en beredskapsplan. Sikkerhetsgodkjenning innbefatter også testperioder for tekniske installasjoner (SAT og UAT).

Sikkerhetsdokumentasjonen skal også dokumentere brann- og redningsetatenes medvirkning i planleggingen.

### 9.4 Risikoanalyse

Det utføres en egen risikoanalyse av alle bergtunnelene i prosjektet. Denne risikoanalysen er uavhengig av andre risikovurderinger (ROS, TS-revisjon, osv.) i prosjektet. Risikoanalysen er en del av sikkerhetsgodkjenningen.

Risikoanalyse for tunnelene utføres etter metode beskrevet i Statens vegvesens Veileder for risikoanalyse av vegtunneler [27]. Analysen utføres av et organ som er funksjonsmessig uavhengig av tunnelforvalteren.

		Side 16 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrappport tunnel	

## 9.5 Beredskap

### 9.5.1 Beredskapsanalyse

Det utføres en beredskapsanalyse for alle tunnelene i prosjektet. Denne utføres i samråd med nødetater, vegtrafikksentral (VTS) og tunnelforvalter. Analysen utføres ved hjelp av anerkjente metoder for beredskapsanalyse. Beredskapsanalysen er en del av sikkerhetsgodkjenningen.

Beredskapsanalysen skal vise sammenhengen mellom risikoanalyse og beredskapsplan og utarbeides i forbindelse med risikoanalysen.

### 9.5.2 Beredskapsplan

Det utarbeides en beredskapsplan for alle tunnelene i prosjektet i forbindelse med beredskapsanalysen. Dette gjøres i samråd med de lokale nødetater. Tunnelforvalter samordner sin beredskap med nødetater. Beredskapsplanen er en del av sikkerhetsgodkjenningen.

Utarbeidelse og vedlikehold/ajourføring av beredskapsplaner er tunnelforvalters ansvar.

## 9.6 Trafikksikkerhetsrevisjon (TS-revisjon)

Tunnelene i prosjektet inngår også i TS-revisjoner både på reguleringsplan- og byggeplanstadiet.

## 9.7 Risikovurdering iht. andre forskrifter

Det utføres risikovurderinger av elektriske anlegg iht. forskrift om elektriske lavspenningsanlegg (FEL) [16], samt for maskiner som er en del av installasjonen iht. forskrift om maskiner (FM) [17]. For forsyningsanlegg tilknyttet veginstallasjoner utføres det risikovurdering iht. forskrift om elektriske forsyningsanlegg (FEF) [18]. Det utføres også risikovurdering iht. til forskrift om elektronisk kommunikasjonsnett og elektronisk kommunikasjonstjeneste (ekomforskriften) [19]. Risikovurderingene utføres på byggeplanstadiet.

## 9.8 Øvelser

Tunnelforvalter skal i samarbeid med sikkerhetskontrollør, brannvernleder og redningstjeneste arrangere trening og øvelser iht. brann- og eksplosjonsvernloven [15] og tunnelsikkerhetsforskriften [14]. Tunneler er definert som «særskilte brannobjekter».


## 9.9 Brannvern i driftsfase

Tunnelforvalter skal oppnevne en brannvernleder for driftsfase. Det er brannvernlederens oppgave å kontrollere at krav til brann sikkerhet er ivaretatt til enhver tid.

## 9.10 Inspeksjon og tilsyn

Vegdirektoratet er ansvarlig for periodiske inspeksjoner av tunnelene. Generelt skal periodiske inspeksjoner utføres minimum hvert 6. år. Tunnelforvalter skal etter periodiske inspeksjoner søke forvaltningsmyndigheten om sikkerhetsgodkjenning.

Tunnelforvalter har det overordnede ansvaret for drift og vedlikehold, samt ansvar for årlig rapportering av alvorlige hendelser og ulykker i tunnelene. I garantiperioden for anlegget er det entreprenørens oppgave å utføre inspeksjon iht. krav i kontrakten.

		Side 17 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

### 9.11 Nødetatenes medvirkning

Det har i planprosessen vært avholdt møter med lokal brann- og redningstjeneste. Disse har fått mulighet til å komme med innspill til planlagte løsninger, både i egne møter og i forbindelse med ROS-analyse.

Nødetatene vil delta i beredskapsanalysen og ved utarbeidelse av beredskapsplan, samt ved øvelser og testing før tunnelen åpner.

Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel

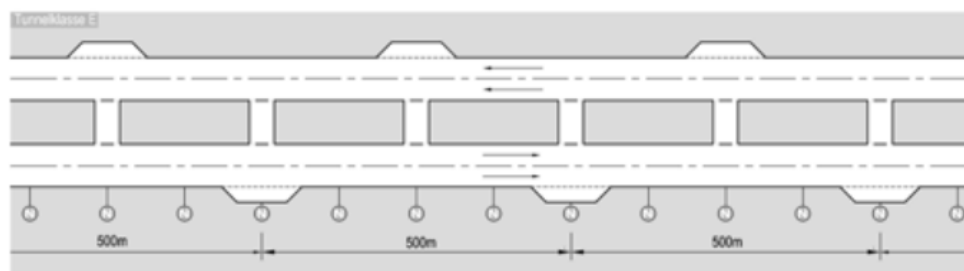
## 10 Sikkerhetsutrustning

Tabell 4.1 i N500 [1], som er gjengitt i figur 10-1, angir krav for å oppnå forutsatt sikkerhetsnivå i de ulike tunnelklassene. Tunnelene i prosjektet havner i tunnelklasse E.

● Krav ○ Vurderes	Tunnelklasser						Merknader
	A	B	C	D	E	F	
<b>SIKKERHETSTILTAK</b>							
Havarinisjer		●	●	●	●	●	Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Snunisjer		●	●	●			Se kapittel 3 Geometrisk utforming
Nødutganger			○	●	●	●	Se kap. 3.6
<b>SIKKERHETSUTRUSTNING</b>							
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 9 Tekniske anlegg						
Skilt og signaler	Se kapittel 5						
Nødstrømsystem	●	●	●	●	●	●	Belysning ved strømutfall. Se 4.3.2.1 og 9.3.6
Rømningslys	●	●	●	●	●	●	25 m avstand for tunneler < 5 km. Ettløpstunneler > 5 km skal ha håndlist. Se 4.3.2.2
Nødstasjon	●	●	●	●	●	●	Hver 125 m. Se kap. 4.3.2.3. Ved oppgradering min. hver 250 m (jf. 4.3.4). I tillegg utenfor hver tunnelåpning.
Slokkevann	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.4
Fjernstyrte bommer for stengning		○	●	●	●	●	Se 4.3.2.5
ITV-overvåking		○	○	○	○	○	Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.6
Høytalersystem		○	○	○			Krav i tunneler > 3 km og ÅDT > 4 000. Krav i tunneler > 5 km og ÅDT > 300. Se 4.3.2.7
Nødnett og radiokringkasting	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.3
Høydehinder (avviser)	●	●	●	●	●	●	Se 4.3.2.8


**Figur 10-1 Tiltak for å oppnå forutsatt sikkerhetsnivå i tunneler (fra N500 tab. 4.1)**

Figur 4.5 i N500 [1] viser en prinsippskisse av havarinisjer, tverrforbindelser og nødstasjoner for tunnelklasse E. Figuren er gjengitt i figur 10-2.



Havarinisjer for hver 500 meter for hvert løp – Tverrforbindelser for hver 250 meter N Nødstasjoner per løp hver 125 meter

**Figur 10-2 Plassering av havarinisjer, nødstasjoner og tverrforbindelser i tunnelklasse E (fra N500 fig. 4.5)**

		Side <b>19</b> av <b>34</b>
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 10.1 Havarinisjer

For tunnelklasse E er det krav om havarinisjer for hver 500 m i hvert løp, med en toleranse på  $\pm 50$  m. Starten av første nisje knyttet til inngående trafikk plasseres ikke mer enn 250 m fra tunnelmunning, med en toleranse på  $-50$  m.

Havarinisjer bygges med geometri som vist i N500 [1]. Alle havarinisjer plasseres på høyre side sett i kjøretretningen.

Krav til baksikt gjør at det er behov for en mindre breddeutvidelse inn i noen av nisjene som ligger i kurve.

## 10.2 Nødutganger

Evakuering av tunnel ved brann og andre uønskede hendelser skal i utgangspunktet skje etter prinsippet om selvredning.

N500 [1] krever at det for toløpstunneler etableres nødutganger i form av gangbare tverrforbindelser mellom løpene for hver 250 m.

Tverrforbindelser utformes iht. krav i N500 [1], kapittel 3.6.

Tunnelsikkerhetsforskriften [14] krever at det for toløpstunneler, der tunneløpene ligger på tilnærmet samme nivå, etableres tverrforbindelser som egner seg til bruk for nødetatene for minst hver 1500 m. Dette kravet er ikke omtalt i N500 [1]. Det vil i byggeplanfasen, gjennom risikovurderinger og nødetatenes medvirkning, bli fastlagt om det er behov for kjørbare tverrforbindelser.

## 10.3 Nødstrømsystem

Det etableres nødstrømsystem i tunnelene iht. krav i N500 [1].

## 10.4 Rømningslys

Det etableres rømningslys i tunnelene iht. krav i N500 [1].

## 10.5 Nødstasjoner

Nødstasjoner utføres iht. krav i N500 [1].


Det monteres nødstasjoner for hver 125. m. I havarinisjer monteres nødstasjoner i kiosker. For øvrig monteres nødstasjoner i utsparinger i veggelementene (utenfor normalprofilen).

Det monteres nødstasjoner utenfor hver tunnelmunning.

## 10.6 Sløkkevann

Det bygges hydranter for sløkkevann i forbindelse med alle tverrforbindelser, samt utenfor alle tunnelmunnings.

Det vises til kapittel 15.

		Side <b>20</b> av <b>34</b>
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 10.7 Fjernstyrte bommer for stengning av tunnel

Det benyttes fjernstyrte bommer for stenging av tunnel.

Det vises til kapittel 12 for beskrivelse av trafikkstyring og -regulering.

## 10.8 ITV-overvåkning

Det benyttes videoovervåkning (ITV) i tunnelene. ITV-overvåkning kobles opp mot VTS.

I Forbordsfjelltunnelen benyttes også automatisk hendelsesdeteksjon (AID) som kobles opp mot VTS.

## 10.9 Høytalersystem

Det legges ikke opp til bruk av høytalersystem i tunnelene.

## 10.10 Høydehinder

Det monteres høydehinder i portalene på Holan. Det monteres ikke høydehinder i portalene i Langsteindalen og Vuddudalen da det ikke er av- eller påkjøringsmuligheter mellom Holan og tunnelene som planlegges nord i Vuddudalen.

## 10.11 Nødnett

Signal for nødnett skal etableres i alle tunneler. Det foreligger en avtale mellom Nye Veier AS som tunnelforvalter og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) om etablering av nødnett i tunneler.

## 10.12 Kringkasting


Det etableres DAB-dekning i alle tunneler, slik at det minimum er tilsvarende dekning for DAB inne i tunnelen som utenfor.

VTS kan bryte inn i alle radioprogrammer som distribueres i tunnel for å gi melding til trafikantene.

## 10.13 Mobiltelefoni

Det etableres infrastruktur for mobiltelefoni i tunnelene.



		Side 21 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 11 Brannsikkerhet

### 11.1 Generelt

Brann vurderes som den enkeltstående hendelsen med størst skadepotensiale og -konsekvens i en tunnel. Det tas derfor betydelige grep for å minimere både risiko for og konsekvens av brann i tunnelene.

N500 [1] inneholder både generelle og spesifikke krav til utforming av tunneler med tanke på brannsikkerhet. Kravene i N500 sørger for at det overordnede regelverket (EU-direktivet [13] og tunnelsikkerhetsforskriften [14]) følges.

Kapittel 10 beskriver generelle krav til sikkerhetsutrustningen som kreves iht. N500 [1]. De fleste av tiltakene som beskrives i dette punktet er knyttet til brannsikkerhet.

Risikoanalyse, beredskapsanalyse og beredskapsplan er beskrevet i kapittel 9. Brannsikkerhet er en viktig del av risikoanalysen. Lokalt brannvesen er delaktige i både beredskapsanalyse og beredskapsplanlegging.

Slokkevann er beskrevet i kapittel 15. Det vises også til fagrapport for vann- og avløp (R1-VA-01).

### 11.2 Angrepspunkt for brannvesen

Det er gjennom møter med brann- og redningstjenesten avklart at angrepspunkt for brannvesen er fra Kvithammar/Stjørdal. Dette gjelder både for eventuell brann i Forbordsfjelltunnelen og i Høghåmmårtunnelen.

Det etableres kryssingsfelt og/eller beredskapsåpning foran hver tunnelmunning som nødetatene kan benytte seg av for å få tilkomst til hvert løp.

Det etableres i tillegg en beredskapsåpning i siderekkeverk i tilknytning til adkomstveg i Langsteindalen, slik at det er mulig å komme inn på E6 også i Langsteindalen. Dette kom inn som et ønske fra nødetatene i innledende møte. Det vises til kapittel 12.

### 11.3 Brannventilasjon


Brannventilasjon dimensjoneres og utføres iht. krav i N500 [1] og V520 [3]. Tunnelklasse E gir dimensjonerende branneffekt 50 MW. Tunneler med envegs trafikk skal ventileres i samme retning som trafikken i brannsituasjon, men det vil være mulig å snu ventilasjonsretningen for å hindre at røyk fra brann i ett løp dras inn i motsatt løp.

Risikovurderinger på byggeplanstadiet vil avdekke om eventuell situasjon med tovegs trafikk i ett løp må vurderes spesielt med tanke på branneffekt og ventilasjonsretning. Regelverket stiller ikke krav om dette.

Det monteres vindmålere i tunnelene som er koblet til VTS, slik at nødetatene kan få opplysninger om ventilasjonsretning og dermed mulig angrepspunkt ved en brann.

Ventilasjonsanlegget kan styres fra VTS og fra nødstyrepanel utenfor tunnelene.

Brannventilasjon beskrives nærmere i egen fagrapport for ventilasjon som utarbeides på byggeplanstadiet.

		Side 22 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 11.4 Sikring av brennbare materialer

I tunnelkonstruksjonen er det normalt isolasjonen i vann- og frostsikringskonstruksjonen som utgjør den største spredningsfaren ved brann i tunnelen.

I frostsoner (mot tunnelmunninger) etableres isolert sprøytebetonghvelv der isolering og vanntetting ivaretas av polyetylen-skum (PE-skum), som er brennbar. N500 [1] stiller krav om at vann- og frostsikringskonstruksjonen ikke skal bidra aktivt ved bilbrann, ikke spre bilbrann og ikke vedvare etter at bilbrann har opphørt. Den skal heller ikke bidra vesentlig til ekstra røykutvikling eller spredning av giftige gasser. PE-skum brannbeskyttes derfor med sprøytebetong, som er en godkjent, testet og utprøvd løsning, og som benyttes som standard i norske vegtunneler. Partier med PE-skum brannseksjoneres i tillegg iht. krav i N500 og V520 [3]. Det henvises også til kapittel 13.3.

Utenfor frostsoner benyttes en uisolert løsning med membran som vannsikring kombinert med sprøytebetonghvelv. Dersom det benyttes en membran som ikke er brennbar er det ikke krav om at denne brannbeskyttes.

All betong som skal beskytte brennbar materiale tilsettes polypropylenfiber iht. krav i Statens vegvesens håndbok R761 [10]. Det gjelder sprøytebetong, veggelementer, osv.

Kabler som skal fungere i brannsituasjon forlegges brannsikkert i trekkerør under opphøyd skulder i betong eller brannbeskyttet bak hvelvkonstruksjonen. Kabler i tunnelrom utføres halogenfritt.


## 11.5 Tekniske bygg

Hvert enkelt rom i tekniske bygg bygges som egne brannceller. Det innebærer at bygget utføres i betong og at det benyttes dører med brannmotstand iht. krav i N500 [1].

For å seksjonere ut tekniske bygg fra tilstøtende tunnellop etableres brannseksjoner i hvelvkonstruksjonen iht. krav i N500 [1] og V520 [3].

## 11.6 Nødutganger

I tverrforbindelser etableres en gjennomgående kulvert mellom tunnellopene med brannmotstand EI60 med tett tilslutning mot hvelvkonstruksjonen i begge løp. I tillegg etableres egen tverrvegg med tilsvarende brannmotstand som tetting og brannsikring mellom løpene utenfor kulverten.

		Side 23 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 12 Trafikkstyring og -regulering

Tunnelløpene utstyres med gjennomgående kjørefeltsignaler og variable skilt i hele lengden iht. kravene i Statens vegvesens håndbok R311 [9].


Det etableres fjernstyrte bommer for stengning av tunnelene foran munningene. Dersom avstanden fra første stengepunkt/bom til tunnelmunning overstiger 300 m etableres det en ekstra bom foran tunnelmunningen.

Alle systemer for trafiksikkerhet og -regulering i tunnelen skal kunne fjernstyres fra VTS. Det foreligger en avtale mellom Nye Veier og Statens vegvesen om infrastruktur i veganlegg knyttet til VTS.

Behov for beredskapsåpning utenfor tunnelmunninger vurderes i forbindelse med risikoanalyse på byggeplanstadiet. Tunnelsikkerhetsforskriften [14] krever at dersom det er geografisk mulig, skal det utenfor hver portal til en to- eller flerløpstunnel være mulig å krysse midtdeleeren.

Det etableres en beredskapsåpning i siderekkverk i tilknytning til adkomstveg i Langsteindalen, slik at det er mulig å komme inn på E6 også i Langsteindalen. Adkomst inn på E6 vil kreve åpning/demontering av rekkverk og vil kun være aktuelt å benytte ved alvorlige og/eller langvarige hendelser.

For vurderinger av trafikkhåndtering i avvikssituasjoner vises det til trafiksikkerhetsmessig konsekvensanalyse (R1-TS-01).

		Side 24 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrappport tunnel	

## 13 Vann- og frostsikring

Tunnelene vann- og frostsikres iht. krav gitt i N500 [1] og Statens vegvesens håndbok R761 («R761») [10]. Det innebærer at lekkasjer i vegger og heng skal samles opp ved at det monteres vanntett avskjerming som fører vannet frostfritt ned til grøft og frostfritt ut av tunnelen via drencsystemet. Det samme gjelder også for overvann og vaskevann fra kjørebanelen.

Frostsikring av vegoverbygning og drencsystem er omtalt i hhv. kapittel 14 og 15.

### 13.1 Frostmengder

Frostmengde  $F_{10}$  og  $F_{100}$ , samt årsmiddeltemperatur, hentes fra Statens vegvesens web-baserte kartløsning som er referert til i Statens vegvesens håndbok N200 («N200») [8].

### 13.2 Frostsoner

For vann- og frostsikringskonstruksjonen er frostsone definert som deler av tunnellopene hvor frostmengde  $F_{10} \geq 8\ 000\ \text{h}^\circ\text{C}$ .

Basert på frostmengde  $F_{10}$  ved tunnelmunninger beregnes dimensjonerende frostmengde  $F_{10T}$  innover i tunnellopene iht. veiledningen i V520 [3]. Frostinntrengningen danner grunnlag for å vurdere hvor langt inn i tunnelen det er behov for frostisolasjon i vegger og heng. Frostsonen er i størrelsesorden 150-300 m lang i den enden av tunnelen som har inngående trafikk. I enden med utgående trafikk er frostsone noe kortere.

### 13.3 Vann- og frostsikringskonstruksjon

N500 [1] tabell 7.1 angir metoder for vann- og frostsikring. For tunnelklasse E skal det benyttes hvelv av betongelementer, enten helhvelv eller veggelementer kombinert med hvelv av sprøytebetong i heng.


Tunnelene i dette prosjektet utføres med veggelementer kombinert med ovenforliggende hvelv av sprøytebetong.

Veggelementene utføres med lavkarbonbetong iht. Norsk Betongforenings publikasjon nr. 37 [22]. Tverrsnittstykkelse er 12 cm. I frostsone isoleres elementene med ekstrudert polystyren (XPS). Utenfor frostsone benyttes kun membran bak elementene.

Ved framstilling av sprøytebetong benyttes også lavkarbonbetong. I frostsone vann- og frostsikres det med PE-skummatter bak sprøytebetongen. Utenfor frostsone benyttes kun membran bak sprøytebetongen.

PE-skum, membran, festedetaljer etc. utføres iht. krav i N500 [1] og R761 [10].

Veggelementer og sprøytebetong dimensjoneres iht. gitte krav i N500 [1].


		Side 25 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 14 Vegoverbygning og planum

Iht. N500 [1] skal det ved valg av materialer i vegoverbygningen gjøres en teknisk/økonomisk vurdering der alle forhold som påvirkes av nivå for planum trekkes inn. Sett i lys av at prosjektet har et stort steinmasseoverskudd er det generelt et mål å redusere dybde til traubunn så mye som mulig uten at vegen blir utsatt for telehiv og iskjøving. Dette vil gi positive effekter på økonomi, framdrift, miljø og arealbeslag (deponibehov).

Iht. N200 [8] dimensjoneres overbygning for veg i tunnel etter de samme regler som for veg i dagen. N200 angir minimumskrav til de ulike lagene i vegoverbygningen, og dermed et minimumskrav til total vegoverbygningstykkelse. Vegoverbygning i frostsone og vegoverbygning utenfor frostsone utføres ulikt, da det er ulike krav for ulike frostmengder i N200. For vegoverbygning er frostsone definert som deler av tunnellopene hvor frostmengde  $F_{10T} \geq 10\ 000\ h^{\circ}C$ . Frostinntrenging er omtalt i kapittel 13.2.

Planum finrenses iht. krav i R761 [10]. Groper dreneres eller støpes ut.

		Side 26 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 15 Vann og avløp

Drenssystemer i tunnelene utføres iht. krav i N500 [1]. Generelt gjelder at overvann, drens-/innlekkasjevann, vaskevann og væsker fra en eventuell tankbilvelt skal samles opp og føres frostfritt ut av tunnelene.

Det vises også til fagrapport for vann og avløp (R1-VA-01).

### 15.1 Ledningsgrøfter

For drenssystemer er frostsone definert som deler av tunnellopene hvor frostmengde  $F_{10T} \geq 6\ 000\ h^{\circ}C$ . I frostsone skal drenssystemet, avhengig av frostmengden, isoleres eller forlegges i tilstrekkelig dyp grøft (iht. tabell 8.2 i N500 [1]). Vannledning i tunnelen vil stå fylt med vann og vil være ekstra frostutsatt. Frostsikring av grøft med vannledning må vurderes spesielt. Dimensjonerende frostmengde og frostinntrenging er også omtalt i kapittel 13.2.

### 15.2 Oppsamling av drensvann

Det legges gjennomgående hoveddrensledning gjennom hele tunnelen (gjelder begge løp i begge tunneler). I frostsone etableres hjelpedrensgroft på motsatt side av hoveddrensgroft. Utenfor frostsone vurderes behovet for hjelpedrensgroft på delstrekninger ut ifra mengden av innlekkasjevann.

Inspeksjonskummer på drensledningen settes med maksimal avstand ca. 80 meter.

Normalt vil drensledningene bli dimensjonert slik at det ikke er behov for egen transportledning for drensvann.

### 15.3 Oppsamling av overvann og vaskevann

I hvert av tunnellopene etableres det et separat oppsamlingssystem for overvann og vaskevann med sandfangkummer med maksimal avstand ca. 80 meter. Det benyttes 1 000 mm sandfangkummer av betong med kjeftsluk. Sandfangene utstyres med dykker i brannsikkert materiale for å forhindre at eventuell lekkasje av antente brannfarlige væsker spres til andre deler av tunnelrommet. Sandfangene plasseres fortrinnsvis midt mellom inspeksjonskummene på drensledningen. Overvann og vaskevann fra Høghåmmårtunnelen føres til Forbordsfjelltunnelen og til felles behandlingsanlegg i søndre ende av denne tunnelen. Vaskevann som samles opp nedstrøms sedimentasjonsbassenget pumpes tilbake til bassenget ved hjelp av en pumpeanordning utenfor søndre påhugg for Forbordsfjelltunnelen.


### 15.4 Utslipp av driftsvann, drensvann og vaskevann

Forurensningsloven gjelder for driftsvann, drensvann og tunnelvaskevann dersom utslippene er, eller kan være, skadelige for miljøet. For disse utslippene skal det søkes om utslippstillatelse. Drensvann i driftsfasen er normalt rent, og utslipp er derfor ikke søknadspliktig.

Resipient for driftsvann og drensvann i anleggsfasen vil for Høghåmmårtunnelen og nordre del av Forbordsfjelltunnelen være Langsteinelva. For søndre del av Forbordsfjelltunnelen vil Raudhåmmårbekken/Vollselva være resipient.

Resipient for tunnelvaskevannet i driftsfasen fra både Høghåmmårtunnelen og Forbordsfjelltunnelen vil være Raudhåmmårbekken/Vollselva.



		Side 27 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrappport tunnel	

### 15.4.1 Behandling av driftsvann og drensvann i anleggsfasen

Driftsvann og drensvann i anleggsfasen skal håndteres i et lukket renseanlegg med sedimentering og PH-justering før utslipp til resipient. Det er behov for utslippstillatelse for dette vannet.

### 15.4.2 Behandling av tunnelvaskevann i driftsfasen

I N500 [1] er det et minimumskrav at renseløsningen for vaskevann skal utformes for sedimentering av partikler, nedbryting av såpe og utskilling av olje. Resipient for tunnelvaskevannet vil være Raudhåmmårbekken/Vollselva. Disse vannforekomstene kategoriseres med høy sårbarhet og renseløsningen bør derfor bestå av minimum to trinn. Trinn 1 (fjerning av partikkelbundne forurensinger) vil være oljeutskiller/sedimenteringsbasseng som plasseres i søndre ende av Forbordsfjelltunnelen og trinn to (fjerning av løste forurensningsstoffer) tenkes utført som lukket infiltrasjonsanlegg utenfor tunnelen.

Sedimentasjonsbassenget må dimensjoneres for samtidig helvask av begge løp i begge tunneler iht. krav i N500 [1]. Iht. Statens vegvesens håndbok R610 [12] skal tunneler med ÅDT mellom 12 000 og 40 000 ha 2 helvask, 4 halvvaske og 6 tekniske vask i løpet av ett år. Nødvendig vannmengde vil være bestemt av vannforbruket som igjen er avhengig av vaskemetode og utstyr som brukes. Statens vegvesens rapport 99 [24] angir estimert vannforbruk. Ved bruk av lavtrykksdyser er vannforbruket i størrelsesorden 100 liter/meter tofelts toløps tunnel, dvs. 50 liter/meter pr. løp. Erfaring og datagrunnlag fra undersøkelser av tunneler i Osloområdet viser at dette tallet er for lavt. Dette gjaldt for alle tunnelene som ble sjekket. Svartdalstunnelen er en tofeltstunnel, og uthentet datagrunnlag fra 2014 og 2015 utgjør tre helvask og to halvvaske. Svartdalstunnelen har høy ÅDT (ca. 30 000 i 2015) som medfører høy forurensningsbelastning og potensielt økt vannbehov ved vask. Gjennomsnittlig vannforbruk i Svartdalstunnelen er 90 liter/meter pr. tunnellop.


Ikke alt vann som forbrukes renner helt frem til renseløsningen. Rapport 99 [24] benytter en avrenningsfaktor på 0,7 - 0,9.

Nye Veier stiller krav om at valgt renseløsning skal dimensjoneres for vask av begge løp samtidig og et vannforbruk på 100 liter/meter pr. løp. Det forutsettes derfor et vannforbruk på 100 liter/meter tunnellop og at 85 % av vannforbruket går til vaskevannssystemet. Dette gir et volum på ca. 1 270 m<sup>3</sup> for Forbordsfjelltunnelen og Høghåmmårtunnelen samlet.

Sedimenteringstanken må i tillegg ha et buffervolum med hensyn på snø og vann som biler drar med seg inn i tunnelen og et reservevolum for å kunne håndtere et eventuelt tankbilvelt når tanken er full av vaskevann. Buffervolum for vann som bilene drar med seg inn i tunnelen settes til ca. 20 m<sup>3</sup>/tunnellop, og reservevolum for tankbilvelt settes til 40 m<sup>3</sup>.

Totalt gir dette et volum på sedimenteringstanken på ca. 1 350 m<sup>3</sup>.

Oljeutskilleren skal tilfredsstillere kravet til en klasse I utskiller. Det vil si at utslippkonsentrasjonen skal være lavere enn 5 mg restolje/liter etter standardisert test beskrevet i NS-EN 858-1 [26]. Minimum oppholdstid på vannet bør være 1 time. Erfaringstall fra vaskehastighet angir 3-5 meter/minutt for en tofelts tunnel, som tilsvarer en spesifikk belastning på oljeutskilleren på 9-14 l/s. For å tilfredsstillere kravet om oppholdstid i oljeutskilleren blir nødvendig utskillervolum 32-50 m<sup>3</sup>.

		Side 28 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrappport tunnel	

## 15.5 Slokkevann

Det etableres hydranter for slokkevann for begge løp ved tverrforbindelsene, slik at avstand mellom hydranter ikke overstiger 250 m, som er kravet i N500 [1]. Det etableres også hydranter foran tunnelmunninger.

Lokal slokkevannsmyndighet har i innledende møte kommet med krav til en slokkevannsmengde på 50 l/s med en varighet på 60 minutter. Dette gir en slokkevannsmengde på 180 m<sup>3</sup>. Ønsket minimumstrykk i uttakene er 35 mvs (3,5 bar).

Det etableres et separat slokkevannssystem i hver av tunnelene.

## 15.6 Vannmagasiner

Det etableres et vannmagasin/basseng i hver av tunnelene, som fylles opp med drems-/innlekkasjevann. Ingeniørgeologiske vurderinger tilsier at innlekkasjen skal være mer enn tilstrekkelig for å fylle vannmagasinene tilstrekkelig raskt.


Vannmagasinene dimensjoneres for en slokkevannsmengde på 180 m<sup>3</sup>, samt vann til tunnelvask på 1 210 m<sup>3</sup> for Forbordsfjelltunnelen og 280 m<sup>3</sup> for Høghåmmårtunnelen. Dette tilsvarer en helvask av begge tunnellop for begge tunneler. Totalt gir dette vannmagasiner på henholdsvis 1 390 m<sup>3</sup> og 460 m<sup>3</sup>.

I tilknytning til vannmagasinene må det etableres et rom for tørroppstilte pumper.

Tunnelvaskevann er forutsatt hentet fra brannhydrantene ved tverrforbindelsene. Systemet må utformes slik at det ved tunnelvask ikke tappes av slokkevannsmagasinet.

## 15.7 Håndtering av dagsonevann


E6 har et høybrekk rett sør for nordre portal i Høghåmmårtunnelen. Fra dette høybrekket har E6 gjennomgående fall sørover gjennom begge tunneler. Håndtering av dagsonevann vil derfor kun være aktuelt i nordenden av Forbordsfjelltunnelen. Terrengvann fra sidearealer og arealer over portal vil avskjæres i grøfter og ledes til Langsteinelva. Vann fra E6 renses i sidegrøfter og ledes i rør bort fra tunnelen.

		Side 29 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 16 Portaler

Det vises til fagrapport for konstruksjoner (R1-KON-04) og fagrapporter for ingeniørgeologi (R1-GEOL-02 og -03).

N500 [1] stiller krav om at portaler skal utføres med traktform ved  $\text{ÅDT} > 6\ 000$ . Der det benyttes korte portaler tas traktformen i selve bergtunnelen. Der det er behov for lengre portaler vurderes det om det er mer hensiktsmessig å ta traktformen i betongkonstruksjonen.

		Side 30 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

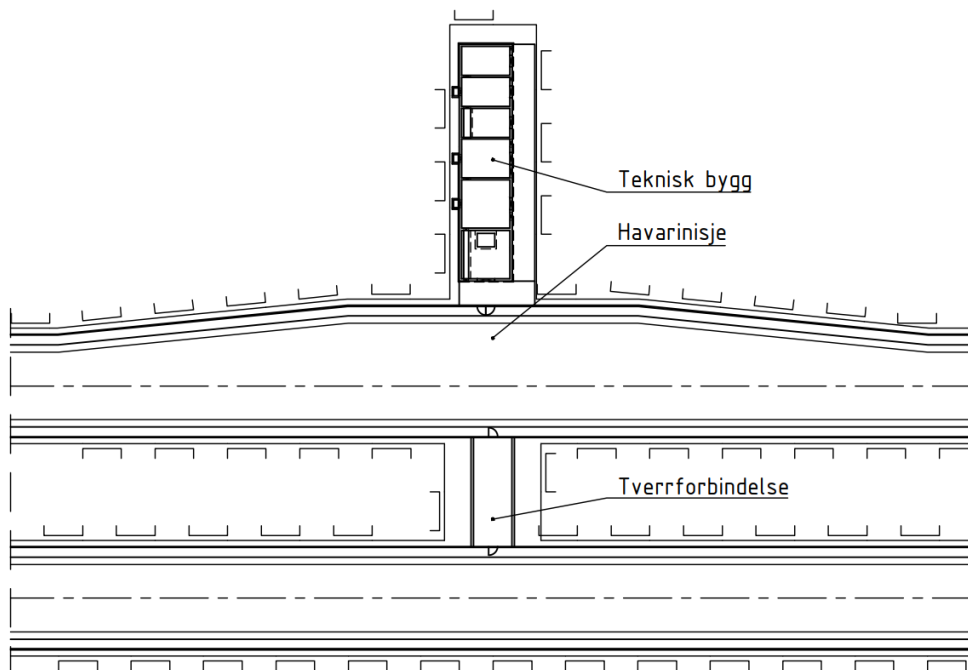
## 17 Tekniske anlegg

Alle tekniske anlegg utføres iht. krav i N500 [1] og eventuelle andre fagspesifikke regelverk som for eksempel Statens vegvesens håndbok N601 («N601») [11].

Det henvises til fagrapport for elektro (R1-EL-01) for nærmere beskrivelse av strømforsyning og elektrotekniske løsninger og utstyr.

### 17.1 Tekniske bygg

Det etableres tekniske bygg i egne bergrom i tunnelene i tilknytning til havarinisjer. Bergrommene orienteres vinkelrett på hovedløpet, men tilpasses geologiske forhold om nødvendig. Alle tekniske bygg plasseres inne i tunnelene. Figur 17-1 viser valgt prinsipløsning for plassering av tekniske bygg.




**Figur 17-1 Valgt prinsipløsning for plassering av tekniske bygg**

Antall tekniske bygg bestemmes ut fra elektrofaglige vurderinger. Det vil være behov for 5-6 bygg i Forbordsfjelltunnelen og 2-3 i Høghåmmårtunnelen. Byggene utformes iht. krav i N500 [1]. Nettstasjon utformes iht. nettleverandørens krav.

Det er utført en vurdering av den prinsipielle plasseringen av de tekniske byggene. Midtstilte tekniske bygg (mellom tunneløp) er vurdert opp mot sideplasserte tekniske bygg (i tilknytning til havarinisjer på høyre side).

Sideplasserte tekniske bygg er valgt fordi det er en sikker og utprøvd teknisk løsning, og fordi man da slipper å utvide bergstappen mellom tunneløpene og dermed få ugunstigere veggeometri (som også vil påvirke veg i dagen). Sideplasserte tekniske bygg gir ukomplisert bergsikring, praktiske fordeler i drivefasen og er funnet mer kostnadseffektivt enn midtstilte tekniske bygg.

		Side 31 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

Midtstilte tekniske bygg ble vurdert da det gir kortere føringsveger og fordi det kan gi en fordel ved arbeider i tunnelen og ved fremtidig rehabilitering av tunnelen da man har direkte tilgang til tekniske bygg fra begge tunnellopene.

Etter en totalvurdering er det i prosjektet valgt løsningen med sideplasserte tekniske bygg som lokaliseres ved havarinisjer.

## 17.2 Bestandighet av teknisk utrustning

Miljøet i tunneler er korrosivt. Teknisk utstyr leveres med materialkvalitet og korrosjonsbeskyttelse iht. krav i N500 [1] og N601 [11].

## 17.3 Plassering av teknisk utrustning

Alt teknisk utstyr plasseres utenfor normalprofilen i veggene og over det definerte trafikkrommet i taket. Min. frihøyde fra overkant vegbane til teknisk utstyr i tunnelrommet er 4,80 m.

## 17.4 Strømforsyning

Det henvises til fagrapport for elektro (R1-EI-01).

## 17.5 Føringsveger

Det henvises til fagrapport for elektro (R1-EI-01).

## 17.6 Belysning

Belysning utføres iht. krav i Statens vegvesens håndbøker V124 [5] og N500 [1] samt krav i Nordisk Møte for Forbedret vegutstyrs tekniske spesifikasjoner [25]. Havarinisjer og rømningsveger belyses særskilt.

Det utføres egne lysberegninger på byggeplanstadiet.

For monotoni og belysning, se kapittel 5.3.

## 17.7 Ventilasjon


Ventilasjon dimensjoneres og utføres iht. krav i N500 [1] og V520 [3]. Ventilasjonsanlegget dimensjoneres for angitt brann og for forurensingsnivå 10 år etter åpningsåret. Tunneler med envegs trafikk ventileres med hovedblåseretning *med* trafikkretning både i driftssituasjon og i brannsituasjon. I tillegg må ventilatorene ha en viss kapasitet i motsatt retning for å kunne snu ventilasjonsretningen ved behov.

Luftkvalitet overvåkes ved hjelp av måleutstyr for CO og NO<sub>2</sub>.

Det utføres egne ventilasjonsberegninger på byggeplanstadiet.

## 17.8 Skilt

Skilting i tunnelen utføres iht. krav i N500 [1].

		Side 32 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrappport tunnel	

## 18 Miljø og klimagassutslipp i byggefase


Et av prosjektets prestasjonsmål er å minimere klimagassutslipp og øvrige belastninger på ytre miljø. I byggefase vil tunnelbygging utgjøre om lag 40 % av de totale klimagassutslippene fra prosjektet.

Viktige tiltak for å oppnå prestasjonsmålet vil være:

- Redusere overberg fra sprengning ved å utføre nøyaktig boring. Dette vil redusere volum sprøytebetong og redusere utslipp knyttet til opplasting og transport av stein.
- Øke andelen av maskiner med elektrisk og/eller hybrid-drift.
- Bruk av lavkarbonbetong til sprøytebetong og veggelementer samt i øvrige konstruksjoner.
- Iverksette pilotprosjekt for å prøve ut veggelementer med redusert tykkelse.
- Ved anskaffelser og metodevalg skal miljø og klimagassutslipp være et av evalueringskriteriene som vektlegges.
- Bruk av steinmasser i linja etter prinsippene til "Kortreist stein" [29] og eventuelt deponier i tilknytning til anlegget.

Det vises også til kapittel 15.4.1.



		Side 33 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 19 Ytre miljø

### 19.1 Støy ved tunnelåpninger

Det vises til fagrapport for støy (R1-AKU-02).

### 19.2 Vibrasjoner i byggefase


Det vises til fagrapporter for ingeniørgeologi (R1-GEOL-02 og R1-GEOL-03).

### 19.3 Luftkvalitet

Det vises til fagrapport for luft (R1-LUFT-01). Utslipp av gasser og partikler fra tunnel er behandlet i konsekvensutredningen.

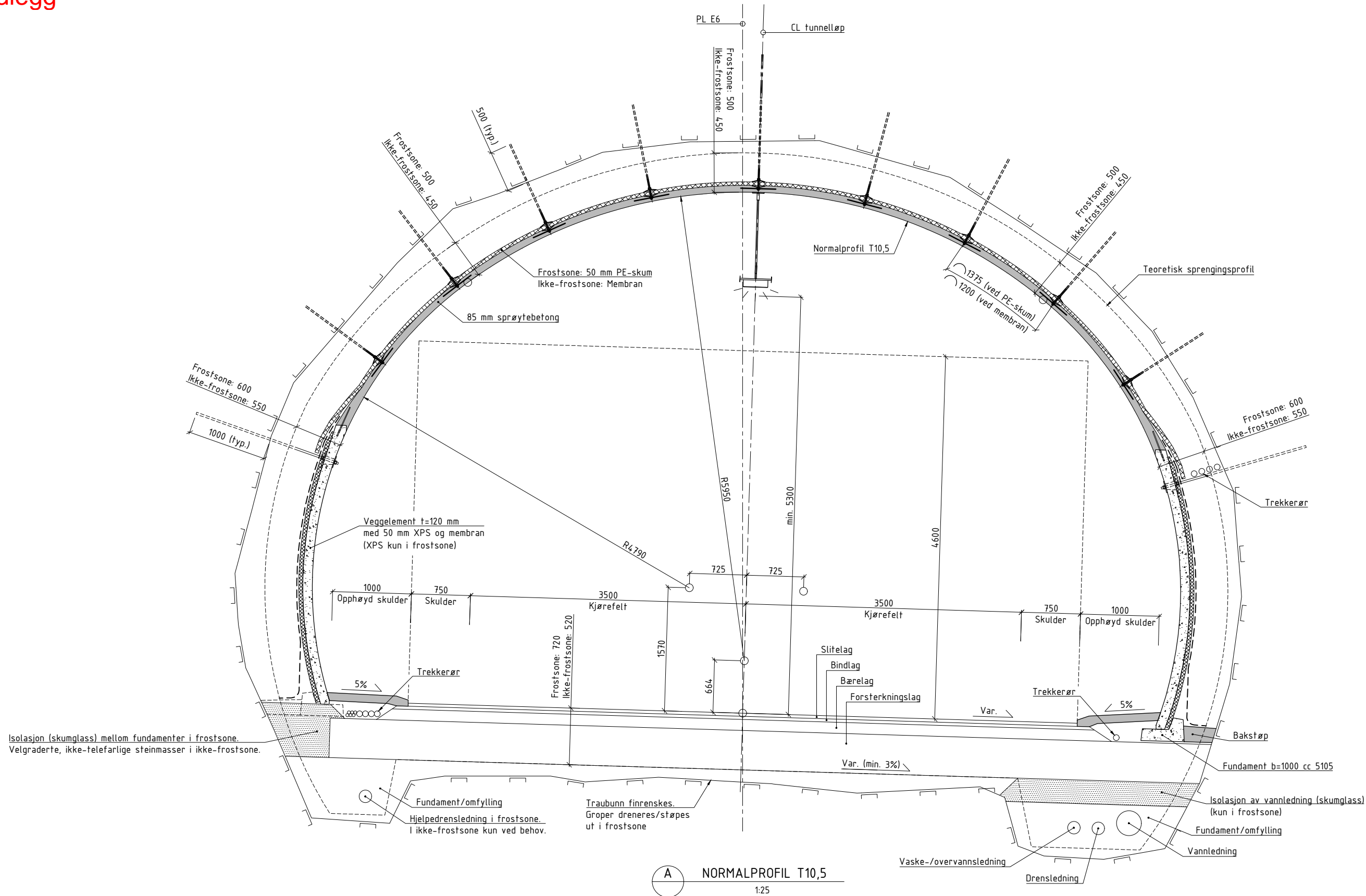
### 19.4 Utslipp av anleggsvann, drensvann, vaskevann og kjemikalier ved ulykker

Det vises til kapittel 15.

		Side 34 av 34
Rapport nr.	E6 Kvithammar – Åsen   Reguleringsplan Stjørdal kommune	
R1-TUN-01	Fagrapport tunnel	

## 20 Referanser

- [1] Statens vegvesen håndbok N500 – Vegtunneler, 2020
- [2] Statens vegvesen håndbok R511 – Sikkerhetsforvaltning av tunneler, 2020.
- [3] Statens vegvesen håndbok V520 – Tunnelveiledning, 2020
- [4] Statens vegvesen håndbok V120 – Premisser for geometrisk utforming av veger, 2019
- [5] Statens vegvesen håndbok V124 – Teknisk planlegging av veg- og tunnelbelysning, 2014
- [6] Statens vegvesen håndbok N100 – Veg- og gateutforming, 2019
- [7] Statens vegvesen håndbok N101 – Rekkverk og vegens sideområder, 2014
- [8] Statens vegvesen håndbok N200 – Vegbygging, 2018
- [9] Statens vegvesen håndbok R311 – Trafikkstyringssystemer på veg, 2017
- [10] Statens vegvesen håndbok R761 – Prosesskode 1, 2018
- [11] Statens vegvesen håndbok N601 – Elektriske anlegg, 2017
- [12] Statens vegvesen håndbok R610 – Drift og vedlikehold, 2012
- [13] Directive 2004/54/EF of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on minimum safety requirements for tunnels in the Trans-European Road Network.
- [14] Lovdata: Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften) FOR-2007-05-15-517.
- [15] Lovdata: Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven) LOV-2002-06-14-20.
- [16] Lovdata: Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg (FEL) FOR-1998-11-06-1060.
- [17] Lovdata: Forskrift om maskiner (FM) FOR-2009-05-20-544.
- [18] Lovdata: Forskrift om elektriske forsyningsanlegg (FEF) FOR-2005-12-20-1626.
- [19] Lovdata: Forskrift om elektronisk kommunikasjonsnett og elektronisk kommunikasjonstjeneste (ekomforskriften) FOR-2004-02-16-401.
- [20] Trafikksikkerhetshåndboken (Transportøkonomisk institutt, <https://tsh.toi.no/>).
- [21] Rapport STF50 A06109 (Sintef teknologi og samfunn, 2016).
- [22] Norsk Betongforening publikasjon nr. 37 – Lavkarbonbetong, 2019
- [23] Statens vegvesen håndbok 021 – Vegtunneler, 2010 (*utgått*)
- [24] Statens vegvesen rapport 99 – Estimering av forurensning i tunnel og tunnelvaskevann, 2013
- [25] NMF01:2019 LED luminaires requirements Ed .2.0
- [26] NS-EN 858-1:2002+A1: Utskillere for lette væsker (f. eks. olje og bensin) – Del 1
- [27] Statens vegvesens rapport nr. TS:2007:11 – Veileder for risikoanalyser av vegtunneler, 2007
- [28] Vegdirektoratet – [Sikkerhetsdokumentasjon for tunneler, versjon 0.0](#)
- [29] Sintef – [Prosjektbeskrivelse «Kortreist stein»](#)



A NORMALPROFIL T10,5  
1:25

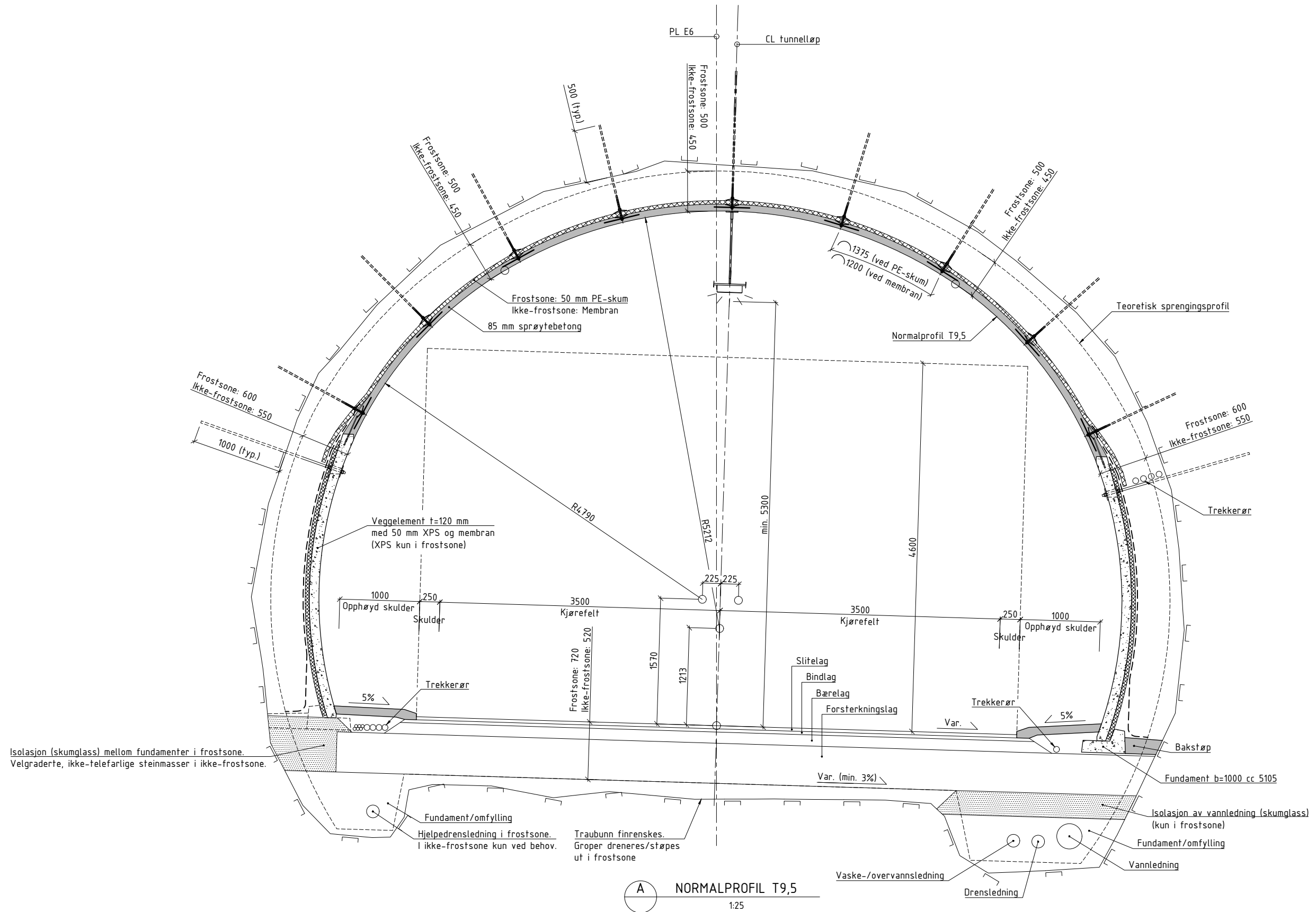
Isolasjon (skumglass) mellom fundamenter i frostsone.  
Velgraderte, ikke-telefarlige steinmasser i ikke-frostzone.

Fundament/omfylling  
Hjelpedrensløp i frostsone.  
I ikke-frostzone kun ved behov.

Traubunn finrenskes.  
Groper dreneres/støpes ut i frostsone

Isolasjon av vannledning (skumglass)  
(kun i frostsone)  
Fundament/omfylling  
Vannledning

01	Revisjon etter offentlig ettersyn	OSM	TOP	RAM	02.12.2020
00	Detaljregulering	OSM	CHR	RAM	08.06.2020
Revisjon	Revisjonen gjelder	Uarb.	Konfr.	Godkj.	Rev. dato
Tegningsdato		08.06.2020			
Bestiller		Lars Erik Moe			
Produsert for		Nye Veier			
Prosjektnummer		212220			
Byggeværksnummer		-			
Koordinatsystem		EUREF89 NTM Sone 10			
Høydesystem		NN2000			
Målestokk A1		Som vist			
Halv målestokk A3		Som vist/2			
<b>REGULERINGSPLAN</b>					
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/	revisjonsbokstav
OSM	CHR	RAM	2019012		01



01	Revisjon etter offentlig ettersyn	OSM	TOP	RAM	02.12.2020
00	Detaljregulering	OSM	CHR	RAM	08.06.2020
Revisjon	Revisjonen gjelder	Uarb.	Konfr.	Godkj.	Rev. dato
Tegningsdato		08.06.2020			
Bestiller		Lars Erik Moe			
Produsert for		Nye Veier			
Prosjektnummer		212220			
Byggeværksnummer		-			
Koordinatsystem		EUREF89 NTM Sone 10			
Høydesystem		NN2000			
Målestokk A1		Som vist			
Halv målestokk A3		Som vist/2			
<b>REGULERINGSPLAN</b>					
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer/	revisjonsbokstav
OSM	CHR	RAM	2019012		01