

# Rehabilitering og utvidelse av E6 Forsatunnelen

IHP 1606-V20, Bacheloroppgave mai 2020  
Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi

Shervin Mirbabai, Adrian Marcus Vangen og Lasse Tobias Sletten

# Prosjektrapport – Side 2



<b>Studieprogram: IHP 1606-V20 Bacheloroppgave bygg 2019/2020</b>	<b>År: 2020</b>
---	-----------------

<b>Tittel:</b> <i>«Rehabilitering og utvidelse av E6 Forsatunnelen»</i> <i>«Rehabilitation and expansion of E6 Forsatunnel»</i>	<b>Dato:</b> 28.05.2020  <b>Gradering:</b> Åpen
<b>Forfattere:</b> Adrian Vangen Lasse Tobias Sletten Shervin Mirbabai	<b>Antall sider:</b> 36  <b>Vedlegg:</b> 14
<b>Fortrolighet:</b>	
<b>Veileder:</b> Tor Konrad Kildal	
<b>Oppdragsgiver:</b> Statens Vegvesen	<b>Oppdragsgivers kontaktperson:</b> Kai-Olav Simonsen

<b>Sammendrag:</b> <p>Dette arbeidet handler om rehabilitering av en eksisterende tunnel, Forsa-tunnelen. Oppgaven går ut på å redegjøre og drøfte ulike sider ved metoder som nyttes for å utbedre tunnelen slik at den står til dagens krav. Problemstillingen det svares på er «Hvordan og hvorfor rehabilitere E6 Forsa-tunnelen». Det er benyttet kvalitativ metode for innhenting av informasjon til rapporten.</p>
<b>Stikkord:</b> Statens Vegvesen, Tunnelrehabilitering, Strossing, Utvidelse av tunnel, Tunnelportal, Sikringsbolter, Polyesterbolt, Kombinasjonsbolt, Sprengning, Drenering

## Forord

Etter samtaler innad i gruppen, bestemte vi oss for å skrive om tunnelrehabilitering da temaet er relevant for mange av fagene/områdene vi har arbeidet med gjennom utdanningen. Vi tok kontakt med Jøran Heimdal i Statens Vegvesen for å undersøke om de hadde noen tunnelprosjekter hvor det kunne være aktuelt for oss å skrive vår bacheloroppgave. Jøran stilte seg positivt til vår forespørsel og vi fikk tildelt en oppgave om rehabilitering og utvidelse av E6 Forsatunnelen.

Etter at vi fikk tildelt kontaktperson i Statens Vegvesen fikk vi tilgang til deres prosjekthotell: eRoom for prosjektering og utbyggingsrommet i Tunneloppgraderinger Region Nord, Delprosjekt 2. Vi fikk også komme på befaring i Forsatunnelen, som var vesentlig for å kunne innhente informasjon som vi trengte for å skrive oppgaven.

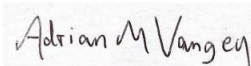
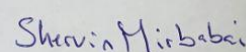
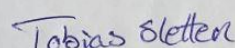
Vi i gruppen vil gi en stor takk til vår veileder Tor Konrad Kildal for å ha stilt seg til rådighet for oss når vi trengte veiledning. Videre vil vi takke Jøran Heimdal og Kai-Olav Simonsen og alle andre i Statens Vegvesen som har hjulpet oss i løpet av den tiden vi skrev bacheloroppgaven.

Vi vil også takke prosjektingeniør Sondre Wenaas, bergsprenger Jonas Wang og de ansatte i Implenia for deres bistand og hjelp.

Dato: 27/5-20

Sted: Narvik

Underskrift:



# Innholdsfortegnelse

Forord .....	2
Sammendrag .....	5
1 Innledning .....	6
1.1 Bakgrunn for valg av tema: .....	6
1.2 Utdypning av problemstilling: .....	6
1.3 Hvordan arbeidet er avgrenset: .....	7
1.4 Formålet med oppgaven: .....	7
1.5 Avklaring .....	7
2 Metode .....	8
2.1 Begrunnelse for valg av metode .....	8
2.2 Kvalitativ metode .....	8
2.3 Styrker og svakheter ved valgt metode .....	8
3 Beskrivelse av tunnelprosjektet .....	9
3.1 Lover og forskrifter .....	9
3.2 Forhistorie .....	10
3.3 Geologi .....	10
3.3.1 Sprakfjell .....	10
4 Sprengningsarbeider .....	12
4.1 Strossing .....	12
4.1.1 Boreplan .....	13
4.1.2 Ladeplan .....	15
4.1.3 Tennplan .....	18
4.2 Grøftesprengning .....	19
4.2.1 Borplan .....	20
4.2.2 Ladeplan .....	20
4.2.3 Tennplan .....	21
4.3 Vegkurvatur inn mot tunnel .....	22
4.4 Oppsummering av sprengningsarbeider .....	23
5 Kompletteringsarbeider .....	24
5.1 Sikringsarbeid .....	24
5.1.1 Sikringsarbeidet i Forsatunnelen .....	25
5.1.2 Sikringsbolter .....	26
5.1.3 Betongsprøyting .....	27
5.1.4 Andre kommentarer .....	28

5.2	Teknisk løsning rundt tunnelportaler .....	29
5.3	Montering av vann- og frostsikring inkludert brannsikring.....	31
5.3.1	Vann- og frostsikring .....	31
5.3.2	Brannsikring av PE-skum.....	32
5.3.3	Brannventilasjon.....	32
5.4	Drenering .....	32
5.4.1	I tunnelen .....	33
5.4.2	Utenfor tunnelen .....	33
5.4.3	Oppsummering av dreneringsarbeidene .....	33
5.5	Vegoverbygning, inkludert asfaltdekke.....	34
5.6	Elektrotekniske arbeider .....	34
5.7	Montering av tunnelbelysning .....	35
5.7.1	Ny belysning.....	35
5.7.2	Sikkerhetsbelysning.....	35
5.8	Montering av ventilasjonsvifter .....	35
5.9	Sikkerhetsutrustning .....	35
5.10	Skilting.....	36
6	Trafikkavvikling .....	37
7	Konklusjon .....	38
8	Kildehenvisninger.....	39
9	Litteraturliste .....	40
10	Vedlegg.....	43

## Sammendrag

Dette arbeidet handler om rehabilitering av en eksisterende tunnel, Forsa-tunnelen. Oppgaven går ut på å redegjøre og drøfte ulike sider ved metoder som nyttes for å utbedre tunnelen slik at den står til dagens krav. Problemstillingen det svares på er «Hvordan og hvorfor rehabilitere E6 Forsa-tunnelen». Det er benyttet kvalitativ metode for innhenting av informasjon til rapporten.

I kapittel 3 kan en lese om lover og forskrifter, forhistorien til den aktuelle tunnelen, geologien i området og om sprakfjell. Sprakfjell vil ha et større fokus enn andre områder, da dette er et tema som vi mener er særlig interessant. Sprakfjell har vist seg utfordrende å arbeide med, og krever egne sikringstiltak. Kapittel 4 handler om sprengningsarbeider, og vi tar her for blant annet oss strossing, som er metoden som benyttes i utvidelsen. Andre underkapitler omfatter grøftesprengning og vegkurvatur inn mot tunnelen.

Videre handler kapittel 5 om kompletteringsarbeider. Her kan en lese om sikringsarbeider, både permanent og arbeidssikring. I dette kapittelet diskuteres den tekniske løsningen rundt tunnelportalene, montering av vann og frostsikring, vegoverbygging og ulike elektroniske arbeider som blir utført. I dette kapittelet tar vi også for oss drenering. Vi avslutter kapittel 5 med underkapitler om sikkerhetsutrustning og skilting. Trafikkavvikling har vært nøye planlagt, ettersom vegen må holdes åpen hele døgnet. Dette redegjør vi for i kapittel 6.

Vi konkluderer i kapittel 7 med at tunnelen etter endt arbeid vil være i god stand og overgå dagens krav.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn for valg av tema:

Ifølge Statens Vegvesen skal rundt 200 tunneler >500 meter oppgraderes etter den nye sikkerhetsforskriften (dette vil vi komme tilbake til i punkt 2.1). Fagernestunnelen i Narvik og Tømmernestunnelen i Hamarøy er de nærmeste som allerede har fått en slik oppgradering.<sup>1</sup>

Vi mener temaet er aktuelt fordi alle tunnelene i Norge skal tilfredsstillere sikkerhetskrav fra EU-direktivet.

Det er andre behov i dagens samfunn enn hva det var når Forsatunnelen ble åpnet i 1970. Eksempelvis økt tungtrafikk og flere bilder på veiene. Mange eldre tunneler i Norge er ikke dimensjonert for semitrailere, som er en av de viktigste transportmetodene i Norge i dag. Særlig i nord der vi ikke har tog engang. Rehabilitering av tunneler er dermed nødvendig å utbedre for å kunne tilfredsstillere dagens behov. Samfunnet har som nevnt endret seg og blant annet etterspørsel etter varer har økt, som igjen trolig fører til økt belastning på veinettet. Temaet er dermed relevant og aktuelt akkurat nå.

Forsatunnelen er spennende å se på, fordi omfanget av metoden av utvidelse som er planlagt å bruke er lite brukt tidligere i Nord-Norge. En viktig faktor for at vi valgte akkurat Forsatunnelen var dens beliggenhet som gjorde at vi fikk mulighet til å komme på befaring, noe vi tenkte var avgjørende for å gi oss en bedre forståelse av prosjektet og hvordan arbeidene ble utført.

Tunnelen ligger på E6 og det er derfor avgjørende for hele regionen at vi har en velfungerende, trygg og oppgradert tunnel, ettersom dette er den eneste veien opp til Nord-Norge gjennom Norge, uten omkjøringsmuligheter.

Geologiske grunnforhold i sørlige del av tunnelen gir store utfordringer og det er derfor særlig interessant å se på hvordan byggherre og entreprenør velger å løse dette.

## 1.2 Utdypning av problemstilling:

Problemstillingen vi har valgt er «Hvordan og hvorfor rehabilitere E6 Forsatunnelen». Vi ønsker gjennom oppgaven å gi leser et innblikk i de ulike prosessene ved rehabilitering av en vegtunnel, med fokus på E6 Forsatunnelen. Vi ønsker å fordype oss i hvilke metoder som benyttes under utvidelsen og oppgraderingen, deriblant hvordan sprengningsarbeidet blir gjennomført.

Den aktuelle tunnelen ble bygget i 1970 og er dermed av eldre standard. Dette gir mange utfordringer ved bruk av tunnelen i dag og vil ligge til grunn når vi svarer på hvorfor tunnelen må utbedres. Eksempelvis har den en smal kjørebane på kun 5,5 m, alt for lite trafikkrom, som medfører større risiko for at store kjøretøy kan støte i taket, som vil kunne føre til store skader på personell, kjøretøy og tunnelen.

Tunnelen har også et stort behov for oppgradering av vann og frostsikring. Andre ting som ikke står til dagens krav er belysning, siktelinje til bom, nødnett med mer.

---

<sup>1</sup> <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/tunnelernord/nyhetsarkiv/e6-forsatunnelen-gjores-tryggere> 27/5-20, kl. 22:10

### 1.3 Hvordan arbeidet er avgrenset:

For å besvare oppgavens problemstilling og av hensyn til dens omfang vil vi fokusere på metode for utvidelse og oppgraderingen av tunnelen.

Vi avgrenser arbeidet ved å fokusere mest på selve tunnellopet, oppgraderingen av dette, altså det som skjer inni fjellet. Vi vil ikke gå inn på entreprisen til prosjektet heller ikke anbudsrunder og kostnader, men vi vil i helt korte trekk reflektere rundt økonomiske besparelser innenfor enkelte områder da vi finner noen av de særlig interessante. Vi vil se på selve jobben og de metoder som benyttes for hvordan arbeidet blir utført. Hvis vi skulle skrevet om alle overnevnte punkter ville oppgaven blitt alt for omfattende slik at vi ville oversteget kravet til sideantall. Elektrotekniske arbeider vil kun nevnes kort ettersom vi ikke har noe utdanning/kompetanse innen dette.

Vårt fokus vil i hovedsak ligge på hvordan man oppnår ønsket kvalitet i tunnelen. Politikken, økonomien og anbudene vil vi derfor ikke gå inn på. Vi har heller ikke anledning til å gå dypt i detalj på hvert enkelt område for da mener vi at det vil bli vanskelig å gi et godt nok bilde på de ulike arbeidsområdene i tunnelen. Går vi alt for dypt inn i detalj mener vi at oppgaven vil bli tunglest og kjedelig. Vi dermed forsøkt å nå den «gyldne middelvei».

### 1.4 Formålet med oppgaven:

Vise/fortelle om hvilke prosesser man går igjennom ved rehabilitering av tunnel, samt se nærmere på løsninger/metoder som er benyttet og drøfte om det er noe som eventuelt kunne vært løst annerledes.

### 1.5 Avklaring

På grunn av koronaviruset ble det kun gjort en befaring i Forsatunnelen. Vi hadde egentlig planlagt 2-3 befaringer for å gi oss mer kjøtt på beinet og mulighet til å snakke/intervjue ingeniører og arbeidere. Siden det kun ble en befaring har vi bare fått sett en strossing med boring, lading og litt av sikringsarbeidet som gjøres rett etter sprengning. Vi har ikke fått vært med å se på grøftesprengingen eller plassering av kummer og rør i og utenfor tunnelen. Dette gir oss et dårligere utgangspunkt for å forstå hvordan ting blir gjort. Vi har derimot hatt tett kontakt med de ulike partene over telefon og e-post.



## 2 Metode

Dette er en prosjektoppgave i samarbeid med Statens Vegvesen og andre entreprenører. Vi ser det mest hensiktsmessig å bruke kvalitativ metode for datainnsamling da dette skjer gjennom intervjuer, deltakende observasjon samt at vi skal bruke relevant fagstoff for å kunne underbygge våre funn.

### 2.1 Begrunnelse for valg av metode

Vår problemstilling handler om et rehabiliteringsprosjekt som gjennomføres av flere entreprenører der vi skal se nærmere på hvordan det fysiske arbeidet gjøres og de forskriftsmessige årsakene til at det gjøres. Slike arbeider er ofte erfaringsbaserte i tillegg til at det ligger retningslinjer til hvordan de skal gjøres. Dette gir grunnlag for at kvalitativ metode er mest hensiktsmessig for å innhente data.

### 2.2 Kvalitativ metode

Ifølge Store norske leksikon er,

*«kvalitativ metode forskningsmetoder som brukes ved innsamling og analyse av kvalitative data. Dette er data som vanligvis foreligger i form av tekst, i motsetning til kvantitative data, som uttrykkes i form av tall eller andre mengder.»*<sup>2</sup>

*«Metoder for innsamling av kvalitative data kan være deltakende observasjon, etnografi, ustrukturerte intervjuer, fokusgrupper eller kvalitativ innholdsanalyse.»*<sup>3</sup>

### 2.3 Styrker og svakheter ved valgt metode

En fordel ved metoden er at vi i dette prosjektet fikk mulighet til å få være med inn i tunnelen som blir rehabilitert for å kunne se på de ulike arbeidsoppgavene som ble utført. Samtidig fikk vi god tid til å snakke med flere ingeniører og en geolog på stedet. I forkant hadde vi ikke laget noen intervjuer, men vi tok bilder og stilte spørsmål underveis når det dukket opp spørsmål og skrev ned informasjon i pausene. En annen fordel er at det foreligger mye informasjon om slike arbeider på internett, i tillegg til at vi fikk tilgang til SVV sine dokumenter. En svakhet ved metoden er at ved intervju eller spørsmål inne i tunnelen var det vanskelig å skrive ned eller ta lydopptak av svarene på grunn av sikkerhetsmessige årsaker og mye støy.

---

<sup>2</sup> [https://snl.no/kvalitativ\\_metode](https://snl.no/kvalitativ_metode) 27/5-20, kl. 22:10

<sup>3</sup> [https://snl.no/kvalitativ\\_metode](https://snl.no/kvalitativ_metode) 27/5-20, kl. 22:10

### 3 Beskrivelse av tunnelprosjektet

Grunnlaget for rehabilitering av Forsåtunnelen er gitt gjennom føringer og krav i tunnelsikkerhetsforskriften og bygges etter håndbøkene N500-2016 Vegtunneler, N601 Elektriske anlegg og NEK400:2018 (NorskElektrotekniskKomite 400, omhandler prosjektering og utførelse av elektrisk lavspenningsinstallasjoner).<sup>4</sup>

Tunnelen har tunnelklasse B, med risikojustert ÅDT 2025- 830 kjøretøy, ÅDTt på 20%, som vil utgjøre ca. 166 kjøretøy. Fartsgrense er satt til 80 km/t<sup>5</sup>

Arbeidene med å rehabilitere og utvide tunnelen er planlagt ferdig 29/03-2021.<sup>6</sup>

#### 3.1 Lover og forskrifter

Direktiv fra tunnelsikkerhetsforskriften:

*'Europakommisjonens forslag av 30. desember 2002 til tunneldirektiv (COM (2002) 769 final), ble vedtatt 29. april 2004 som Europaparlaments- og Rådsdirektiv 2004/54/EF. Formålet er å sikre lavest tillatte sikkerhetsnivå for trafikanter i tunneler gjennom krav til å forebygge kritiske hendelser som kan sette menneskeliv, miljøet og tunnelanlegg i fare, samt å sørge for vern ved eventuelle ulykker. Direktivet gjelder tunneler over 500 meter på det transeuropeiske vegnettverket (Trans-European Road Network- TERN). TERN inngår i Trans-European Transport Network som ble en del av EØS-avtalen i 1999.*

*Direktivet ble vedtatt i EU 29.04.04, og trådte i kraft for medlemslandene 30.04.06. EØS-komiteen besluttet 27.01.06 at rettsaken skulle innlemmes i EØS-avtalen. Beslutningen ble for Norges vedkommende tatt med forbehold om Stortingets samtykke.*

*Forskrift om minimum sikkerhetskrav til visse vegtunneler (tunnelsikkerhetsforskriften) ble vedtatt i kgl.res (kongelig resolusjon) 15.05.07 og trådte i kraft samme dato.*

*Direktivet omfatter både organisatoriske og tekniske krav og skal gjelde både for eksisterende og nye tunneler. Dette omfatter blant annet antall løp, evakueringsruter, ventilasjon, nødutganger, havarilommer og stigningsgrad. Videre settes krav til diverse utstyr som belysning, brannslukkere, tilførsel av sløkkevann, TV-overvåkning, og høyttalere.*

*Selv om direktivets krav til klassifisering svarer til tenkemåten i de norske tunnelnormalene, er det likevel relativt stor forskjell mellom de to systemene. På noen punkter stilles det strengere krav i Norge, for eksempel mht. antall løp, belysning, avstander mellom gangbare gjennomganger og havarilommer. På den andre siden stiller direktivet strengere krav til ventilasjon, evakuering, TV-overvåkning og stigningsgrad.'<sup>7</sup>*

<sup>4</sup> SVV eRoom: Referat, prosjekteringsmøte 13, 22/5-19. s.2

<sup>5</sup> SVV eRoom: E6 Forsåtunnelen\_revidert tiltaksplan\_rev01\_2019-09-17.DOCX, s. 1, grunnlagsdata.

<sup>6</sup> SVV eRoom: Fremdriftsplan Forså rev. 28. 7/5-20 kl. 14:10, s. 4

<sup>7</sup> <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2008/okt/tunnelsikkerhetsdirektivet/id2431251/25/5-20, kl. 12:33>

De ulike kravene til utførelse av tunnelbygging og tunnelrehabilitering er gjengitt i håndbøkene til Statens Vegvesen.

### 3.2 Forhistorie

Forsattunnelen tidligere kalt Forsåtunnelen, er 50 år gammel og ble ferdig etablert til 685 meter i 1970, 13 km sør for Ballangen i Nordland ved Forsahavet i E fjorden.<sup>8</sup> Tunnelen ble bygd med en kjørebanebredde på 5,5 m med fri høyde på 4,3 m og fartsgrense satt til 80 km/t.<sup>9</sup>

I 2007 var det hovedettersyn i Forsattunnelen hvor det ble avdekket behov for supplerende sikring knyttet til løst berg og oppsprukket berg. Dette er noe av det som ble registrert: 6 påkjørselskader i PE-skum og sprøytebetong, korrodert nett på 750 m<sup>2</sup> anbefales skiftet ut.<sup>10</sup>

Da tunnelen ble bygget i 1970 ble det etablert en ca. 15 meter lang betongutstøpning i den vestre delen av tunnelen i skillet mellom to forskjellige typer berg. Grunnen til dette er usikkert sier veileder i SVV og at det ikke foreligger noen dokumentasjon som sier noe om tilfellet.<sup>11</sup> Man antar at det kan ha vært store utfordringer med sikringsarbeidet i dette partiet og at det derfor ble støpt en tykk betongportal som beste løsning på tidspunktet.<sup>12</sup>

### 3.3 Geologi

Vi har hentet inn ingeniørgeologisk notat fra SVV eRoom:

*‘I henhold til notatene fra tidligere hovedettersyn går tunneltraseen gjennom omdannede bergarter av prekambrisk til kambro siluriske alder. Bergarten observert i tunnelen er glimmerskifer i vest og foliert granitt i øst. Berget er stedvis oppsprukket parallelt foliasjonen, noe som lokalt skaper løse blokker/flat i hengen. Et annet sprekkesett går vinkelrett på foliasjonen med strøk langs tunnelaksen, noe som skaper små spirdannelser’.*<sup>13</sup>

Som notatet over forteller og geolog utdyper i samtale under befaring er det et skille mellom de to bergartene i tunnelen hvor det har blitt etablert en betongutstøpning da tunnelen ble bygget. Bak denne utstøpningen er det skjellig grunn til å anta at det har oppstått store utfordringer med sikringsarbeidet grunnet fjellets kvalitet. Vest i tunnelen har det vært en del sprakfjell, det har i tillegg kommet noe nedfall i dette området. Dette har bidratt til høyere usikkerhet til fjellets kvalitet.<sup>14</sup>

#### 3.3.1 Sprakfjell

Sitat hentet fra bok med referat etter Fjellsprengningskonferansen, Bergmekanikk- og Geoteknikkdagen i Oslo 26 og 27/11-1998.

*‘Sprakfjell eller bergslag er en betydelig sikkerhetsrisiko, men også en sprengningsteknisk utfordring. Det er store spenninger som er årsaken til at vi får sprakfjell. Spenningene skyldes vanligvis stor fjelloverdekning (helst mer enn*

<sup>8</sup> <https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/tunnelernord/nyhetsarkiv/e6-forsattunnelen-gjores-tryggere> 20/05-20, kl. 12:34

<sup>9</sup> SVV eRoom: E6 Forsåtunnelen\_revidert tiltaksplan\_rev01\_2019-09-17.DOCX, s. 1

<sup>10</sup> SVV eRoom: E6-36 Forså\_inkl\_vedlegg – Hovedettersyn tunneler berg og bergsikring 2014 Sverre Hagen, Multiconsult AS

<sup>11</sup> Telefonintervju kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen 25/5-20, kl. 13:10

<sup>12</sup> Befaring 4/3-20

<sup>13</sup> SVV eRoom: E6- 36 Forsåtunnelen ingeniørgeologisk notat geologi og bergsikring, Lill-Synnøve Larsen. 22/6-18. s.1

<sup>14</sup> Befaring 4/3-20

500 m) over tunneltraseene, men kan også skyldes plate-tektonikk. Videre er bergartens hardhet og sprøhet viktige parametre for hvordan spenningssituasjonen omsettes til sprakfjell'

*'Når vi driver en tunnel gjennom et spenningsfelt tar vi bort «sdestøtten» i et lokalt område. Under de store trykkene får berget mulighet til en sidebevegelse vinkelrett på retningen til hovedspenningene, og vi får et strekkbrudd i fjelloverflaten i tunnelen. På grunn av bergartens hardhet/sprøhet utarter denne bevegelsen seg som kraftfull og eksplosiv... Å drive tunnel med stor sprakfjellsaktivitet medfører en betydelig sikkerhetsrisiko...'*

*'En har opplevd at lyden fra sprak på den ene stoffen er tolket som salvesprengning på motsatt stoff og da har avstanden mellom stoffene vært over 2 km. I de mest ekstreme situasjonene har folk kastet fra seg det de har i hendene og rømt stoffen.'*<sup>15</sup>

I samtale med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang 18/5-20, kl. 16:58 kommer det frem at liknende utfordringer som omtalt i sitatet også oppleves i Forsatunnelen, dette kommer vi grundigere inn på i kapittel 5.1.1 Sikringsarbeid i Forsatunnelen.



Figur 1 Glimmerskifer

<sup>15</sup> <http://nff.no/wp-content/uploads/2015/08/1998-d%C3%A5rlig-kvalitet.pdf>, 14/5-20 kl:15:56. s.59.pdf

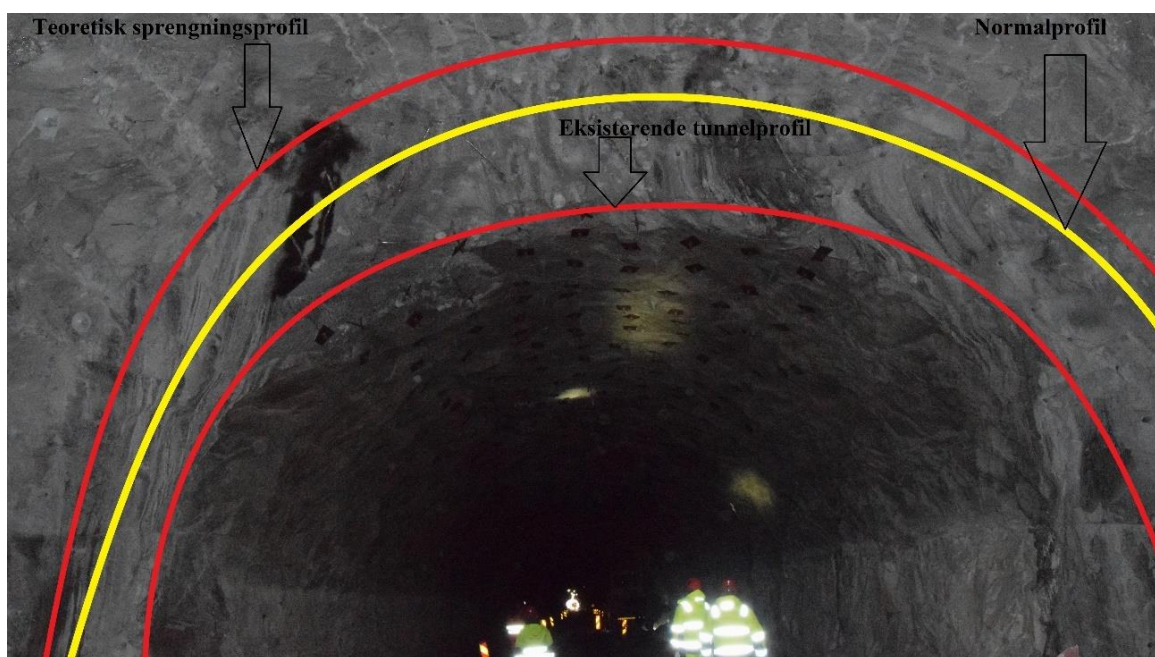
## 4 Sprengningsarbeider

Tunnelen er planlagt utvidet til tunnelprofil T8.5 som betyr at tunnelen skal få en total bredde på 8.5 meter med en kjørebanebredde på 6.5 meter. Nåværende kjørebredde på tunnelen er 5.5 meter som ikke innfrir dagens kjørebreddekrav som er 6.5 meter. Derfor skal tunnelen utvides slik at den tilfredsstillende dette. Det vil gi hvert kjørefelt 3.25 meter kjørebredde.<sup>16</sup> Det er også krav til fri høyde på 4.6 meter, målt vinkelrett på kjørebane. Dette måles fra veiskulderen, som vil si fra ytterkant av veien på begge sider.<sup>17</sup> Det skal i tillegg sprenges for grøfter inne i tunnelen og det skal sprenges bort bergskjæring langs E6 på nordsiden av tunnelen for å utbedre stoppsikten.<sup>18</sup> Før oppstart med utvidelse og rehabilitering av tunnelen kunne starte, må riving, fjerning og sortering av gamle installasjoner og PE-skum være gjort.<sup>19</sup>

### 4.1 Strossing

Metoden som benyttes for å utvide tunnelen kalles strossing, som betyr utvidelse av bergrom.<sup>20</sup> Resultatet av strossingen gir en utvidet tunnelprofil. I praksis kan man si at det bygges en ny tunnel inne i den eksisterende tunnelen. Denne metoden er lite brukt tidligere i region Nord og det er et fagfelt hvor det er gjort få erfaringer.<sup>21</sup>

Ifølge prosjektplanen skal det teoretiske sprengningsprofilen bli +400 mm større enn normalprofilen, som illustrert i figur 2. Dette gjøres for at det skal kunne være plass til installasjoner som skilt og belysning langs med tunnelen og i hengen.<sup>22</sup>



Figur 2, Tunnelprofil

Selve sprengningen er planlagt gjennomført om natten, ettersom tunnelen må være åpen for gjennomkjøring av trafikk på dagtid, da det ikke er noen omkjøringsmuligheter i

<sup>16</sup> Befaring 4/3-20

<sup>17</sup> Håndbok N500 Vegtunneler – 3.4 Tunnelprofiler

<sup>18</sup> Befaring 4/3-20

<sup>19</sup> Befaring 4/3-20

<sup>20</sup> <https://www.vegvesen.no/attachment/221685/binary/420824> 26/5-20, kl. 19:21

<sup>21</sup> Telefonintervju med kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen, 19/5-20, kl. 12:35

<sup>22</sup> SVV eRoom: Referat, prosjekteringsmøte 13, 22/5-19. s.3

nærheten. Det er mest hensiktsmessig å holde den stengt om natten da det er mindre trafikk. Det ble først planlagt å holde tunnelen stengt tre ganger per natt, men dette ble redusert til to ganger per natt siden arbeidet med å rydde og sikre tunnelen etter sprengning tok lengere tid enn først antatt.<sup>23</sup>

Sprengningen i tunnelen er hovedsakelig sprengning av kontur og hjelpere, men enkelte steder der det er mindre enn 0,5 meter fjell inn til kontur er det tilstrekkelig å bore og sprengne bare kontur. Vi må derfor se vekk fra ordinære sprengningsplaner fra tunneldriving da det er betraktelig mindre innspenning enn i en eksisterende tunnel, og den spesifikke ladning (q) vil være lavere.<sup>24</sup>

#### 4.1.1 Boreplan

Før boring ble det vurdert om det skulle bores for 3 eller 5 meters inndrift for hver salve avhengig av fjellkvalitet. Q-verdi og vurderinger ble gjort på stedet av entreprenør og kontrollingeniør. I hovedsak ble det boret for 5 meters salver med en stikningsvinkel på 10-15 grader, men disse lengdene ble nedjustert ved behov.<sup>25</sup>

Strossingen hadde oppstart 15/10-19 og den siste salva ble skutt 29/4-20,<sup>26</sup> unntatt betongutstøpningen. Denne avventes det med å sprengne inntil det blir plussgrader, fordi det muliggjør bruken av sikringsprøyt rett etter sprengning. På grunn av stor usikkerhet knyttet til bergets kvalitet og sikringsbehovet bak utstøpningen anses det som avgjørende for sikkerheten å løse det slik.<sup>27</sup>



Figur 3 Boreriggen som ble benyttet, Sandvik DT912D

<sup>23</sup> Befaring 4/3-20

<sup>24</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang 18/05-20, kl. 17:00

<sup>25</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang 18/05-20, kl. 17:00

<sup>26</sup> SVV eRoom: Salverapporter – tunnel

<sup>27</sup> Befaring 4/3-20

Ved strossingen er det i utgangspunktet prosjektert for at det skal bores 2 raster for hver salve, hvor den ene rasteren er bestående av konturhull og den andre rasteren er bestående av hjelperhull. Det er varierende profil gjennom hele tunnelen, det var derfor kun nødvendig med 1 rast på enkelte steder hvor det var lite overfjell.<sup>28</sup>

Hjelperasteren har som funksjon å sprengte bort berg der det er mer en 0.5 meter berg fra kontur og inn mot tunnelrommet. Dette fordi konturhullene selv ikke klarer å sprengte ut berget når det er for stor forsetning og berget blir veldig innspent. Nederste hull i konturen på hver sider kalles ligger, disse hullene er mer innspent enn de andre hullene i salven og trenger derfor mer eller sterkere sprengstoff for å få sprengt det godt nok ut. Konturhullene bores tett for å få en god kontur med en hullavstand med c/c 0.5 meter avhengig av bergkvaliteten.<sup>29</sup> Ved god kontursprengning slipper man mye ekstraarbeid med pigging og rensk etter sprengning og man kan tidligere komme i gang med ryddingen. Så fremst fjellets beskaffenhet er bra og at det er lite sprekker og slepper.<sup>30</sup>

For boring av hullene brukes en borerigg av typen Sandvik DT912D, med stiftborkrone på 51 mm diameter. Boremønsteret tilpasses for hver stuff etter behov for å kunne oppnå ønskelig profil.<sup>31</sup> Vi har sett på salverapporter fra strossingen og ser at det er store variasjoner i antall hull som er boret for hver enkelt salve.<sup>32</sup> Man avgjør dette basert på fjellkvalitet, ønsket profil, om det er 1 eller 2 raster, og at noen av salvene ikke sprenger ut hele tunnelprofilen, men kun halve om gangen.<sup>33</sup>

Ved oppstart av strossingen var det planlagt å sprengte halve profilen per salve, fordi man antok at det ville gå raskere å rydde og sikre tunnelen før gjennomgang av trafikk. Erfaringene fra dette er at det ble mer sikringsarbeid ettersom man måtte sikre både sprengt profil og den usprengte halvdel for at det skulle være trygt for gjennomføring, det ble derfor mye ekstraarbeid.<sup>34</sup>

Vi har sett på 10 tilfeldige salver ut ifra de totale 177 salvene ved strossingen, vi kom frem til at det er et gjennomsnitt på 49 hull per salve. Dette er gjort på grunn av de store variasjonene i antall hull per salve.<sup>35</sup> (se tabell 1)

---

<sup>28</sup> Telefonintervju med kontrollingeniør i SVV, Vidar Abrahamsen, 15/5-20, kl. 10:45

<sup>29</sup> E-post fra prosjektingeniør i Implenia, Sondre Wenaas, 13/05-20, kl. 16:05

<sup>30</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang, 27/5-20, kl. 19.20

<sup>31</sup> Befaring, E6 Forsatunnelen 4/3-20

<sup>32</sup> SVV eRoom: Salverapporter – tunnel

<sup>33</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang, 18/05-20, kl. 17:00

<sup>34</sup> Telefonintervju med kontrollingeniør i SVV, Vidar Abrahamsen, 15/5-20, kl.10:45

<sup>35</sup> SVV eRoom: Salverapporter - tunnel

Tabell 1, Stikkprøver fra salverapporter, SVV e-Room

Salve nummer	Antall hull	q-spesifikk ladning (kg/m <sup>3</sup> )	Volum salve (m <sup>3</sup> )	Tverrsnitt (m <sup>2</sup> )
65	44	0,63	156	30
74	50	1,33	90	30
87	50	0,75	156	30
116	44	0,55	105	30
124	50	0,84	156	30
131	40	0,72	135	30
150	57	0,97	150	30
162	47	0,63	156	30
179	76	1,14	90	30
219	35	0,60	96	30
Gjennomsnitt	49,3	0,82	129	30

#### 4.1.2 Ladeplan

Ved tunneldriving brukes vanligvis emulsjonssprengstoff, også kalt slurry. Dette fordi det dannes mindre forurensende og skadelige sprenggasser.<sup>36</sup>

*‘Det dannes også mindre røyk enn fra andre tradisjonelle sprengstoffer. Dette er faktorer som det blir fokusert på både med hensyn til indre arbeidsmiljø og ytre omgivelser.’<sup>37</sup>*



Figur 4, Bergsprenger lader salve nummer 175, 4/3-20, kl. 22:45

<sup>36</sup> Forelesningsnotat, ITE-1904-1 19H Tunneldriving, Repetisjon tunnelsprengning fra anleggsteknikk-4 pr.side. PDF. Tor Kildal, 24/9-2019

<sup>37</sup> 2018 Orica Norway AS, Produktkatalog, s.60



Det har imidlertid kun blitt benyttet rørladning til strossingen av Forsa-tunnelen fordi det ifølge entreprenør Implenia er lettere å detektere og unngå forsagere på denne måten. Forsagere vil si udetonert sprengstoff. Man slipper også å bruke en egen ladebil. I tillegg vil det bli vanskelig å benytte slurry ved stor stikning i heng ettersom sprengstoffet vil kunne renne ut av borehullet.<sup>38</sup> Med tanke på luftforurensning av sprenggasser etter sprengning er Forsatunnelen godt ventilert så det vurderes forsvarlig å bruke rørladning selv om slurry er anbefalt.<sup>39</sup>

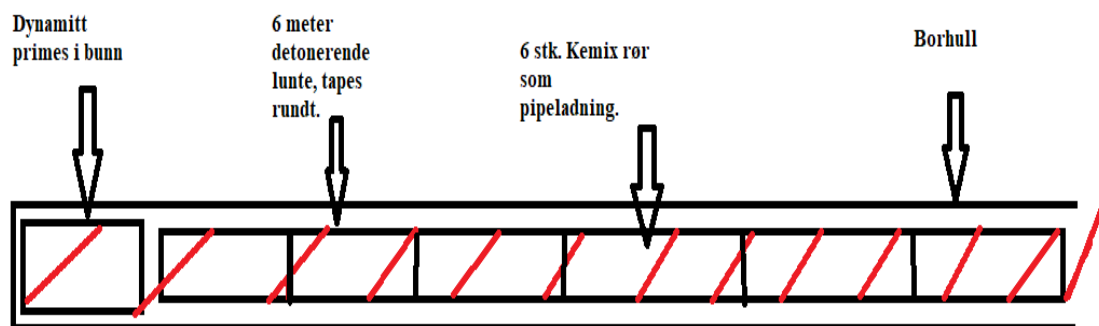
Følgende sprengstoff er benyttet ved strossing:<sup>40</sup>

Centric Magnasplit rørladning, 32 mm x 1100 mm

Kemix rørladning, 22 mm x 1000 mm

Eurodyn 2000 papirpatroner, 30 mm x 380 mm

Ved lading av hvert enkelt hull tapes det detonerende lunte 5g/m rundt hele ladningen.



Figur 5, Ladet konturhull 5 m salve, illustrasjon.

Ved lading av hver enkelt salve er det bergsprenger selv som tar avgjørelser underveis om hvor mye sprengstoff det skal brukes for hvert enkelt hull, avhengig av mengden fjell som skal sprenges.<sup>41</sup> Det er prosjektert for at det skal brukes Kemix som pipeladning og Eurodyn 2000 som bunnladning i alle hull bortsett fra i liggerhullene. Her vil det lades med Centric Magnasplit i hele borehullet,<sup>42</sup> da det er en type dynamitt som er spesielt beregnet for liggerhull i tunnelsalver.<sup>43</sup> Dette er nødvendig for å spreng ut områder hvor fjellet er mer innspent. Det er varierende mengde overfjell fra bunnen av hvert borehull og inn mot tunnelprofilen, som gjør at mengden Eurodyn som benyttes som bunnladning også varierer.<sup>44</sup>

Ved lading av hvert enkelt borehull starter bergsprenger med å feste tenneren i bunnen av patronen som skal brukes som bunnladning. Deretter tapes det detonerende lunte rundt patronen før den plasseres i hullet. Videre tapes den detonerende lunte rundt neste patron som blir en del av pipeladningen som føres inn i hullet etter bunnladningen. Dette gjøres helt til hullet er fulladet som vist i Figur 5. Hullet staves med et skaft for å få presset sprengstoffet godt inn og for å få plass til tilstrekkelig med sprengstoff. Denne

<sup>38</sup> Telefonintervju med prosjektingeniør i Implenia, Sondre Wenaas. 8/5-20, kl. 12:50.

<sup>39</sup> Befaring 4/3-20

<sup>40</sup> E-post fra prosjektingeniør i Implenia, Sondre Wenaas. 13/05-20, kl. 16:05

<sup>41</sup> Befaring 4/3-20

<sup>42</sup> SVV eRoom: Hovedsprengningsplan Tunnel MBP 100919.pdf, s. 5

<sup>43</sup> 2018 Orica Norway AS, Produktkatalog, s. 40

<sup>44</sup> Befaring 4/3-20

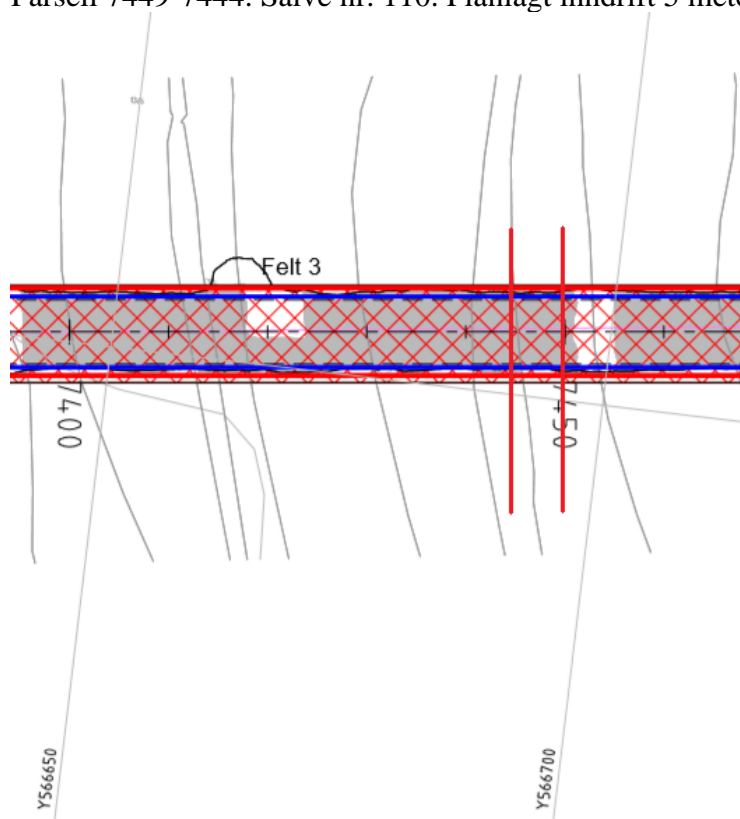
prosessen gjøres på samme måte for liggerhullene, men her benyttes Centric Magnasplit i hele hullet.<sup>45</sup>

Mengden og type sprengstoff som blir benyttet vurderes på stedet av bergsprenger. Det vil derfor variere fra salve til salve hvor mye som blir brukt av ulike typer sprengstoff og hvor. Basert på dette vil det være vanskelig og meget omfattende for oss å gjøre egne beregninger for hele tunnelen.

Vi har valgt en vilkårlig salve, nr. 110,<sup>46</sup> for å vise hva slags type sprengstoff og hvor mye sprengstoff som har blitt brukt i denne salven. Videre gjelder dette også for resten av tunnelen, men i store variasjoner avhengig av blant annet planlagt inndrift og størrelsen på eksisterende profil.

Salvedata er hentet fra eRoom, DP2TunneloppgrRegNord, salverapport-strossing-salve 110. Dato 14/1-20 kl.13:31

Parsell 7449-7444. Salve nr. 110. Planlagt inndrift 5 meter.



Figur 6. Salvenummer 110, utsnitt fra arbeidstegning. 5FRST-C762-102 vei gjennom tunnel – plan og lengdeprofil.25/9-19.

<sup>45</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenja, Jonas Wang 18/05-20, kl. 17:00

<sup>46</sup> SVV eRoom: Salverapport – Strossing – Salve 110.pdf

### Salvedata for salve 110.

Spesifikk ladning 0,76 kg/m<sup>3</sup>.

Antall boremeter fra rigg 260 meter, 260/5 = 52 hull.

Volum salve = 170 m<sup>3</sup>

Tverrsnitt = 34 m<sup>2</sup>

Tabell 2, sprengstofforbruk for salve nr. 110

Sprengstoff	Totalt i salven		Vekt pr.stk		Antall		Pr hull	
Kemix A - 22x1000	90,8	kg	0,42	kg/stk	216,19	stk	Ca. 4,4	stk
Eurodyn 2000 - 30x380	22,4	kg	0,4	kg/stk	56,00	stk	Ca. 1,14	stk
Centric Magnasplitt - 32x1100	16,2	kg	1,16	kg/stk	13,97	stk	Ca. 4 stk i 3 liggerhull	stk

#### 4.1.3 Tennplan

Det var ulike bergsprengere med ulike valg av tennplaner som deltok under sprengningsarbeidene. De hadde ulike erfaringer og ulike preferanser når det kom til hvordan man setter av en salve. Bergsprenger som jobbet under vår befaring valgte å sette av hele salven samtidig uten noen form for forsinker mellom rastene.<sup>47</sup>



Figur 7 Exel LP (0-6000ms) tenner, ikke elektrisk med detonerende lunte.

Etter lading tapes ledningene fra nærliggende hull sammen i bunter som vist på figur 7. En detonerende lunte seriekobles deretter til alle bunter i salven før den til slutt festes i en fenghette med svartkruttlunte. Svartkruttlunten brenner med en hastighet på ca. 1 cm/s. Det har blitt variert mellom 1 og 2 meters svartkruttlunte gjennom hele tunnelen.

<sup>47</sup> Befaring 4/3-20

Dette tilsvarer ca. 1 minutt og 40 sekund for 1 m, og 3 minutter og 20 sekunder for 2 meters lunte. De har brukt ulik lengde basert på hvor lang tid de bruker til å komme seg ut av tunnelen før salven settes av.<sup>48</sup>

#### 4.2 Grøftesprenghing

Det skal sprenges grøfter på begge sider av tunnelen for plassering av dreneringsystem. Grøftene vil få en varierende bredde og dybde avhengig av om det skal plasseres både overvannsledning og drensledning eller om det kun skal plasseres drensledning.



Figur 8 Gjenfylt dreneringsgrøft, bredde ca. 1 meter.

Sett fra øst, vil det på høyre side inne i tunnelen sprenges 390 m grøft for legging av overvannsledning og drensledninger. Den er prosjektert sprengt til ca.  $1,0 \text{ m}^3$  pr/m grøft, med et volum på  $390 \text{ m}^3$ . Grøften skal ha minimum 0,7 m bredde i bunn og minimum dybde på 0,8 m under traubunn veg.

I resten av tunnelen vil det bli sprengt 1015 m grøft kun for drensledning med prosjektert størrelse på ca.  $0,4 \text{ m}^3$  pr/m grøft, totalt  $410 \text{ m}^3$ . Denne grøften skal ha minimum 0,35 m bredde i bunn og minimum dybde på 0,95 m under traubunn veg.

Totalt vil det bli sprengt ca. 1405 m grøft med et volum på ca.  $800 \text{ m}^3$ .<sup>49</sup> (fotnoten gjelder for alt ovenfor)

Det skal også sprenges ekstra for å kunne plassere kummer av ulik størrelse på begge sider i tunnelen.<sup>50</sup> (Se vedlegg 1-6 for videre forklaring av grøfteutførelse).

<sup>48</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang 19/05-20, kl. 11:13

<sup>49</sup> SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF. Versjonsansvarlig Per F. Sande. s. 50-51

<sup>50</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang 19/05-20, kl. 11:13

For å unngå skade på konturen blir grøftene og kum-utvidelsene før sprengning dekket med tunge skytematter og overlappes slik at det blir dobbel matte over salven. Grøfter og kum-utvidelser har blitt sprengt fortløpende når entreprenør har sett at de har hatt tid.<sup>51</sup>

Etter at grøften ble sprengt har den blitt fylt igjen ettersom entreprenør av sikkerhetsmessige årsaker ikke er komfortable med å holde grøften åpen like ved trafikkert vei. Etter strossingen er ferdig vil arbeidet med grøftesprengning bli intensifisert.<sup>52</sup>

#### 4.2.1 Borplan

Størrelse på salven og antall hull er svært varierende ettersom sprengning av grøfter ikke kan starte før strossingen er gjennomført i de gitte områder. Bergsprenger på stedet tok også vurderinger på om maskinføreren var erfaren eller ikke, da ville han justere størrelsen på salven avhengig av effektiviteten til maskinføreren. Mengden med tilgjengelige skytematter var også en faktor for hvor mye de kunne sprengte om gangen.<sup>53</sup>

Under boringen ble det benyttet stiftborkrone med diameter 51 mm, dette varierer også avhengig av hvilken borerigg som ble benyttet. I starten ble det benyttet borerigg av typen Stonepower Stonescorpion med diameter 57 mm, denne ble derimot byttet ut med en borerigg av typen Atlas Cocpo T20 med diameter på 51 mm.<sup>54</sup>

Det ble byttet borerigg fordi det kom andre sikkerhetskrav til førerhus.<sup>55</sup> Det ble forsøkt benyttet eksisterende Sandvik rigg, tårnet viste seg derimot å være for «klumpete» under boringen, spesielt ved ansett til enkelte hull.<sup>56</sup>

Der det skulle sprenges for kummer ble det boret tettere og derfor ble en høyere spesifikk ladning (q) benyttet, dette var for å få godt nok kast i salven ettersom det bare er en retning å kaste ut massene.<sup>57</sup>

#### 4.2.2 Ladeplan

Følgende sprengstoff som er benyttet ved grøftesprengning:<sup>58</sup>

Eurodyn 2000 papirpatroner, 40x180 mm

Eurodyn 2000 papirpatroner, 35x380 mm

ANFO-sprengstoff av typen Exan 50 kg sekker

Ved sprengning av grøfter er det planlagt bruk av Eurodyn 2000, 40x180 mm som bunnladning med ANFO som pipeladning. Ettersom ANFO ikke tåler vann har Eurodyn 2000, 35x380 blitt benyttet som pipeladning i hull hvor det er registrert fukt.

---

<sup>51</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang 19/05-20, kl. 11:13

<sup>52</sup> Befaring 4/3-20

<sup>53</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang 19/05-20, kl. 11:13

<sup>54</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang 19/05-20, kl. 11:13

<sup>55</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang 21/05-20, kl. 12:10

<sup>56</sup> E-post fra prosjektingeniør i Implenia, Sondre Wenaas, 19/5-20 kl. 11:03

<sup>57</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenia, Jonas Wang 21/05-20, kl. 12:10

<sup>58</sup> SVV eRoom: Salverapporter – grøft

Da det ikke er skrevet i rapportene til SVV hvilke og hvor mange hull som lades med de ulike typene sprengstoff, ble det vanskelig for oss å regne på hvor mye som er brukt i hvert enkelt hull. Vi vil derfor presentere resultatene kun for en spesifikk ladning(q).

Vi mener dette vil gi et bilde på hvor mye sprengstoff som er benyttet til grøftesprengningen.

Salvedata for salve nummer 141, dato 4/2-20 kl. 09:30. Spesifikk ladning var på

$$q = (12,5\text{kg Exan (halv sekk)} + 25\text{kg Eurodyn } 40 \times 180 + 12,5\text{kg Eurodyn } 35 \times 380) / 55,6\text{m}^3 = 0,9\text{kg/m}^3.^{59}$$

#### 4.2.3 Tennplan

Det er stor variasjon på tennplanene, ingen av salvene er tilsynelatende like. Forskjeller på antall raster, lengder og om det er rastvis eller hullvis tenning, samt ulike forsinkertider gjør det utfordrende for oss å vise hvordan tennplanene er satt opp.

Vi har valgt å se på tennplan for en salve, for å vise hvordan en salve eksempelvis kan kobles med forsinkertid mellom hull og raster.

Det ble benyttet følgende tennmidler til salve nummer 135.<sup>60</sup>

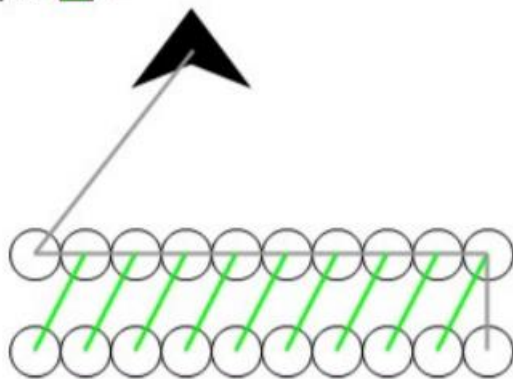
9 stk. Exel LP- 7,8 meter (0-6000 ms)

11 stk. Exel Connectadet SL - 42 ms 4,8 meter.

## Tennerplan

Salve ID: 6437. Parsell: Grøftesprenging 1

■ 42 ■ 2



Figur 9, eksempel tennplan

I figur 9 ser vi at det er tenning med forsinkertid på 42 ms mellom hullene i første rast og hjørnehullet, mens det er 2 ms forsinkertid fra første rast til hullene i andre rast.

Figur er hentet fra SVV eRoom: Salverapport – grøft – salve 135.pdf.

<sup>59</sup>SVV e-Room: Salverapport – grøft – salve 141.pdf. 4/2-20, kl. 15:10

<sup>60</sup>SVV e-Room: Salverapport – grøft – salve 135.pdf. 3/2-20, kl. 12:47

### 4.3 Vegkurvatur inn mot tunnel

Det har blitt sprengt bort berg på nordsiden av veien før tunnelåpning i øst, dette er for å oppnå bedre stoppesikt/siktelinje for trafikantene inn mot vegbom.



Figur 10, Brakkerigg og skjæring øst for tunnelen.

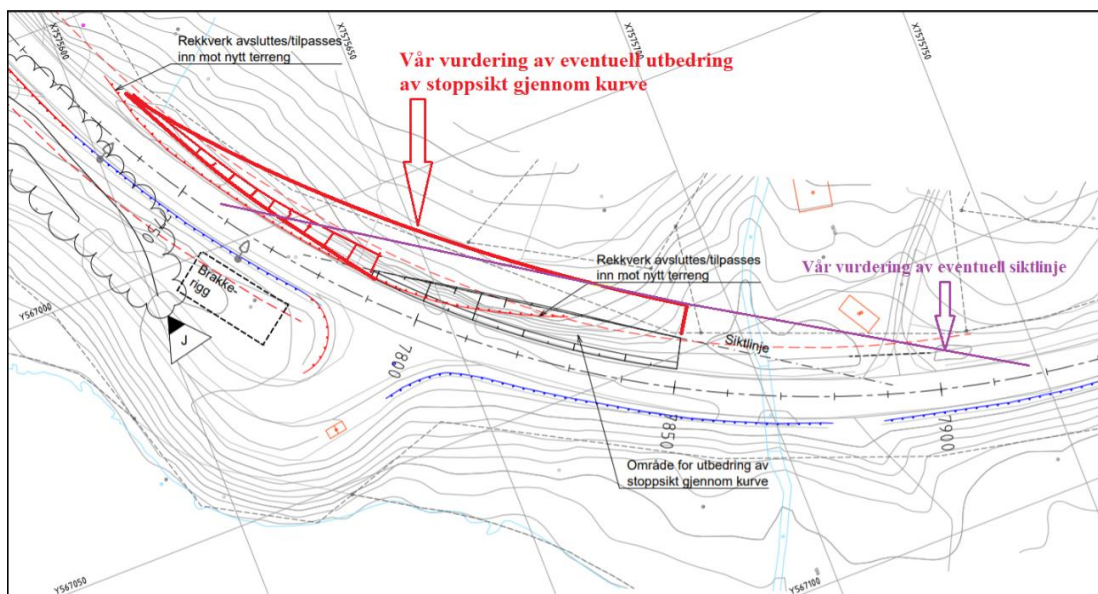
Vi har sett på salverapporter fra SVV, eRoom, Salverapporter dagsone av Thomas Ivarjord 8/10-20. Disse viser at det ble totalt 9 salver, oppstart 9/10-19 siste salve 15/10-19. <sup>61</sup> Totalt volum sprengt berg: ca. 500 m<sup>3</sup>

Under telefonsamtale med bergsprenger Jonas Wang 18/5-20 kl.16:58, formidlet han at sprengingen bød på utfordringer ettersom brakkeriggen hadde blitt etablert på andre siden av veien, se figur 10.

Dette førte til at bergsprenger måtte sprengne forsiktig for å unngå skader på bebyggelsen. Konsekvensene av dette var at lavere spesifikk ladning førte til dårligere brytning som igjen førte til dårlig kontur. Bergsprenger uttrykte misnøye knyttet til resultatet, han mente det ville vært betraktelig bedre hadde han kunnet sprengt hardere før brakkeriggen ble etablert. Under befaring kunne vi også observere at konturen i skjæringen ikke var optimal. (Illustrert i figur 10)

---

<sup>61</sup> SVV eRoom: Salverapporter dagsone av Thomas Ivarjord 8/10-20.

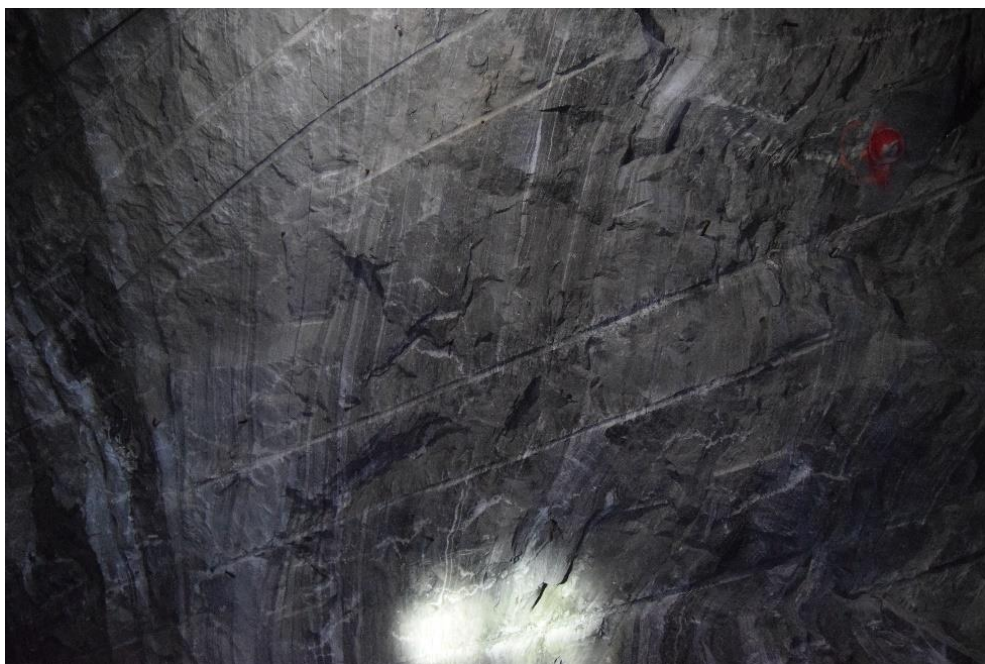


Figur 11, Eventuell utbedring av stoppsikt. 5FRST-C762-005, Forsa nord. 1/4-20.

Skjæring på figur 11 burde også vært sprengt for å gi en bedre siktlinje. Vi mener det kunne blitt fjernet mer.

#### 4.4 Oppsummering av sprengningsarbeider

Oppsummert kan vi konkludere med at det benyttes ulike fremgangsmåter for hver enkelt bergsprenger som er på jobb. Det er til tider utfordrende for oss å finne ut hvordan ting faktisk gjøres på grunn av store variasjoner og fremgangsmåter, men resultatet ser fremdeles ut til å være bra. Under befaring observerte vi synlige borpiper i konturen gjennom store deler av tunnelen etter sprengning, noe som også tyder på vellykket sprengning.<sup>62</sup>



Figur 12, Synlige borpiper kontur

<sup>62</sup> Forelesningsnotat Kontursprengning i tunnel - 6 ark.pdf. s. 2



Et alternativ til bruk av sprengstoff kunne vært å bruke emulsjonsprengstoff med patronert dynamitt som primes i bunn. Dette vil kanskje kunne ført til et jevnere resultat hvor det ville vært raskere å lade, samt redusert de farlige gassene som ANFO-sprengstoff produserer. Fordelene er mange ved bruk av emulsjonssprengstoff, men ulempene ved å måtte benytte seg av ladebil skal man heller ikke glemme. Ifølge bergsprenger må størrelsen på hele prosjektet være over 4000m<sup>3</sup> før det er lønnsomt å benytte seg av ladebil.<sup>63</sup> Derfor samsvarer ikke prisen for tilrigging av ladebil og drifting av denne med prosjektets størrelse. I tillegg må prosjektets beliggenhet tas med i betraktning ettersom man må betale for transporten.

Vår anbefaling ville vært å se vekk fra kostnader slik at man kommer nærmest mulig ønsket kvalitet og at sikkerheten til arbeiderne blir best ivaretatt. Vi tror at emulsjonssprengstoff ville vært det beste alternativet til sprengstoff, med hensyn til arbeidssikkerheten.

## 5 Kompletteringsarbeider

Vi vil belyse de ulike arbeidene som kommer etter at utvidelsen av tunnelprofilen er fullført. Vi har i forsøkt å velge de områder hvor vi mener at vi kan drøfte og benytte oss av innholdet i våre studieemner. I hovedsak har vi fokusert på *Sikringsarbeid, Tekniske løsninger rundt tunnelportal, Vann- og frostsikring, og Drenering.*

### 5.1 Sikringsarbeid

Sikringsarbeider før og etter sprengning utgjør en stor del av arbeidet i tunnelen og vi vil i denne delen forklare de viktigste prosedyrene for sikring.

«Q-systemet er et klassifiseringssystem for bergmasser med hensyn til stabilitet av tunneler og bergrom.»<sup>64</sup>

Ved hjelp av Q-systemet bestemmes bergmassens stabilitet<sup>65</sup>, som er avgjørende for å kartlegge sikringsbehovet til fjellet. For å beregne Q-verdien er det tre viktige faktorer som vurderes; oppsprekkingsgraden(blokkstørrelse), friksjonsforholdet langs sprekker og spenningsforholdet i fjellet.

Dette benyttes for å bestemme bergmasseklasse fra A-G, hvor A er best. Dette kan man se et bilde på i bergsikringsdiagrammet, figur 13. Høyere Q-verdi betyr bedre bergkvalitet og lavere sikringsklasse. Sikringsklassene går fra 1-6 hvor sikringsklasse 1 har minst behov for sikring.

Ut fra bergforholdet finner man sikringsklasse som avgjør permanent sikringsbehovet, det vil si graden av sikringsbehov i berget. Dette danner grunnlaget for sikringsarbeidet.

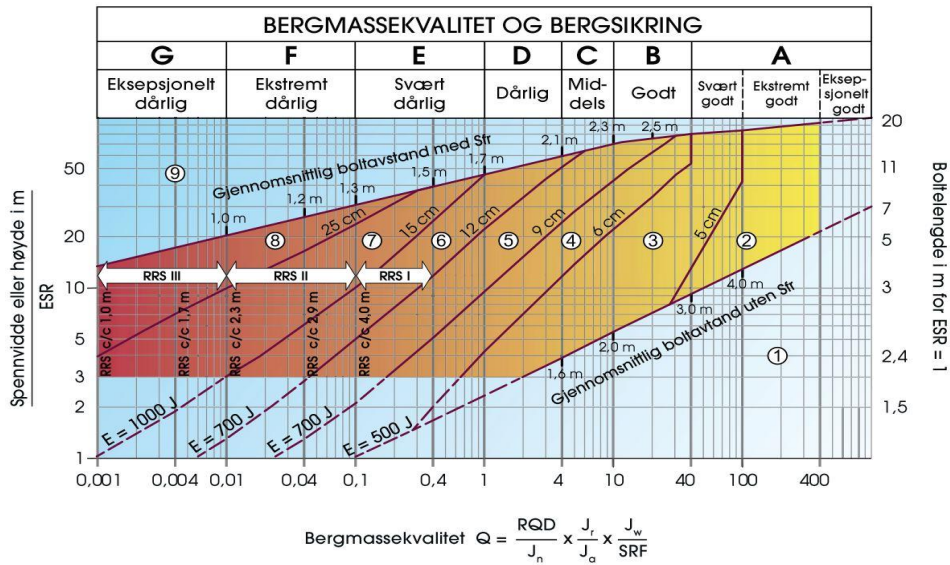
---

<sup>63</sup> Telefonintervju med bergsprenger i Implenja, Jonas Wang 21/05-20, kl. 12:10

<sup>64</sup> Forelesningsnotat: Q-systemet 6 pr ark.pdf, s 1

<sup>65</sup> Forelesningsnotat: Q-systemet 6 pr ark.pdf, s.2

## BERGSIKRINGSDIAGRAMMET

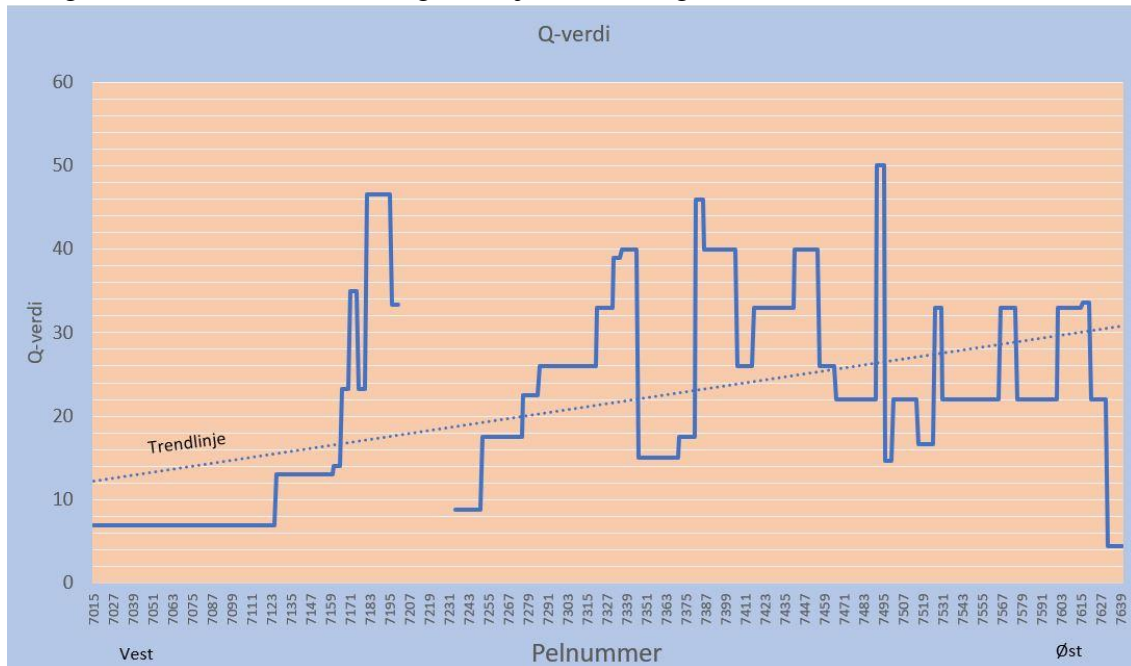


Figur 13 Bergsikringsdiagrammet

### 5.1.1 Sikringsarbeidet i Forsatunnelen

Geolog og kontrollingeniør på stedet foretok visuelle inspeksjoner av berget hver 5m/drevet fjell for å kunne beregne Q-verdien til berget slik at nødvendig arbeids- og permanent sikring ble etablert.<sup>66</sup> Dette er også kjent som «Byggherrens halvtime», som vanligvis legges inn i kontrakten. Da er det viktig at den som utfører kontrollen kommer seg opp med kran for å grundig kunne vurdere fjellet og hengt med spett og visuell kontroll.<sup>67</sup>

Vi har samlet inn alle Q-verdiene fra utregningene gjort i Forsa-tunnelen og laget et diagram for å vise tendensen og variasjonen av bergmassens stabilitet.<sup>68</sup>



<sup>66</sup> Befaring 4/3-20

<sup>67</sup> Forelesningsnotat: Kontrollingeniør tunnel -SVV 2012 – 4 ark pr side, ark.6-s.22

<sup>68</sup> SVV ONE NOTE: Kartlegging, Q-beregninger

Diagrammet viser lavere Q-verdi vest i tunnelen, som gir et høyere sikringsbehov. Dette har også blitt rapportert inn av fjellarbeiderne gjennom observasjoner de har gjort under arbeidet.<sup>69</sup> Det kan konkluderes med at det er større arbeidsmessige utfordringer vest i tunnelen der det er mye granitt og sprakfjell. Trendlinjen viser at Q-verdien er lavere i den vestre delen av tunnelen og dette medfører et høyere sikringsbehov. Vi ser også her at sikringsbehovet gjennom tunnelen har stor variasjon med tanke på utregninger av Q-verdi. De partiene med lavest verdi og dermed tunnelens laveste bergmasseklasse, C, har et permanentsikringsbehov med systematisk bolting maks c/c 2 meter.<sup>70</sup>

### 5.1.2 Sikringsbolter

På figur 14 borer tunnelriggeren hull for kamstålbolt M20 limte endeforankrede bolter med polyester, også kjent som polyesterbolter/limbolter.<sup>71</sup> Lengden på boltene som er brukt er 3 meter. I akkurat dette partiet ble det benyttet c/c 1 meter på grunn av sprakfjell, og med hensyn til trafikantene så entreprenøren det hensiktsmessig å sikre ekstra utover det nødvendige sikringsbehovet gitt fra beregninger av bergets stabilitet. Polyesterboltene ble benyttet fordi det var sprakfjell ettersom disse har en bedre evne til å ta opp strekkrefter når fjellet setter seg etter sprenging.<sup>72</sup>



Figur 14, Boring for sikringsbolter

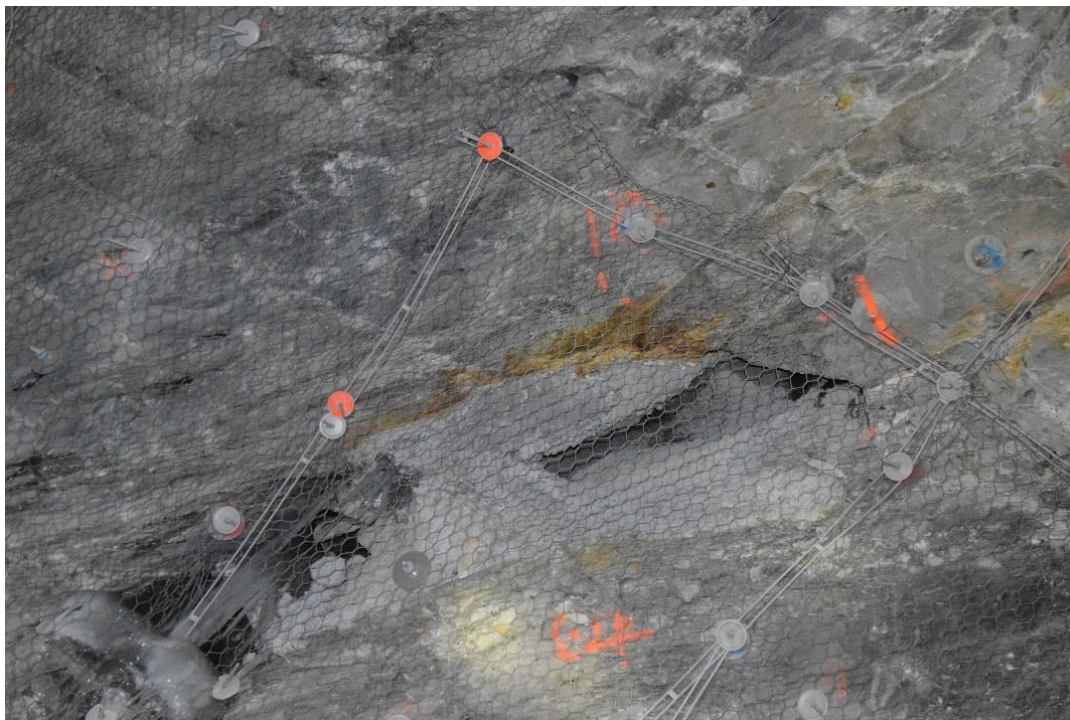
<sup>69</sup> Befaring 4/3-20

<sup>70</sup> Forelesningsnotat – Q-system 6 pr ark.pdf

<sup>71</sup> [https://galvanotia.no/ac/wwwgalvanotiano/fjellsikring/kamstaalbolter-m20-og-m24/kamstaalbolter-m20-og-m24?ac\\_parent=1](https://galvanotia.no/ac/wwwgalvanotiano/fjellsikring/kamstaalbolter-m20-og-m24/kamstaalbolter-m20-og-m24?ac_parent=1) 26/5-20, kl. 14:03

<sup>72</sup> Telefonintervju med prosjektingeniør i Implenia, Sondre Wenaas, 26/5-20, kl. 13:39

Den mest vanlige sikringsbolten som benyttes i tunnel er kombinasjonsbolt, NC-bolt<sup>73</sup> den egner seg mindre enn limbolt for bruk i sprakfjell da den er stivere og vil bygge opp spenninger i fjellet siden den ikke tillater fjellet å bevege seg i like stor grad som en limbolt. Disse settes opp som arbeidssikring underveis når de er endeforankret. Midlertidig sikkerhetsnett blir også brukt på utsatte steder for nedfall se figur 15, og fungerer som arbeidssikring under arbeidet. Kombinasjonsboltene kan derimot benyttes som permanentsikring når de har blitt gysset, men dette arbeidet bør ikke gjennomføres før det er plussgrader.<sup>74</sup>



Figur 15, Sikringsnett som midlertidig arbeidssikring

Kombinasjonsbolt bør ikke gyses før temperaturene er tilfredsstillende siden gysemiddelet ikke herder godt i minusgrader. Det er ikke før kombinasjonsboltene blir gyst at de blir en del av permanentsikringen. Det ble brukt kombinasjonsbolter med lengde på 3 og 4 meter, der de lengste på 4 meter bare ble brukt etter behov ved anslått dårlig fjell og slepper.<sup>75</sup>

### 5.1.3 Betongsprøyting

Sikringsprøyting av dårlig fjell og sprøytebetongbuer ved dårlig fjell skal ha fasthetsklasse B35 og bestandighetsklasse M45.<sup>76</sup>

Det er planlagt oppstart av sikringsprøyting i mai. Arbeidet avventes inntil det er tilfredsstillende temperatur, slik at herdeprosessen blir ivaretatt. Mengde sikringsprøyting er uvisst i skrivende stund 6/5-20, fordi betongutstøpningen enda ikke er fjernet, er ikke behovet kartlagt.<sup>77</sup>

<sup>73</sup> <https://pretec.no/produkt/nc-bolt/> 26/5-20, kl. 14:07

<sup>74</sup> Telefonintervju med prosjektingeniør i Implenia, Sondre Wenaas, 27/5-20, kl. 20:45

<sup>75</sup> Befaring 4/3-20

<sup>76</sup> SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF. Versjonsansvarlig Per F. Sande

<sup>77</sup> Telefonintervju med kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen 8/5-20 kl.12:47

Det kom frem under befaringen 4/3-20 at årstiden skaper store ekstraavgifter fordi man ikke bør bruke sprøytebetong og gysebolter før det er varmegrader. Dette kunne kanskje vært unngått dersom oppstart av prosjektet hadde vært satt på en annen årstid. Hadde det derimot vært en ny tunnel som skulle drives ville dette vært unngått, da man etter en viss strekning inn i tunnelen oppnår konstant temperatur på 4-6 plussgrader. I en eksisterende tunnel som Forsatunnelen som i tillegg må være åpen for trafikk vil ikke dette være mulig å oppnå på vinterstid.<sup>78</sup>

#### 5.1.4 Andre kommentarer

Utfra Q-verdiene (tabell 3) skal tunnelen sikres med systematisk bolting c/c 2 meter i områdene med mye sprakfjell, etter vurderinger tatt av entreprenør valgte de å bruke c/c 1 meter, noe som tilsvarer tunnelklasse F, da ville Q-verdiene ligget på mellom 0,01 og 0,1 som tilsvarer ekstremt dårlig bergklasse.

Entreprenør og arbeidere har vært usikre på fjellets kvalitet under arbeidet. Det ble rapportert om buldring og spraking i opptil en time etter salven hadde gått av. På grunn av arbeidssikkerheten gikk ikke arbeidere inn i tunnelen før fjellet roet seg/satte seg.<sup>79</sup> Ser man på *figur 16*, kan man tydelig se at opprinnelig sikring også bærer preg av usikkerhet i forhold til bergkvaliteten da den har blitt sikret med svært tett bolting under opprinnelig sikring. I tillegg har det også blitt ettermontert ytterligere sikringsbolter med trekantplate i galvanisert stål, se *figur 16*.



*Figur 16, Gamle sikringsbolter, tydelig at opprinnelig entreprenør var usikker på fjellets kvalitet.*

<sup>78</sup> Telefonintervju med kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen 8/5-20 kl.12:47

<sup>79</sup> Befaring 4/3-20

## 5.2 Teknisk løsning rundt tunnelportaler

Det skal monteres høydehinder i begge portaler som skal tilpasses trafikkrommet til tunnelen.<sup>80</sup> Dette gjøres for å forhindre at biler som er høyere enn trafikkrommet skal kjøre inn i tunnelen. Høydehinder burde være deformerbare og monteres slik at det ikke er fare for nedfall ved kollisjon.<sup>81</sup>

Det skal ikke bygges nye tunnelportaler i tunnelen grunnet økonomiske besparelser. For at eksisterende tunnelportaler skal tilfredsstillere kravene til T8.5 er det planlagt å senke veibanen slik at kravet til fri høyde på 4,6 meter i trafikkrommet oppnås.<sup>82</sup>

Bredden av tunnelportalene er hentet fra arbeidstegninger av tverrsnitt på eksisterende tunnelportaler i SVV eRoom (se vedlegg 7-12):

Tunnelportal sør (ca. 30 meter), målinger gjort hver 5. meter gir 5 målinger:

Pel 6985: 8,031 m, Pel 6990: 8,039 m, Pel 6995: 8,048 m, Pel 7000: 8,044 m, Pel 7005: 8,043 m

Tunnelportal nord (ca. 12 meter), kun gjort en måling av tverrsnitt:

Pel 7660: 8,204 m



Figur 17, Tunnelportal nord

Vi leste også av fra målinger gjengitt i arbeidstegninger av plan og lengdeprofil, (se vedlegg 13-14) hver femte meter gjennom tunnelportalen og tok deretter gjennomsnittet av disse målingene slik at vi kunne si noe om hvor mye veibanen er planlagt senket i/under portalene.

Veibanen under nordlige tunnelportal er planlagt senket med ca. 30 centimeter, mens veibanen under sørlige tunnelportal er planlagt senket med ca. 15 centimeter.

<sup>80</sup> SVV eRoom: 5FRST-DB001\_v03, s. 9

<sup>81</sup> Håndbok N500: Kap. 4.3.2.8 Høydehinder, s. 31

<sup>82</sup> Håndbok N500: Kap. 3.4.1, s. 17

Her er våre utregninger:

$$\text{Tunnelportal nord: } \frac{0,29m+0,41m+0,32m+0,32m+0,35m+0,24m}{6} = 0,30 \text{ meter}$$

$$\text{Tunnelportal sør: } \frac{0,16m+0,16m+0,14m+0,14m+0,12m+0,13m}{6} = 0,14 \text{ meter}$$

Grunnen til at det er forskjell på hvor mye vegen skal senkes i de to forskjellige portalene er at den nordlige portalen er lavere i utgangspunktet, se utregninger hentet fra vedlegg 7-14. Det er også på grunn av usikkerhet til portalenes dybde i terrenget, og hvordan helning vegen har i overgangen mot eksisterende veg på utsiden av tunnelen.<sup>83</sup>

Tabell 4, Utregninger for senkning av veg

Pel-/ Profil nr.	Prosjektet ny høyde i senter veg-portal(m)	Gammel terreng høyde (m)	Ny profil høyde (m)	Prosjektet senket (m)	Gammel høyde i senter veg-portal (m)
6985-Sør	5,8	39,3	39,14	0,16	5,64
6990-Sør	5,8	39,37	39,23	0,14	5,66
6995-Sør	5,8	39,45	39,31	0,14	5,66
7000-Sør	5,8	39,51	39,39	0,12	5,68
7005-Sør	5,8	39,58	39,45	0,13	5,67
7660-Nord	5,7	36,9	36,58	0,32	5,38

Vi stiller oss undrende til hvorfor portalene ikke prosjekteres til å få samme høyde etter senking, men vi antar at dette er grunnet at portalen i nord er bredere ca. 8,2 m enn portalen i sør ca. 8 m og derfor ikke trengs senket like mye for å tilfredsstillе trafikkkrommet. Det er heller ikke satt en fast senkedybde gjennom hele veibanen, vi antar at dette er grunnet ujevnt underlag. (se vedlegg 13-14)

Det antas at betongen i portalene er fra byggeår (1970), som betyr at de er 50 år gamle. Det er ikke gjort noen vurderinger på portalenes levetid, annet enn visuell inspeksjon og hovedinspeksjon som gjennomføres hvert 6. år.<sup>84</sup>

Vi har forståelse for at tunnelportaler som fungerer ikke prioriteres renoveret, da man ønsker å renovere flest mulig tunneler i Norge til et tilfredsstillende nivå. Ser man helhetlig på tunnelen etter renovering oppfyller den tunnelsikkerhetsforskriften og fremstår som en «gulltann» sammenlignet med tilstanden før renovering. Det hadde derimot vært ønskelig om det hadde blitt gjennomført en grundigere undersøkelse, for eksempel en kloridanalyse av betongen. En kan på denne måten i større grad kartlegge levetid på betongen.

Ved å unnlate å rehabilitere tunnelportalene sparer man inn kostnader på kort sikt. Før eller siden vil det være behov for rehabilitering også på disse delene av tunnelen, og et eget prosjekt/arbeide må settes i gang. Dette medfører trolig at det må settes av midler til blant annet trafikk-avvikling, som trolig vil gjøre den sammenlagte kostnaden høyere. Med både personell og utstyr tilstede, og pågående ordninger for trafikkdirigering/sikkerhet mener vi det ville blitt billigere dersom portalene også hadde

<sup>83</sup> Telefonintervju med kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen, 27/5-20, kl. 11:34

<sup>84</sup> Telefonintervju med kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen, 26/5-20, kl. 12:27

fått en opprustning nå. Kanskje ville prosjektet tatt noe lengre tid, eller kanskje kunne denne opprustningen foregått samtidig som annet arbeid inni tunnelen ble utført.

### 5.3 Montering av vann- og frostsikring inkludert brannsikring

Ut fra registreringer foretatt av kontrollingeniører kan man se at det i hovedsak er i østre del av tunnelen det er registrert drypp og fukt.<sup>85</sup> Dette samsvarer også med våre egne observasjoner under befaringen, der vi så at det var midlertidige monterte PE-skum på de utsatte områdene i østre del. Dette ble gjort for å forhindre issvuller i og over vegbanen, men heller lede vannet ut mot tunnelveggen.



Figur 18 PE-skum, midlertidig vann og frostsikring under pågående arbeid.

#### 5.3.1 Vann- og frostsikring

Øst for betongutstøpningen var det tidligere montert 201 løpemeter med gammelt PE-skum (polyetylen-skum) og sprøytebetong. Før rivingen var det vanskelig å anslå omfanget av hvor mye som opprinnelig var i tunnelen, ettersom mye av PE-skummet var dekket av sprøytebetong. Det ble tatt prøver av gammelt PE-skum fra flere områder i tunnelen som skulle sendes til egnet sted for å analysere om det var forurenset. Deretter ble det sortert, mellomlagret i containere og levert til godkjent deponi.<sup>86</sup>

Det skal etableres PE-skum der det har vært tidligere og det skal legges nytt der det registreres fukt og drypp. Man ønsker å ha mest mulig homogen føring gjennom tunnelen og endeavslutninger er kostbare, det betyr at man tilstreber minst mulig endeavslutninger. Det vil si færre felt, men større areal som dekkes for hvert felt. Hvis det er to til tre meter mellom feltene vurderes det om de skal koples sammen.<sup>87</sup>

Endetetting etableres i start og sluttunkt av et felt, samt i horisontallinjene der PE-skummet ikke går helt ned i grøften. Det skal være tette overgang ved avslutning av ett

<sup>85</sup> SVV eRoom: Registreringsskjema fukt og drypp, Excel

<sup>86</sup> SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF, s.26 og 50

<sup>87</sup> Telefonintervju med kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen, 27/5-20, kl. 11.34.



felt og ved tilslutninger til andre konstruksjoner i tunnelen, for å hindre vannlekkasje og lufttilstrømning med frostinntrengning bak konstruksjonen.<sup>88</sup>

Det er beregnet PE-skum på 6 felt, som betyr 12 endeavslutninger, minimum tykkelse ferdig skal være 50 mm, prosessen skal inkludere 5 mm armeringsnett K131.<sup>89</sup>

*«For å oppnå god innsprøyting av armering og kråkeføtter etc. skal det, dersom ikke spesielle forhold tilsier annet, brukes alkaliefri akselerator.»<sup>90</sup>*

Det er heller ingen lavere frostmengde lengere inn i tunnelen. Det vil si, at det prosjekteres for samme frostmengde gjennom hele tunnelen. Frostinntrengning vil gjelde gjennom hele tunnelen selv om tunnelen er > 500 meter.<sup>91</sup>

F<sub>10</sub> for Ballangen er 10 000.<sup>92</sup> Ut fra krav i N500 vil det si at føringskant og PE-skum skal benyttes som hovedløsning i tunnelen.<sup>93</sup>

### 5.3.2 Brannsikring av PE-skum

Etter montering av PE-skum, vil sprøytebetong bli benyttet til brannsikring av PE-skummet, dette er et brennbart isolasjonsmateriale og produserer svært giftig røyk hvis det utsettes for høye temperaturer. Derfor er det nødvendig å dekke med tilfredsstillende brannsikring. Sprøytebetongen skal ha fasthetsklasse B35 og bestandighetsklasse M40.

Mengde prosjektert sprøytebetong er 370m<sup>3</sup> med en minimums tykkelse på 80 millimeter.<sup>94</sup>

### 5.3.3 Brannventilasjon

Ifølge Statens Vegvesens Håndbok N500 Vegtunneler,<sup>95</sup> trenger ikke Forsattunnelen brannventilasjon. Vi tok kontakt med veileder i Statens Vegvesen for å finne ut hvorvidt dette var drøftet med tanke på en eventuell brann i tunnelen.

Kontaktperson begrunnet avgjørelsen med at det er foretatt risikovurdering basert på ÅDT og tunnelens lengde, og etter disse vurderingen stilles det ikke krav til brannventilasjon.<sup>96</sup> Vi støtter avgjørelsen med at dette er mest hensiktsmessig på bakgrunn av forklaringen og mener derfor det er en god løsning.

## 5.4 Drenering

Det skal etableres drenering i tunnelen, blant annet fordi man vil føre vannet vekk fra veibanen, unngå issvuller samt bevare veibanens bæreevne. Dette gjøres for å opprettholde bæreevne og fremkommeligheten til vegbanen for trafikksikkerhet.<sup>97</sup>

<sup>88</sup> SVV eRoom: Arbeidsinstruks – Montering av PE-skum.pdf, s. 3

<sup>89</sup> SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF, s. 59

<sup>90</sup> SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF, s. 57

<sup>91</sup> Håndbok N500 Vegtunneler, 2020, s. 40

<sup>92</sup> Håndbok N200 Vegbygging, juli 2018.vedlegg 1, s. 294

<sup>93</sup> Telefonintervju med kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen, 14/5-20, kl. 13:22.

<sup>94</sup> SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF, s. 58

<sup>95</sup> Håndbok N500 Vegtunneler, 2020, kap. 9.4.1, s 59

<sup>96</sup> Telefonintervju med kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen, 27/5-20, kl. 11:34

<sup>97</sup> Overvannhåndtering og drenering for veg og jernbane (NVE 28 – 2016).pdf. s. 15

#### 5.4.1 I tunnelen

Det eksisterte ikke dreneringssystem i gamle Forsatunnelen. Tunnelen er planlagt å ha minimum 3% tverrfall mot venstre sett fra sør, over hele planum for at vann i tunnelen skal kunne renne jevnt til den ene siden. Endringen i tverrfallet fra utsiden av tunnelen skal skje over en lengde på 10 meter.<sup>98</sup>

Det er prosjektert for lukkede rørgrøfter med drensledninger på begge sider gjennom hele tunnelen, men overvannsledninger skal kun legges 390 meter på venstre side sett fra sør, fra pelnummer 7280 og videre nordover. (se vedlegg 1-3) Grøften for overvann- og drensledning skal inneholde 5 stk overvannskummer/stakekum og 6 stk sandfangkummer, mens i resten av grøftene skal det plasseres 8 stk drenskummer/stakekum. Kummene skal legges med anbefalt maks avstand 80 meter.<sup>99</sup> Drensledningene skal kobles mellom stakekummene på høyre side og mellom sandfangkummene på venstre side. Overvannsledningene skal kun kobles mellom stakekummene på venstre side. (Se vedlegg nr. 5-6)

Det er prosjektert for bruk av fiberduk mellom grøftebunn, sider og gjenfyllingsmaterialer,<sup>100</sup> der gjenfyllingsmaterialet som benyttes i grøftene er av stedlige masser som blir knust før bruk.<sup>101</sup> Dette er for at de skal oppfylle prosjektert kornstørrelse på 8-16 mm, middels grov grus,<sup>102</sup> før det legges rundt drens- og overvannsrør. Over ledningssonen er det prosjektert for at gjenfyllingsmaterialet skal ha telefarlighetsklasse T2 eller bedre, fordi vann fra heng og vederlag skal kunne renne ned til drensledningene.<sup>103</sup> Mengden fiberduk brukt i tunnelen er minimal siden man ikke har særlige problemer med infiltrasjon av jord i tunnel da det kun er fjell rundt grøftene.<sup>104</sup>

#### 5.4.2 Utenfor tunnelen

Videre skal vannet dreneres ut av tunnelen på begge sider, hvor det på sørsiden vil bli ført ut til en sandfangkum før det slippes ut i terrenget tilpasset stedlige forhold. På nordsiden blir vannet først ført til en overvannskum, deretter videre ned til en oppsamlingsskum med minimum 5 m<sup>3</sup> slamvolum kapasitet.<sup>105</sup> Deretter videre ned og ut i terrenget. (Se vedlegg nr. 1 og 3).

#### 5.4.3 Oppsummering av dreneringsarbeidene

Til sammen skal det legges 1425 meter drensledninger, 460 meter overvannsledninger og 23 kummer.<sup>106</sup>

Vi har ingen bemerkninger på selve utførelsen av drenering, derimot lurer vi på hva slags driftsplaner som finnes for oppsamlingsskum på nordsiden. Driftsavdelingen skal ha sine egne vedlikeholdsrutiner for tømming av oppsamlingsskum.<sup>107</sup>

<sup>98</sup> SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF, s. 93

<sup>99</sup> Statens Vegvesen Håndbok N500 (elektronisk utgave). s. 51

<sup>100</sup> SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF, s. 68

<sup>101</sup> E-post fra kontaktperson i SVV, Kai Olav, 12/5-20, kl. 14:57

<sup>102</sup> Forelesningsnotat: ITE1854-1 18H Ingeniørgeologi og geoteknikk: 20180828 fraksjonsinndeling, frost og tele-1.pdf, s. 3

<sup>103</sup> SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF, s. 51

<sup>104</sup> Telefonintervju med kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen, 27/5-20, kl. 11:34

<sup>105</sup> SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF, s. 92

<sup>106</sup> SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF, s. 51

<sup>107</sup> E-post fra kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen 25/5-20, kl. 08:48

Ifølge håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger, skal det foreligge vurderinger for behov av tømning av kummer i forbindelse med helvask av tunnelen en gang i året.<sup>108</sup>

Ifølge renholdfrekvenstabellen i håndbok R610 står det at dersom ÅDT for tunnelen er mellom 301 – 4000 skal tunnelen helvaskes 1. gang i året. Det vil med andre ord si at kummene også skal tømmes 1. gang i året.<sup>109</sup>

På grunn av oppgavens omfang har vi ikke gått nærmere inn på dette.

Det vil ikke etableres oppsamlingskum på sørsiden ettersom høybrekket ligger så langt sør i tunnelen.<sup>110</sup> Sandfangkum skal etableres på sørsiden, som vil være tilstrekkelig ettersom tunnelen er forholdsvis kort.

### 5.5 Vegoverbygning, inkludert asfaltdekke.

Bruk av eksisterende masser fra strossingen for veibygging/overbygning ble sendt inn til lab for Micro-Deval test og test av LA-verdi. Den første testen som ble sendt inn var ikke godkjent. Den andre testen som ble sendt hadde bedre verdier enn den første, men den var heller ikke tilfredsstillende. Det er planlagt å bruke massene til gjenfylling av grøftene, mens til veioverbygningen er det planlagt å hente godkjente masser fra lokal leverandør.<sup>111</sup> Veien vil bli bygget etter gjeldende figur 19.



Figur 19, detalj overbygning tunnel

### 5.6 Elektrotekniske arbeider

Strømledninger vil bli lagt fra teknisk bygg på nordsiden i trekkerør bak føringskant i tunnelen. Disse skal forsyne lys og sikkerhetsutrustning i tunnelen samt utvendig belysning på begge sider av tunnelen.<sup>112</sup>

<sup>108</sup> Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger, kap. 2.8, s. 41

<sup>109</sup> Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger, kap. 4.22, s. 66

<sup>110</sup> E-post fra kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen 25/5-20, kl. 08:48

<sup>111</sup> E-post fra kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen, 12/5-20, kl. 14:57

<sup>112</sup> Telefonintervju med kontaktperson i SVV, Kai-Olav Simonsen, 26/5-20, kl. 12:27

## 5.7 Montering av tunnelbelysning

Det var tidligere montert 37 lysarmaturer med ex-kabler i tunnelen. Disse var i dårlig stand og det var fare for kortslutning i de gamle kablene. På grunn av tunnelens særtrekk, blant annet kjørebredde og høy tungbilandel er det nødvendig med god belysning, dermed skal alt gammelt byttes ut mot ny tunnelbelysning i henhold til gjeldene krav i håndbok N500, kap. 9.3.<sup>113</sup>

### 5.7.1 Ny belysning

Siden Forsåtunnelen er lengere en 100 meter er det i håndbok N500, krav til belysningens kvalitet, kjørebans luminans og blendingsbegrensning.<sup>114</sup> Det er ingen alternative ruter for gående og syklende, dermed må dimensjoneringen av nytt lysanlegg ta hensyn til det.<sup>115</sup> Vi vil ikke gå mer inn på dette, men merker oss at det er føringer for hvordan det skal utføres.

### 5.7.2 Sikkerhetsbelysning

Det skal etableres nødstrøm slik at det blir sikkerhetsbelysning med minimum 1 time driftstid i hver 4. lysarmatur samt skal det etableres ledelys hver 25. meter etter gjeldende krav i N500.<sup>116</sup>

## 5.8 Montering av ventilasjonsvifter

*«Ventilasjon skal installeres i tunneler med lengde over 1000 m når ÅDT er >1000».*<sup>117</sup>

Siden tunnelen kun er 685 meter lang er det derfor ikke krav til montering av ventilasjonsvifter, under befaringen fikk vi selv erfare at tunnelen hadde god gjennomtrekk og det var merkbart at den var godt ventilert.

## 5.9 Sikkerhetsutrustning

All sikkerhetsutrustning i Forsåtunnelen må byttes ut slik at det tilfredsstiller krav og tunnelen skal nødstrømforsynes i henhold til N500 Vegtunneler.<sup>118</sup>

Utstyr som i N500 er definert som nødstrømsutstyr og som skal kobles til tunnelens nødstrømsystem er følgende:<sup>119</sup>

- Styrings-, regulerings- og overvåkingssystemer som skal fungere i en nødsituasjon
- Rødt stoppblinksignal
- Fjernstyrte bomber for stengning
- Rømningslys
- Nødtelefon
- Serviceskilt
- Nødutgangskilt
- Radio- og kringkastingsanlegg

<sup>113</sup> SVV eRoom: E6 Forsåtunnelen\_revidert tiltaksplan\_rev01\_2019-09-17.DOCX, s. 4, pkt. 2.8.1

<sup>114</sup> Håndbok N500, kap. 9.3.2, s. 58

<sup>115</sup> SVV eRoom: E6 Forsåtunnelen\_revidert tiltaksplan\_rev01\_2019-09-17.DOCX, s. 7, andre tiltak.

<sup>116</sup> SVV eRoom: E6 Forsåtunnelen\_revidert tiltaksplan\_rev01\_2019-09-17.DOCX, s. 4, pkt. 2.8.2-3

<sup>117</sup> Håndbok N500 Vegtunneler, kap. 9.4.1, s. 59

<sup>118</sup> SVV eRoom: E6 Forsåtunnelen\_revidert tiltaksplan\_rev01\_2019-09-17.DOCX, s. 4, pkt. 2.10.2

<sup>119</sup> SVV eRoom: 5FRST-DB001\_v03.pdf, s. 15

Sikkerhetsbelysning skal også kobles til nødstrømsanlegget.

For tunnelklasse B, gitt i håndbok N500, skal følgende tiltak sikre akseptabelt sikkerhetsnivå:<sup>120</sup>

- Havarinisjer
- Snunisjer
- Nødstrømsystem
- Rømningslys
- Nødstasjon
- Slukkevann
- Fjernstyrt bom (skal vurderes)
- ITV-overvåkning (skal vurderes)
- Høyttalersystem (skal vurderes)
- Nødnett og radiokringkasting
- Høydehinder

Disse tiltakene vil bli utført etter kravene gitt håndbøkene til Statens Vegvesen og tunnelsikkerhetsforskriften.<sup>121</sup>

Vi vil ikke gå mer inn på utførelsene av de ulike tiltakene, men merker oss at utførelsene varierer avhengig av blant annet tunnellengde, antall kjørefelt, rehabilitering av eksisterende eller om det er en ny tunnel og geologiske utfordringer.<sup>122</sup>

#### 5.10 Skilting

Utførelsen av skilt og signaler i og utenfor tunnelen er gitt i håndbok N300 Trafikkskilt og håndbok N303 Trafikksignalanlegg.<sup>123</sup> Det er blitt etablert bommer utenfor tunnelen på begge sider, dette må tas hensyn til med plassering av skilter og diverse rød- og gulblink. Siden tunnelen er smal har det blitt søkt om fravik på skiltstørrelse til radioskilt og skilt for forbikjøringsforbud.<sup>124</sup>

Av gamle skilter i og utenfor tunnelen skal kanskje noen av skiltene på utsiden bli gjenbrukt, mens resten kastes.<sup>125</sup> Da tunnelen har fått bommer på utsiden av inngangene, blir det her nødvendig å flytte eksisterende skilt slik at de tilpasses ny situasjon. Det skal også settes opp nye kombinasjonsskilt «arbeidsvarsling og tunnel stengt» skilt og rødvekselblink ved disse bommene. Ved nye oppsatte nødstasjoner på begge sider av tunnelen skal det settes opp kombinasjon serviceskilt som skal være innvendig belyst.<sup>126</sup>

Resterende skilter utføres i henhold til håndbok N500.<sup>127</sup>

<sup>120</sup> Håndbok N500 Vegtunneler, kap. 4, tabell 4.1, s. 27

<sup>121</sup> SVV eRoom: 5FRST-DB001\_v03.pdf, s. 15

<sup>122</sup> Håndbok N500 Vegtunneler, kap. 4, s. 26-32

<sup>123</sup> Håndbok N500 Vegtunneler, kap. 5, s. 36

<sup>124</sup> SVV eRoom: 5FRST-DB001\_v03, kap. 36.51-52, s. 17

<sup>125</sup> Telefonintervju med kontaktperson i SVV, Kai Olav Simonsen, 27/5-20, kl. 11:34

<sup>126</sup> SVV eRoom: 5FRST-DB001\_v03, kap. 77.2, s. 25

<sup>127</sup> SVV eRoom: E6 Forsåttunnelen\_revidert tiltaksplan\_rev01\_2019-09-17.DOCX, pkt. 2.12, s. 5

## 6 Trafikkavvikling

Det finnes ingen omkjøringsmuligheter ved Forsatunnelen, den er må derfor holdes åpen for all trafikk som kommer langs E6.

Ettersom tunnelen skal holdes åpen for trafikk har vi valgt å ta med dette som et eget punkt fordi dette bidrar til fremdriftsmessige forsinkelser. Fordi hele prosjektet med rehabilitering og utvidelse i stor grad må tilpasses etter trafikkavviklingen. Grundig planlegging og fokus på sikkerhet ligger til grunn for at det skal være minst mulig belastende for både trafikanter og fremdriften for prosjektet.

Under pågående anleggsarbeid er det manuell trafikkdirigering med ledebil, mens når det ikke er anleggsarbeid i området dirigeres trafikken ved hjelp skilting og redusert fartsgrense.<sup>128</sup>

Trafikkavvikling med kolonnekjøring blir foretatt kontinuerlig på dagtid.

---

<sup>128</sup> SVV eRoom: 5FRST-DB001\_v03.pdf, s. 6

## 7 Konklusjon

Vi har ingenting å bemerke på selve utførelsen gjort av entreprenør og byggherre. På grunn av økonomiske besparelser vil man for gjeldende tunnel ikke prioritere å renovere områder som regnes som tilfredsstillende, selv om de er av eldre dato. Da tenker vi spesielt på at tunnelportalen ikke skal skiftes ut, men at det her er valgt en billigere løsning som tilfredsstillende dagens krav fra tunnelsikkerhetsforskriften og økonomiske rammer som er satt. Her kan også bedre siktelinje inn mot tunnelen nevnes og bruk av emulsjon med tankbil. Tunnelen vil derimot etter endt arbeid være kraftig opprustet og overgå dagens krav og forskrifter. I en ønskeverden ville budsjettet vært enda større, slik at man kunne tatt for seg også områder som ikke prioriteres.

Vi ser at økonomien ikke strekker til for å kunne rehabilitere alle tunneler til topp stand og støtter avgjørelsen om å renovere flest mulig tunneler til et tilfredsstillende nivå. Slik vil det helhetlige bildet på tunnelkvaliteten bli bedre, og likeså vil den gjennomgående trafikksikkerheten for tunneler i Norge øke. De områder som har vært fokusert på under renoveringen omfatter trafikksikkerheten og anses som forbedret. Herunder kan trafikkrom, vann og frostsikring, belysning, nødnett og siktelinje nevnes. Det betyr at formålet med renoveringen oppnås og Forsa-tunnelen vil være en velfungerende del av E6.

Gjennom arbeidet med oppgaven har vi lært mye og vil trekke frem noen av de særlig interessante områdene, herunder arbeidet med sprakfjell, utfordringer rundt det og bolting av disse områdene har vært særlig spennende å arbeide med og utforske. Dette fordi det krever god erfaring og kompetanse for å forstå og kunne ta gode avgjørelser i arbeid med vanskelige geologiske forhold. Her er det verdt å kommentere at vi har observert at sprengningsarbeid er mer omfattende enn først antatt og at sprengningsarbeidernes arbeid også er basert på deres brede erfaring for et godt og arbeidsmessig sikkert resultat.

Videre har det vært utfordrende å klare å avgrense oppgaven nok, uten at det skulle gå på bekostning av kvalitet. De ulike arbeidsområdene i tunnelen er alle tunge felt, som vi ikke har kunnet gå veldig grundig inn på med bakgrunn i oppgavens størrelse og omfang. Vi mener likevel å ha fokusert på å gå i dybden på enkelte områder, og vært nødt til å se overfladisk på andre. Gjennom arbeidet med de ulike feltene har man fått økt innsikt og forståelse for de ulike prosesser, og dermed også et ønske om å forske mer på disse. Her har vi som nevnt, vært nødt til å skjære ned på noe innhold for å holde oss til de krav som er satt til størrelse på oppgaven.

En annen utfordrende del av oppgaven har vært å gi et konkret svar på eksempelvis sikringsmengde, måten sprengstoffet blir benyttet og deretter vurdere dette. Det har vært utfordrende på grunn av vår mangel på erfaring på området, og at dette er noe som vurderes fortløpende etter de forhold som arbeidere opplever underveis i arbeidet. Det finnes ikke alltid en fasit på om måten sprengstoffet benyttes på er riktig, men det må avgjøres om det er riktig brukt i de eksisterende forhold. Med bakgrunn i dette har vi gjennom hele arbeidet erfart at sikkerheten kommer først og arbeidet og ferdsel i tunnelen skal være trygt for alle.

Arbeidsprosessen har vært svært lærerik og vi setter stor pris på den oppfølging og tilrettelegging som har blitt gjort av ulike parter. Det har vært avgjørende for oss at både Statens Vegvesen, Implenia og arbeidere innenfor de ulike feltene har vært tilgjengelig for spørsmål og veiledning gjennom hele prosessen.

## 8 Kildehenvisninger

### Figurliste

Figur 1 Glimmerskifer .....	11
Figur 2, Tunnelprofil .....	12
Figur 3 Boreriggen som ble benyttet, Sandvik DT912D.....	13
Figur 4, Bergsprenger lader salve nummer 175, 4/3-20, kl. 22:45.....	15
Figur 5, Ladet konturhull 5 m salve, illustrasjon.....	16
Figur 6, Salvenummer 110, utsnitt fra arbeidstegning. 5FRST-C762-102 vei gjennom tunnel – plan og lengdeprofil.25/9-19. ....	17
Figur 7 Exel LP (0-6000ms) tenner, ikke elektrisk med detonerende lunte.....	18
Figur 8 Gjenfylt dreneringsgrøft, bredde ca. 1 meter. ....	19
Figur 9, eksempel tennplan.....	21
Figur 10, Brakkerigg og skjæring øst for tunnelen.....	22
Figur 11, Eventuell utbedring av stoppsikt. 5FRST-C762-005, Forsa nord. 1/4-20. ....	23
Figur 12, Synlige borpiper kontur .....	23
Figur 13 Bergsikringsdiagrammet .....	25
Figur 14, Boring for sikringsbolter.....	26
Figur 15, Sikringsnett som midlertidig arbeidssikring .....	27
Figur 16, Gamle sikringsbolter, tydelig at opprinnelig entreprenør var usikker på fjellets kvalitet. ....	28
Figur 17, Tunnelportal nord.....	29
Figur 18 PE-skum, midlertidig vann og frostsikring under pågående arbeid.....	31
Figur 19, detalj overbygning tunnel .....	34

### Tabelliste

Tabell 1, Stikkprøver fra salverapporter, SVV e-Room.....	15
Tabell 2, sprengstofforbruk for salve nr. 110 .....	18
Tabell 3, Q-verdier for Forsatunnelen, med trendlinje.....	25
Tabell 4, Utrekninger for senkning av veg .....	30



## 9 Litteraturliste

Abrahamsen Vidar, 2020, «SVV ONE NOTE: Registreringsskjema fukt og drypp, Excel» hentet 25/5-20

Befaring, en rekke intervjuer og samtaler med mange på prosjektet. Hentet 4/3-20

Berg Knut, Beitnes Andreas, Hermann Steinar, Alten Torjus, 1988, «Fjellsprengningsteknikk, Bergmekanikk, Geoteknikk» s.59. Hentet 14/5-20 <http://nff.no/wp-content/uploads/2015/08/1998-d%C3%A5rlig-kvalitet.pdf>

Bergspregningskurs, Statens vegvesen 2011 s.5. Hentet 26/5-20  
[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/221685/binary/420824](https://www.vegvesen.no/_attachment/221685/binary/420824)

E6 Forsatunnelen gjøres tryggere. Hentet 27/5-20

<https://www.vegvesen.no/vegprosjekter/tunnelernord/nyhetsarkiv/e6-forsatunnelen-gjores-tryggere>

Forelesningsnotat: ITE1854-1 18H Ingeniørgeologi og geoteknikk: 20180828 fraksjonsinndeling, frost og tele-1.pdf s.3. Høgskolen i Narvik, Utgivelsesår ukjent. Hentet 25/5-20

Grønmo, Sigurd 2020 «Kvalitativ metode» hentet 27/5-20  
[https://snl.no/kvalitativ\\_metode](https://snl.no/kvalitativ_metode)

Håndbok N200 Vegbygging, juli 2018.vedlegg 1, s. 294. Hentet 25/5-20  
[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/2364236/binary/1269980?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/_attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+%2810+MB%29.pdf)

Håndbok N500 Vegtunneler, kap. 3.4 Tunnelprofiler, s.17, kap. 4 Sikkerhetstiltak, s.27 tabell 4.1, kap. 4.3.2.8 Høydehinder, s. 31, kap. 3.4.1 Generelle krav til tunnelprofiler, s. 17, kap.7 vann- og frostsikring i tunnel s.40, kap.8 Drenering, vegfundament og vegdekke, s.51, kap. 9.3.2 Belysninges kvalitet s.58, kap. 9.4 Ventilasjon, s.59, kap. 4.3 Sikkerhetstiltak og sikkerhetsutrustning- kap. 4.4.2 ss.26-33, kap. 5 Skilt og signaler s.36. Hentet 25/5-20

[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/61913](https://www.vegvesen.no/_attachment/61913)

Håndbok R610 Standard for drift og vedlikehold av riksveger, kap.2,8 s41, kap.4,22 s.66

[https://www.vegvesen.no/\\_attachment/61430/binary/964067](https://www.vegvesen.no/_attachment/61430/binary/964067)

ITE-1904-1 19H Tunneldriving, Forelesningsnotat, Repetisjon tunnelsprengning fra anleggsteknikk-4 pr.side. PDF. Tor Kildal, 24/9-2019. Hentet 25/5-20

ITE 1904-1 19H Tunneldriving, Forelesningsnotat Kontursprengning i tunnel - 6 ark.pdf. s. 2, Bergspregningskurs for geologer og kontrollingeniører, Terje Kirkeby, Vegdirektoratet. 2011. Hentet 25/5-20

ITE 1904-1 19H Tunneldriving Forelesningsnotat: Kontrollingeniør tunnel -SVV 2012 – 4 ark pr side, ark.6-s.22. Kontrollingeniør ved fjellanlegg, Statens Vegvesen. Hentet 25/5-20

ITE 1904-1 19H Tunneldriving, Forelesningsnotat: Q-systemet 6 pr ark.pdf, Ny håndbok i bruk av Q-systemet, Arnstein Aarset, Utgivelsesår ukjent. Hentet 25/5-20

ITE 1902-1 19H Vegplanlegging, Forelesningsnotat: Overvannhåndtering og drenering for veg og jernbane (NVE 28 – 2016).pdf s.15. Norges vassdrag og energidirektorat, (Harald Norem (SVV), Kristine Flesjø (SVV), Joakim Sellevold (SVV), Monika Rødin Lund (SVV) og Per Lars Erik Virèhn (JBV). Hentet 25/5-20

Kamstålbolt M20. Hentet 26/6-20

[https://galvanotia.no/ac/wwwgalvanotiano/fjellsikring/kamstaalbolter-m20-og-m24/kamstaalbolter-m20-og-m24?ac\\_parent=1](https://galvanotia.no/ac/wwwgalvanotiano/fjellsikring/kamstaalbolter-m20-og-m24/kamstaalbolter-m20-og-m24?ac_parent=1)

SVV eRoom: E6- 36 Forsåttunnelen ingeniørgeologisk notat geologi og bergsikring, Lill-Synnøve Larsen. 22/6-18. s.1. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: Arbeidsinstruks – Montering av PE-skum.pdf, Cecilie Hestås. 20/4-17. s. 3. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: E6 Forsåttunnelen\_revidert tiltaksplan\_rev01\_2019-09-17.DOCX, Kai-Olav Simonsen, s. 1, grunnlagsdata. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: Fremdriftsplan Forså rev. 28.pdf. Frode Larsen, 7/5-20 kl. 14:10, s. 4. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: E6-36 Forså\_inkl\_vedlegg – Hovedettersyn tunneler berg og bergsikring 2014 Sverre Hagen, Multiconsult AS. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: Referat, prosjekteringsmøte 13, Rune Øie, 22/5-19. ss. 2, 3. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: Salverapporter – tunnel av Thomas Ivarjord. 15/10-19. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: Salverapporter dagsone av Thomas Ivarjord. 8/10-20. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: Salverapporter – grøft av Thomas Ivarjord. 27/1-20. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: Salverapport – grøft – salve 135.pdf av Thomas Ivarjord 3/2-20, kl. 12:47. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: Salverapport – grøft – salve 141.pdf av Thomas Ivarjord 4/2-20, kl. 15:10. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: Salverapport – Strossing – Salve 110.pdf av Thomas Ivarjord 14/1-20. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: Hovedsprengningsplan Tunnel MBP 100919.pdf, Øyvind Rem s. 5. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: 2020-01-23 5FRST Beskrivelse\_v08\_hele beskrivelsen.PDF. Versjonsansvarlig Per F. Sande. ss. 26, 50, 51, 57, 58, 59, 68, 92, 93. Hentet 25/5-20

SVV eROOM: 5FRST-DB001\_v03.pdf, Rune Øie, 23/7-18 ss. 6, 9, 15, 17, 25. Hentet 25/5-20

SVV eRoom: E6 Forsåtunnelen\_revidert tiltaksplan\_rev01\_2019-09-17.DOCX, ss.1, 4, pkt. 2.8.1, s. 4, pkt. 2.8.2-3, s. 7, andre tiltak, s. 5, pkt. 2.12. Hentet 25/5-20

SVV ONE NOTE: Kartlegging, Q-beregning 2019. Hentet 26/5-20

Tunnelsikkerhetsdirektivet. 2004. Hentet 25/5-20 kl. 12:33

<https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2008/okt/tunnelsikkerhetsdirektivet/id2431251/>

## 10 Vedlegg

Vedlegg 1: Drenering og overvann – Plan og profil 1

Vedlegg 2: Drenering og overvann – Plan og profil 2

Vedlegg 3: Drenering og overvann – Plan og profil 3

Vedlegg 4: Tunnel – Normalprofil med overbygning

Vedlegg 5: Drenering og overvann – Grøftesnitt, ledninger og kummer 1

Vedlegg 6: Drenering og overvann – Grøftesnitt, ledninger og kummer 2

Vedlegg 7: Portal – Sør – Tverrsnitt eksisterende portal pr. 6985

Vedlegg 8: Portal – Sør – Tverrsnitt eksisterende portal pr. 6990

Vedlegg 9: Portal – Sør – Tverrsnitt eksisterende portal pr. 6995

Vedlegg 10: Portal – Sør – Tverrsnitt eksisterende portal pr. 7000

Vedlegg 11: Portal – Sør – Tverrsnitt eksisterende portal pr. 7005

Vedlegg 12: Portal – Nord – Tverrsnitt eksisterende portal pr. 7660

Vedlegg 13: Veg gjennom tunnel – Plan og lengdeprofil 1

Vedlegg 14: Veg gjennom tunnel – Plan og lengdeprofil 2







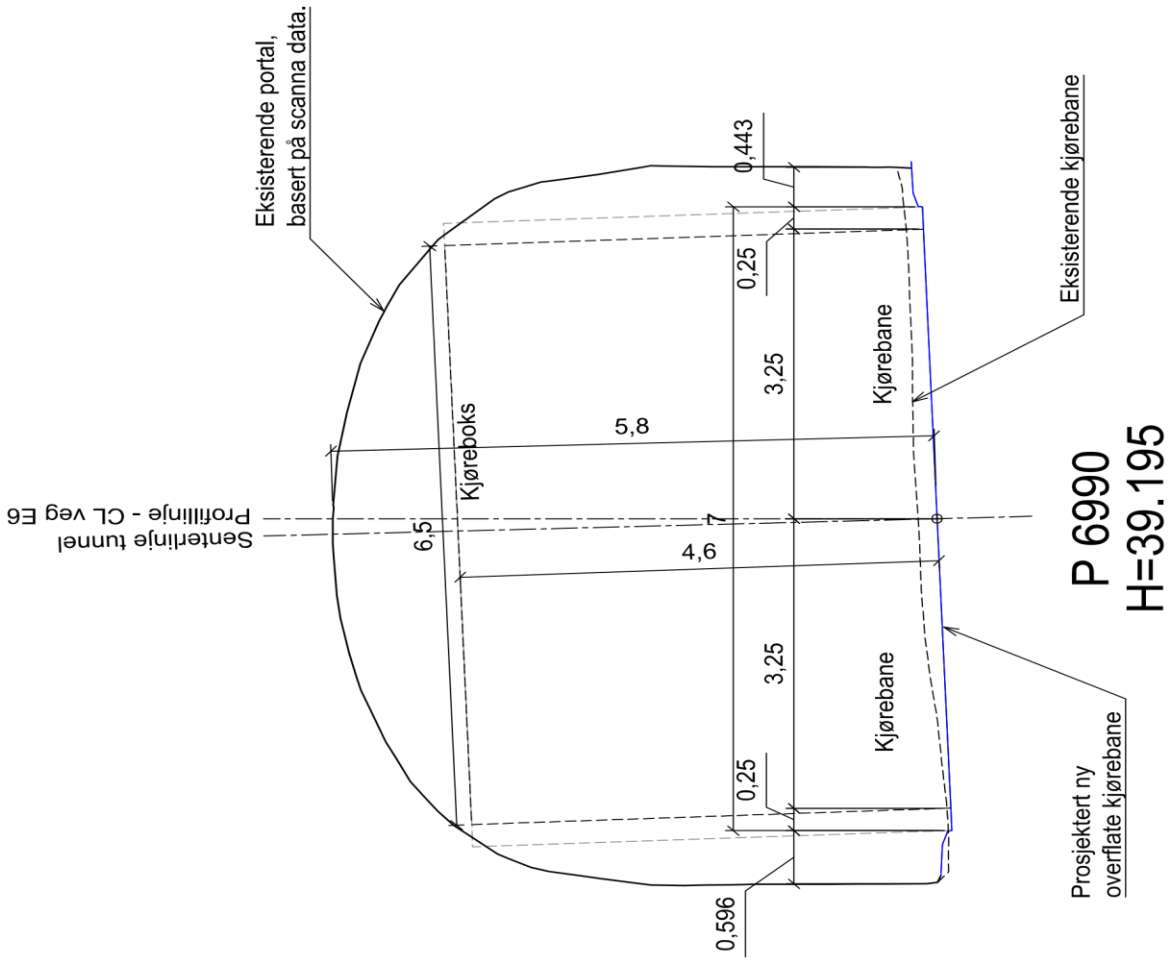












Arbeidstegning 04.11.2019

A		FFS	IS	FFS	AL 11202
Arbeidstegning	Byggetype	Navn	Skisse	Skrevet	Rev. dato
<b>Prosjektinformasjon</b> Prosjekt: E6 veg E6 Prosjekt nr.: 55319 Prosjekt fase: 1 Prosjekt start: 01/11/2019 Prosjekt slutt: 31/12/2020 Prosjekt ansvar: S Prosjekt leder: S Prosjekt assistent: S Prosjekt koordinatør: S Prosjekt revisor: S Prosjekt revisor 2: S Prosjekt revisor 3: S Prosjekt revisor 4: S Prosjekt revisor 5: S Prosjekt revisor 6: S Prosjekt revisor 7: S Prosjekt revisor 8: S Prosjekt revisor 9: S Prosjekt revisor 10: S Prosjekt revisor 11: S Prosjekt revisor 12: S Prosjekt revisor 13: S Prosjekt revisor 14: S Prosjekt revisor 15: S Prosjekt revisor 16: S Prosjekt revisor 17: S Prosjekt revisor 18: S Prosjekt revisor 19: S Prosjekt revisor 20: S Prosjekt revisor 21: S Prosjekt revisor 22: S Prosjekt revisor 23: S Prosjekt revisor 24: S Prosjekt revisor 25: S Prosjekt revisor 26: S Prosjekt revisor 27: S Prosjekt revisor 28: S Prosjekt revisor 29: S Prosjekt revisor 30: S Prosjekt revisor 31: S Prosjekt revisor 32: S Prosjekt revisor 33: S Prosjekt revisor 34: S Prosjekt revisor 35: S Prosjekt revisor 36: S Prosjekt revisor 37: S Prosjekt revisor 38: S Prosjekt revisor 39: S Prosjekt revisor 40: S Prosjekt revisor 41: S Prosjekt revisor 42: S Prosjekt revisor 43: S Prosjekt revisor 44: S Prosjekt revisor 45: S Prosjekt revisor 46: S Prosjekt revisor 47: S Prosjekt revisor 48: S Prosjekt revisor 49: S Prosjekt revisor 50: S Prosjekt revisor 51: S Prosjekt revisor 52: S Prosjekt revisor 53: S Prosjekt revisor 54: S Prosjekt revisor 55: S Prosjekt revisor 56: S Prosjekt revisor 57: S Prosjekt revisor 58: S Prosjekt revisor 59: S Prosjekt revisor 60: S Prosjekt revisor 61: S Prosjekt revisor 62: S Prosjekt revisor 63: S Prosjekt revisor 64: S Prosjekt revisor 65: S Prosjekt revisor 66: S Prosjekt revisor 67: S Prosjekt revisor 68: S Prosjekt revisor 69: S Prosjekt revisor 70: S Prosjekt revisor 71: S Prosjekt revisor 72: S Prosjekt revisor 73: S Prosjekt revisor 74: S Prosjekt revisor 75: S Prosjekt revisor 76: S Prosjekt revisor 77: S Prosjekt revisor 78: S Prosjekt revisor 79: S Prosjekt revisor 80: S Prosjekt revisor 81: S Prosjekt revisor 82: S Prosjekt revisor 83: S Prosjekt revisor 84: S Prosjekt revisor 85: S Prosjekt revisor 86: S Prosjekt revisor 87: S Prosjekt revisor 88: S Prosjekt revisor 89: S Prosjekt revisor 90: S Prosjekt revisor 91: S Prosjekt revisor 92: S Prosjekt revisor 93: S Prosjekt revisor 94: S Prosjekt revisor 95: S Prosjekt revisor 96: S Prosjekt revisor 97: S Prosjekt revisor 98: S Prosjekt revisor 99: S Prosjekt revisor 100: S					
<b>Arbeidstegning</b> Tegning nr.: 55319 Tegningstype: 1 Tegningstittel: E6 veg E6 Tegningens innhold: E6 veg E6 Tegningens status: 1 Tegningens versjon: 1 Tegningens dato: 04.11.2019 Tegningens forfatter: S Tegningens godkjenner: S Tegningens revisor: S Tegningens revisor 2: S Tegningens revisor 3: S Tegningens revisor 4: S Tegningens revisor 5: S Tegningens revisor 6: S Tegningens revisor 7: S Tegningens revisor 8: S Tegningens revisor 9: S Tegningens revisor 10: S Tegningens revisor 11: S Tegningens revisor 12: S Tegningens revisor 13: S Tegningens revisor 14: S Tegningens revisor 15: S Tegningens revisor 16: S Tegningens revisor 17: S Tegningens revisor 18: S Tegningens revisor 19: S Tegningens revisor 20: S Tegningens revisor 21: S Tegningens revisor 22: S Tegningens revisor 23: S Tegningens revisor 24: S Tegningens revisor 25: S Tegningens revisor 26: S Tegningens revisor 27: S Tegningens revisor 28: S Tegningens revisor 29: S Tegningens revisor 30: S Tegningens revisor 31: S Tegningens revisor 32: S Tegningens revisor 33: S Tegningens revisor 34: S Tegningens revisor 35: S Tegningens revisor 36: S Tegningens revisor 37: S Tegningens revisor 38: S Tegningens revisor 39: S Tegningens revisor 40: S Tegningens revisor 41: S Tegningens revisor 42: S Tegningens revisor 43: S Tegningens revisor 44: S Tegningens revisor 45: S Tegningens revisor 46: S Tegningens revisor 47: S Tegningens revisor 48: S Tegningens revisor 49: S Tegningens revisor 50: S Tegningens revisor 51: S Tegningens revisor 52: S Tegningens revisor 53: S Tegningens revisor 54: S Tegningens revisor 55: S Tegningens revisor 56: S Tegningens revisor 57: S Tegningens revisor 58: S Tegningens revisor 59: S Tegningens revisor 60: S Tegningens revisor 61: S Tegningens revisor 62: S Tegningens revisor 63: S Tegningens revisor 64: S Tegningens revisor 65: S Tegningens revisor 66: S Tegningens revisor 67: S Tegningens revisor 68: S Tegningens revisor 69: S Tegningens revisor 70: S Tegningens revisor 71: S Tegningens revisor 72: S Tegningens revisor 73: S Tegningens revisor 74: S Tegningens revisor 75: S Tegningens revisor 76: S Tegningens revisor 77: S Tegningens revisor 78: S Tegningens revisor 79: S Tegningens revisor 80: S Tegningens revisor 81: S Tegningens revisor 82: S Tegningens revisor 83: S Tegningens revisor 84: S Tegningens revisor 85: S Tegningens revisor 86: S Tegningens revisor 87: S Tegningens revisor 88: S Tegningens revisor 89: S Tegningens revisor 90: S Tegningens revisor 91: S Tegningens revisor 92: S Tegningens revisor 93: S Tegningens revisor 94: S Tegningens revisor 95: S Tegningens revisor 96: S Tegningens revisor 97: S Tegningens revisor 98: S Tegningens revisor 99: S Tegningens revisor 100: S					
<b>Utgitt</b> Utgitt nr.: 55319 Utgitt dato: 04.11.2019 Utgitt av: S Utgitt til: S Utgitt til dato: 04.11.2019 Utgitt til sted: S Utgitt til adresse: S Utgitt til postnr: S Utgitt til land: S Utgitt til e-post: S Utgitt til telefon: S Utgitt til faks: S Utgitt til mobil: S Utgitt til nettside: S Utgitt til nettside 2: S Utgitt til nettside 3: S Utgitt til nettside 4: S Utgitt til nettside 5: S Utgitt til nettside 6: S Utgitt til nettside 7: S Utgitt til nettside 8: S Utgitt til nettside 9: S Utgitt til nettside 10: S Utgitt til nettside 11: S Utgitt til nettside 12: S Utgitt til nettside 13: S Utgitt til nettside 14: S Utgitt til nettside 15: S Utgitt til nettside 16: S Utgitt til nettside 17: S Utgitt til nettside 18: S Utgitt til nettside 19: S Utgitt til nettside 20: S Utgitt til nettside 21: S Utgitt til nettside 22: S Utgitt til nettside 23: S Utgitt til nettside 24: S Utgitt til nettside 25: S Utgitt til nettside 26: S Utgitt til nettside 27: S Utgitt til nettside 28: S Utgitt til nettside 29: S Utgitt til nettside 30: S Utgitt til nettside 31: S Utgitt til nettside 32: S Utgitt til nettside 33: S Utgitt til nettside 34: S Utgitt til nettside 35: S Utgitt til nettside 36: S Utgitt til nettside 37: S Utgitt til nettside 38: S Utgitt til nettside 39: S Utgitt til nettside 40: S Utgitt til nettside 41: S Utgitt til nettside 42: S Utgitt til nettside 43: S Utgitt til nettside 44: S Utgitt til nettside 45: S Utgitt til nettside 46: S Utgitt til nettside 47: S Utgitt til nettside 48: S Utgitt til nettside 49: S Utgitt til nettside 50: S Utgitt til nettside 51: S Utgitt til nettside 52: S Utgitt til nettside 53: S Utgitt til nettside 54: S Utgitt til nettside 55: S Utgitt til nettside 56: S Utgitt til nettside 57: S Utgitt til nettside 58: S Utgitt til nettside 59: S Utgitt til nettside 60: S Utgitt til nettside 61: S Utgitt til nettside 62: S Utgitt til nettside 63: S Utgitt til nettside 64: S Utgitt til nettside 65: S Utgitt til nettside 66: S Utgitt til nettside 67: S Utgitt til nettside 68: S Utgitt til nettside 69: S Utgitt til nettside 70: S Utgitt til nettside 71: S Utgitt til nettside 72: S Utgitt til nettside 73: S Utgitt til nettside 74: S Utgitt til nettside 75: S Utgitt til nettside 76: S Utgitt til nettside 77: S Utgitt til nettside 78: S Utgitt til nettside 79: S Utgitt til nettside 80: S Utgitt til nettside 81: S Utgitt til nettside 82: S Utgitt til nettside 83: S Utgitt til nettside 84: S Utgitt til nettside 85: S Utgitt til nettside 86: S Utgitt til nettside 87: S Utgitt til nettside 88: S Utgitt til nettside 89: S Utgitt til nettside 90: S Utgitt til nettside 91: S Utgitt til nettside 92: S Utgitt til nettside 93: S Utgitt til nettside 94: S Utgitt til nettside 95: S Utgitt til nettside 96: S Utgitt til nettside 97: S Utgitt til nettside 98: S Utgitt til nettside 99: S Utgitt til nettside 100: S					















