



Fellesprosjektet E6-DOVREBANEN Eidsvoll - Stange

Fellesprosjektet E6-Dovrebanen Erfaringer med helstøpt tunnelhvelv som vann- og frostsikring i jernbanetunnelene

Elin Hermanstad Havik, byggeleder
Statens vegvesen Region Øst

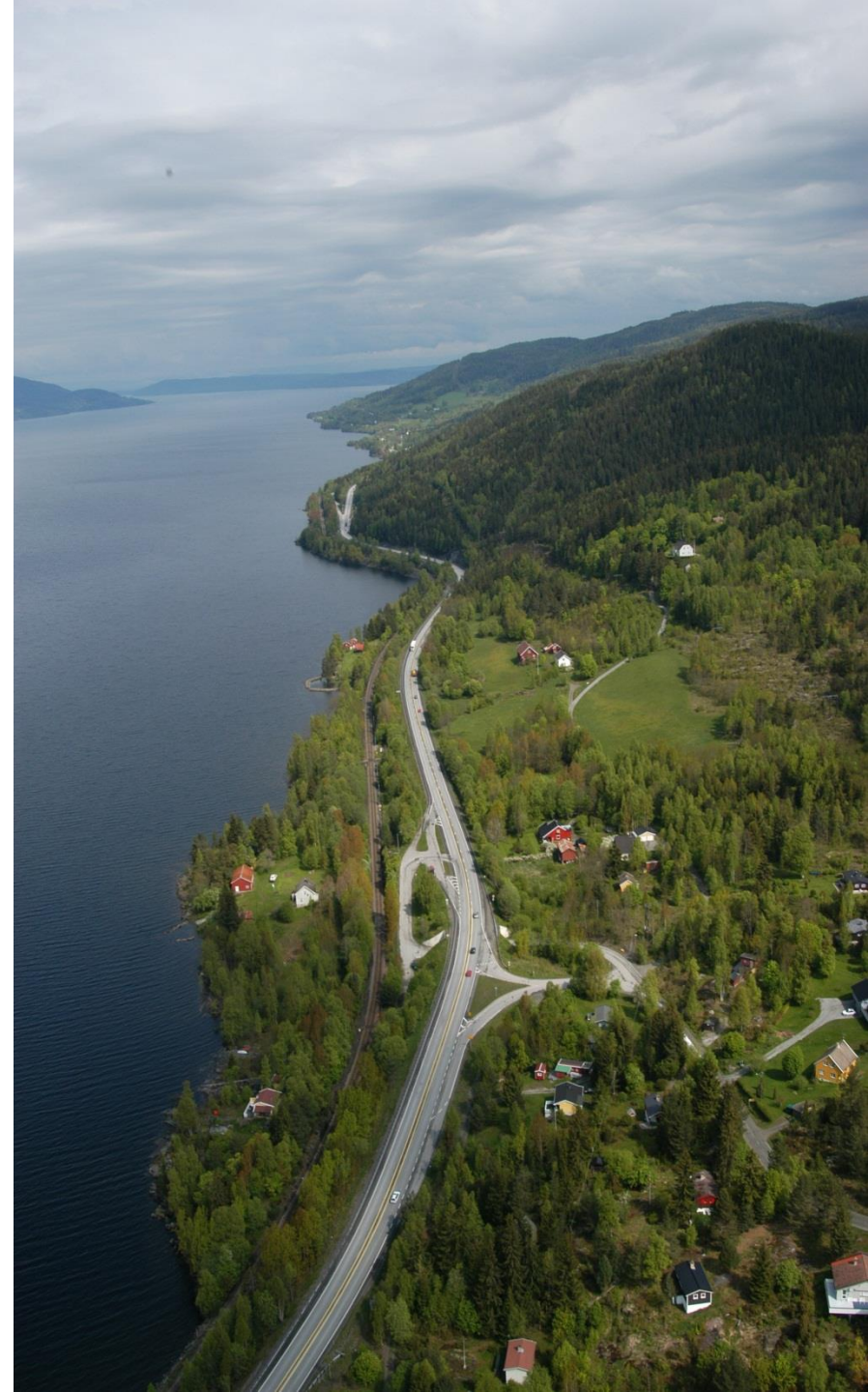
Tunneldagene 2015
16. April 2015



Statens vegvesen



Jernbaneverket





Fellesprosjektet E6-DOVREBANEN Eidsvoll - Stange

Agenda

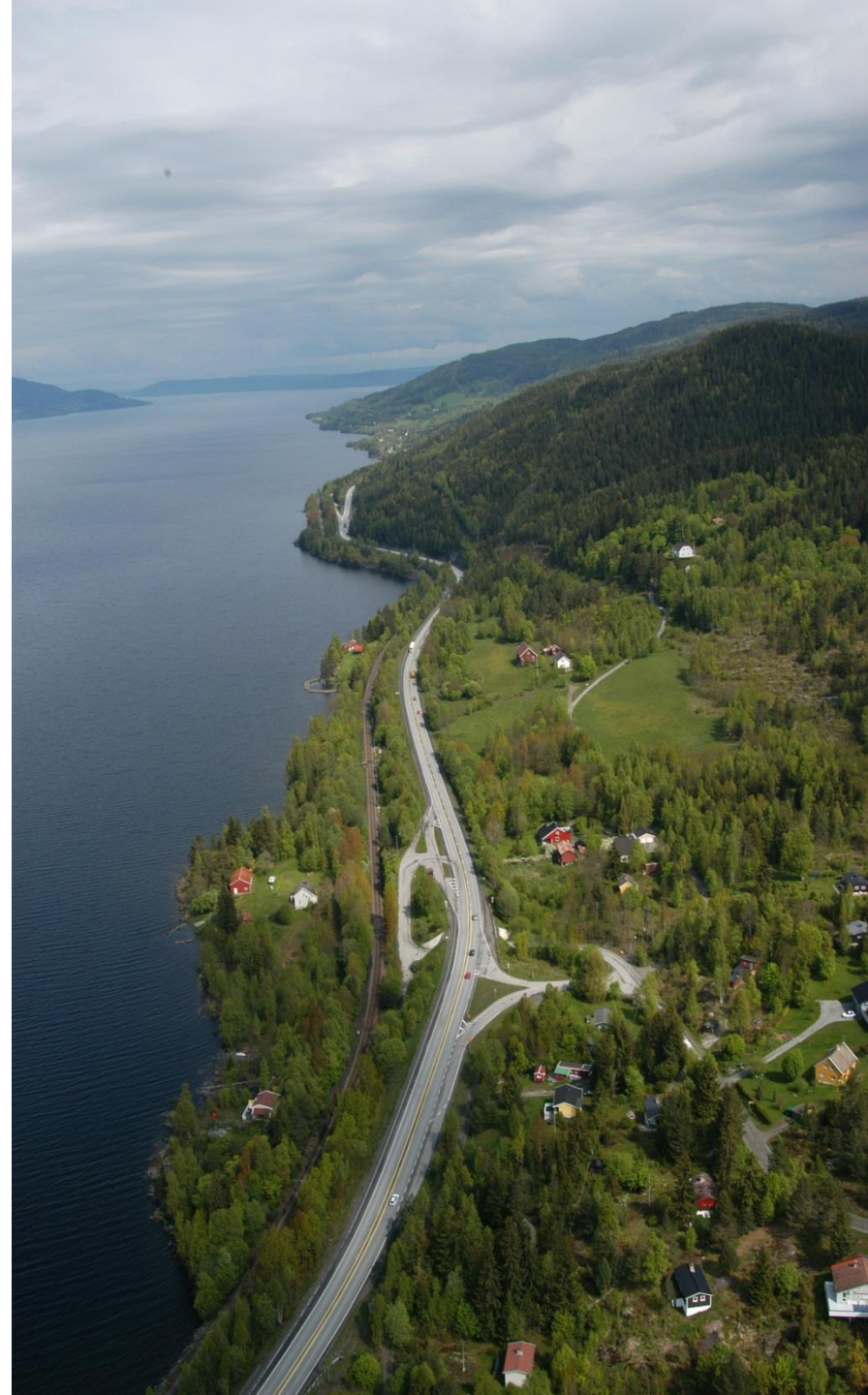
- Kort om Fellesprosjektet
- Valg av løsning for vann- og frostsikring
- Helstøpt tunnelhvelv – løsning
- Erfaringer



Statens vegvesen



Jernbaneverket

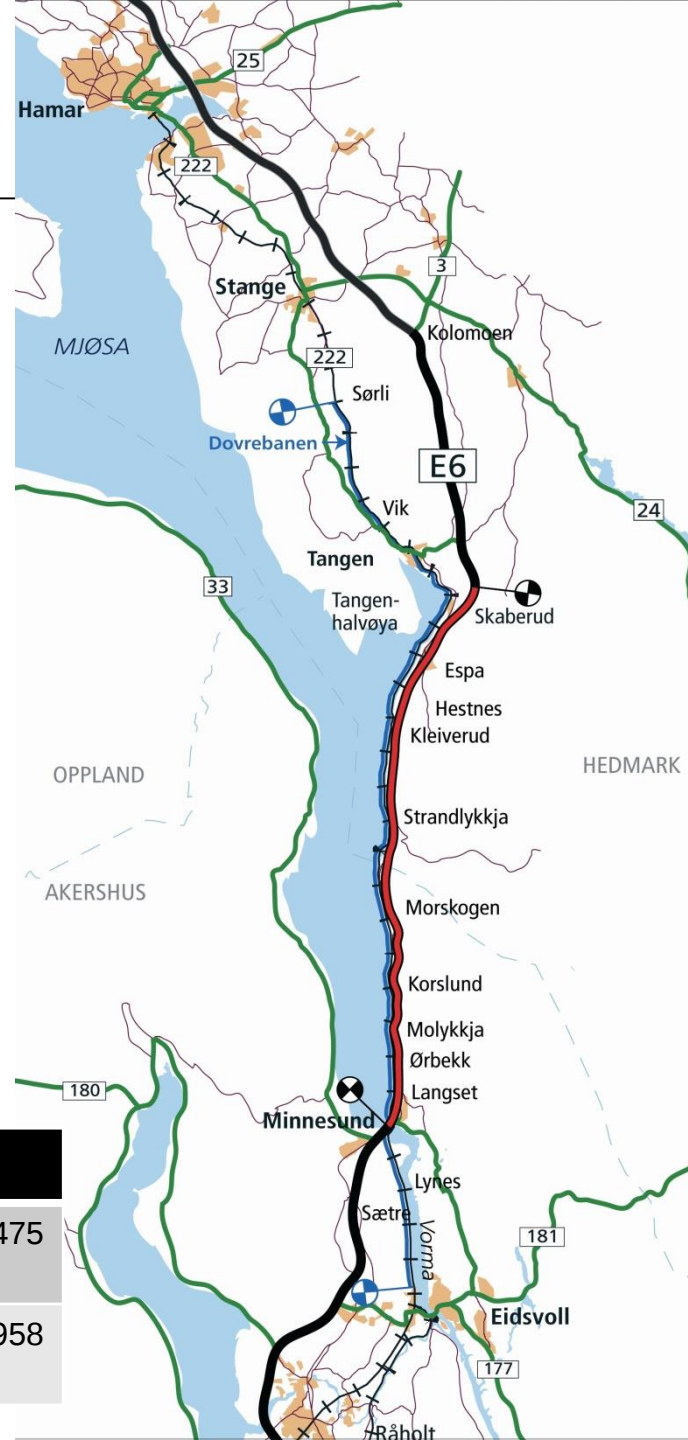


Fellesprosjektet E6 – Dovrebanen

- Langs søndre del av Mjøsa i Eidsvoll og Stange kommuner.
- 4 felts E6, 100 km/t, 21,6 km, 19 km åpnet 13 desember 2014, resten åpnes 26 juni 2015.
- Dobbeltspor på Dovrebanen, 200 km/t, 17 km, åpnes 19 oktober 2015.
- Felles kommunedelplan og reguleringsplaner 2005-2010.
- Felles utbygging av veg og jernbane i ett prosjekt, kostnadsramme 11,5 mrd.kr (2014):

Status:

	E6	Dovrebanen	Sum
Kostnadsramme	6168	5308	11475
Sluttprognose	6118	3841	9958



Kontraktsinndeling

Fag	FP1	FP2	FP3
Grunnarbeid veg/bane	Vianova Plan og Trafikk Hæhre Entreprenør	Norconsult Veidekke Hochtief	Cowi Hæhre Entreprenør
SRO veg	Vianova/Norconsult/Cowi Aventi Technology		
Elektro veg	Vianova/Norconsult/Cowi Oneco Samferdsel		
Spor/KL bane	JBV egenregi Infranord Norge		
Elkraft/tele bane	JBV egenregi Eltel Networks		
Eks.signal bane	JBV egenregi Veidekke Bane		
Signal bane	Totalentreprise Thales		
Byggherre-leveranser	Veg (for å få samme type på hele prosjektet): rekkverk, lys, vifter Bane (rammeavtaler): signal, spor, kontaktledning		



Valg av løsning

Bakgrunn/behov for å vurdere ny løsning i Norge:

- En del uheldige erfaringer med utførte V/F-løsninger
- Behov for å renovere tunneler etter kun få tiår
- Økende fokus på tverrfaglig helhetstenkning
- Moderne vegtunneler, FOU-prosjekt i regi av SVV
- Ønske om økt kvalitet
- Ønske om økt levetid
- Levetidskostnader
- Krav om økt oppetid
- SHA-aspekter
- Ønske om å unngå inspeksjon bak V/F-hvelv
- Nytenkning hos JBV

Valg av løsning

Godkjente metoder i dag (Norge)

Jernbaneverket:

Konstruksjonstype	Vannsikring	Frostsikring
Betongsegmenter for TBM	Ja	Ja ¹
Hvelv av betongelementer	Ja	Ja ¹
Hvelv av PE-skum brannbeskyttet med armert sprøytebetong	Ja	Ja
Kontaktstøp med drenslag og membran	Ja	Ja ¹
Sprøytbar vanntettingsmembran	Ja	Nei

¹ Finnes både som isolerte og uisolerte konstruksjoner.

Ref.: Jernbaneverkets tekniske regelverk, JD521 Tunneler, 24.01.2014

Valg av løsning

Alternativ	Overall score
Alternativ 4 Helstøpt tunnelhvelv, vanntett membran	311
Alternativ 2 Hvelv av betongelementer	272
Alternativ 1 Hvelv av PE-skum brannbeskyttet med armert sprøytebetong	211
Alternativ 3 Hvelv av sprøytemembran dekket med sprøytebetong	175

Vekting	Kriterium
6	Kvalitet
6	Vedlikehold
6	Oppetid
6	Vanntetthet
6	Levetid
6	Brann
6	SHA/YM
4	Byggekostnad
5	Driftskostnader
3	Byggetid
6	Drenerende egenskaper

Begrunnelse for valg av kontaktstøp

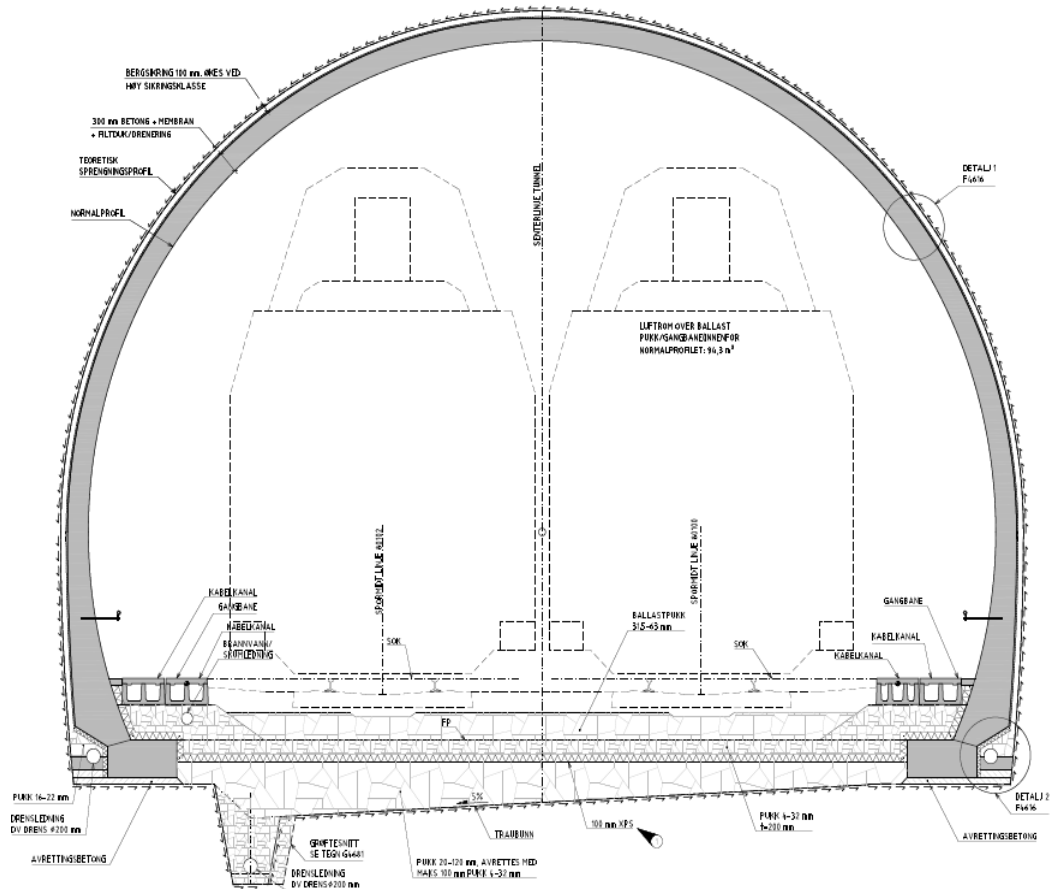


- Konstruksjonen er fortsatt berg – samme krav til sikring som for tradisjonell løsning med elementer.
- Kontaktstøpen er egentlig bare beskyttelse av membran.
- For jernbanedrift er lang levetid og lite vedlikehold av konstruksjonen viktig.
- Konstruksjonen er 10-15% dyrere, men har dobbelt så lang levetid.

Kontaktstøp med membran

Ny løsning for vann- og frostsikring etter europeisk modell – helstøpt betonghvelv.

- Avretting med sprøytebetong
- Fiberduk og fleksibel plast-membran
- 30 cm betongutstøping mot membran



- | Berg-masse klasse | Beskrivelse av bergmassen | Sikringsklasse
Permanent sikring |
|-------------------|---|---|
| A/B | <p>Lite oppsprukket bergmasse.
 $RQD = 75-100 / J_v = 1-3$ sprekker/m³.
 For det meste kun sprekker langs foliasjonen.

 $(Q = 10 - 100)$</p> | <p>Sikringsklasse I</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spredt bolting. - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm, ned til 2 m over såle. |
| C | <p>Moderat oppsprukket bergmasse.
 $RQD = 50-75 / J_v = 3-10$ sprekker/m³.
 Flere sprekker krysser foliasjonssprekkene.

 $(Q = 4 - 10)$</p> | <p>Sikringsklasse II</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 80 mm, sprøytes ned til såle. - Systematisk bolting (c/c 2 m), fullt innstøpte. |
| D | <p>Tett oppsprukket bergmasse eller lagdelt/skifrig bergmasse.
 $RQD = 25-50 / J_v > 10$ sprekker/m³, blokkstørrelse < 30 dm³.
 Sprekker med og uten leirbelegg (ikke svelleleire).

 $(Q = 1 - 4)$</p> | <p>Sikringsklasse III</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sprøytebetong B35 E700, tykkelse 100 mm eller mer. - Systematisk bolting (c/c 1,5 m), fullt innstøpte. |
| E | <p>Svært dårlig bergmasse / liten til moderat svakhetsone.
 $RQD = 10-25$.
 Grovfragmentert knusningssone, sprekker med og uten leirbelegg.

 $(Q = 0,1 - 1)$</p> | <p>Sikringsklasse IV</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 mm. - Systematisk bolting, c/c 1,5 m, fullt innstøpte. - Armerte sprøytebetongbuer ved $Q < 0,2$ samt vurderes ved opptreden av svelleleire, buedimensjon E30/6 ø20 mm, c/c 2-3 m, buene boltes systematisk, c. 1,5 m, boltelengde 3-4 m. - Sålestøp vurderes. |
| F | <p>Ekstremt dårlig bergmasse / moderat til stor svakhetsone.
 $RQD \leq 10$.
 Finfragmentert knusningssone, tett oppsprukket berg, evt. med tynne leirslepper.

 $(Q = 0,01 - 0,1)$</p> | <p>Sikringsklasse V</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sprøytebetong B35 E1000, tykkelse 150 - 250 mm. - Systematisk bolting, c/c 1,0 - 1,5 m, fullt innstøpte. - Armerte sprøytebetongbuer, buedimensjon D60/6+4, ø20 mm, c/c 1,5 - 2 m, buene boltes systematisk c. 1,0 m, boltelengde 3-6 m. Alternativt gitterbuer. - Armert sålestøp, pilhøyde min. 10 % av tunnelbredden. - Ved opptreden av svelleleire vurderes sikringen spesielt. |
| G | <p>Eksepsjonelt dårlig bergmasse / stor svakhetsone.
 $RQD \leq 10$.
 Leirinfisert knusningssone – oppknust berg med flere markerte leirslepper.
 Evt. leirsone. Stort sett løsmasse.

 $(Q < 0,01)$</p> | <p>Sikringsklasse VI</p> <ul style="list-style-type: none"> - Driving og permanent sikring dimensjoneres spesielt. |



SDG 5: Gender equality, leaving no one behind

FP: Farnes Josephine = høyde i VPS-prosjekt
 n = Eksperimentelt glassrør med overhøyde $h = 60$ mm

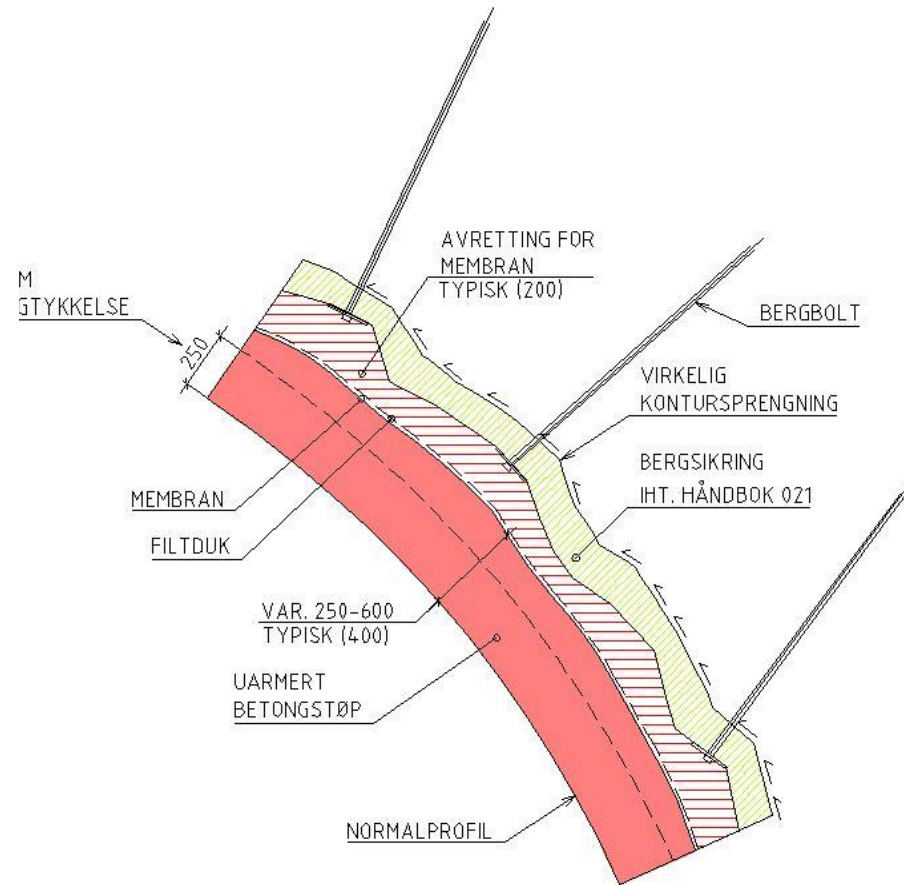
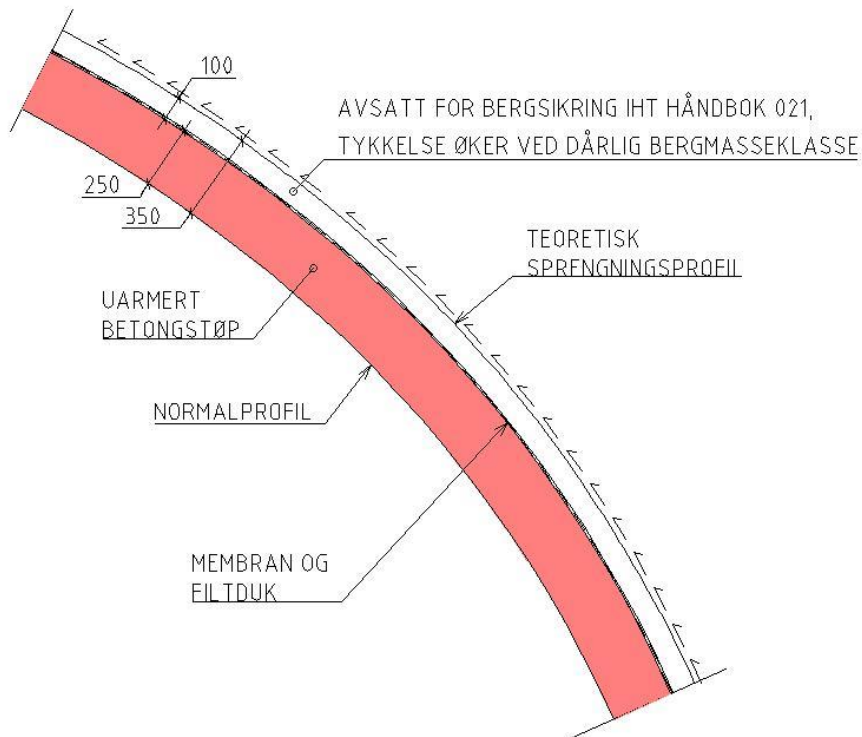
Personprofilen er præfekt som ingen af de andre al. I brevene kan man se, at

Uit een voorafgaand artikel kan dat versie wijzer alar worden afgeleid.

HENVISNINGER

[illegible]

Prinsipp for helstøpt tunnelhvelv



TEORETISK SNITT, UTSTØPING

TYPISK SNITT

Prinsipp for helstøpt tunnelhvelv

Fokus på konturkvalitet på grunn av kontaktstøpt betonghvelv:

- Krav til nøyaktig og tettere boring i kontur og innerkontur.
0,5m/0,6m
- Redusert ladning i kontur, utføres med strengladning
- Skanning med høy tetthet etter hver salve for dokumentasjon



Teknisk spesifikasjon for betong

Tverrsnitt.

- Teoretisk sprengningsprofil er 125,1 m².

Bergavretting med sprøytebetong.

- Betongkvalitet ihht prosesskoden B35 M45.
- Avrettingen skal tilfredsstille krav ihht membranleverandørens anvisning og krav. Det må påregnes at krumningsradien for svanker eller høyder i avrettet overflate ikke skal være mindre enn 200mm, og at avstanden mellom høy- og lavpunkter minst må være 5:1.
- Bolteender og annet stål skal, i forbindelse med montering av membran, være dekket av min 50mm sprøytebetong.
- Ferdig avrettet flate skal ligge utenfor det volum som dekkes av kontaktstøpen (min teoretisk tykkelse 300mm).

Teknisk spesifikasjon for betong

Kontaktstøp.

Betong:

Betongsammensetning skal være ihht prosess 84.4, og tilfredsstillende kravene til B35 MF 40.

Betongen skal tilsettes min 2kg/m³ pp-fiber. Arbeidene utføres ihht utførelsesklasse 3 (utvidet kontroll). Tykkelse kontaktstøp min 300mm.

Armering:

Kontaktstøpen er uarmert med unntak av nisjer og andre tverrsnittsendringer. Armering benyttes også avhengig av fjellkvalitet.

Etterinjeksjon:

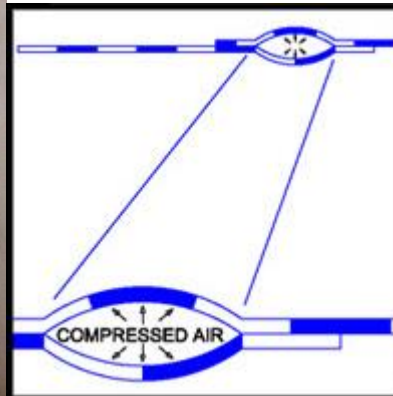
Det er beskrevet injeksjon i slanger etter 28 døgn. Dette for å fylle hulrom etter setninger under støp samt svinn.

Montering av membran

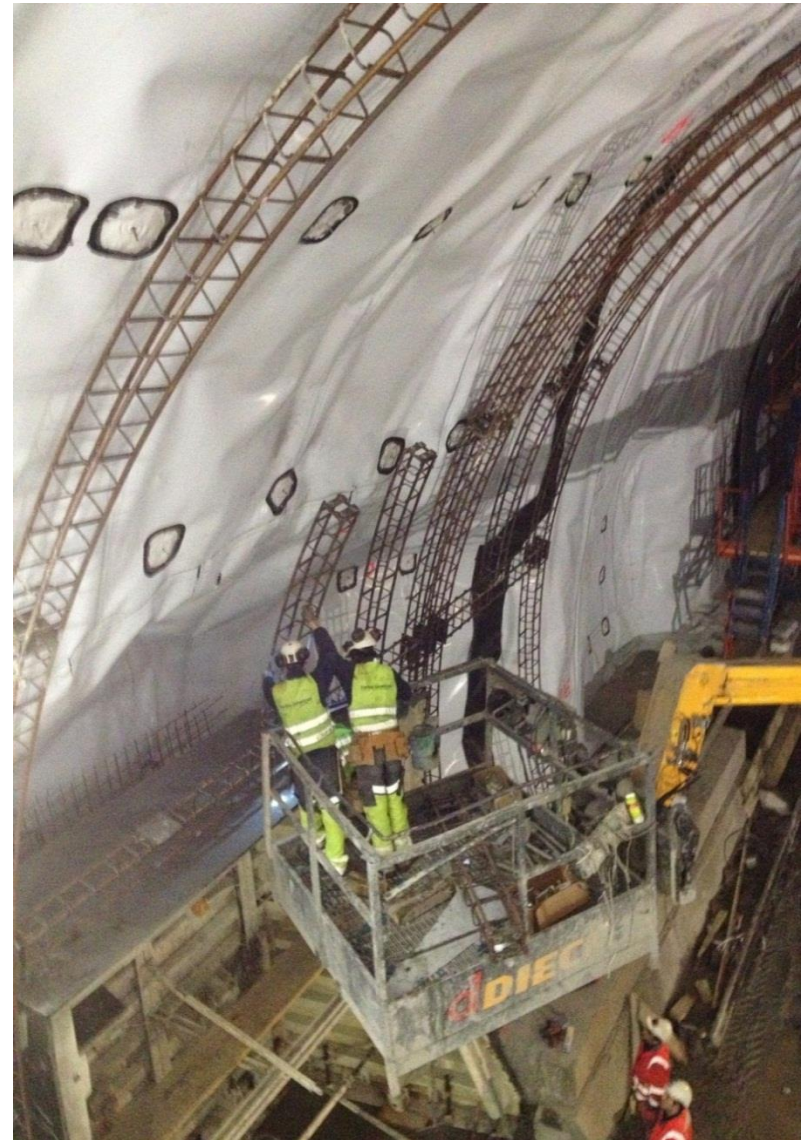
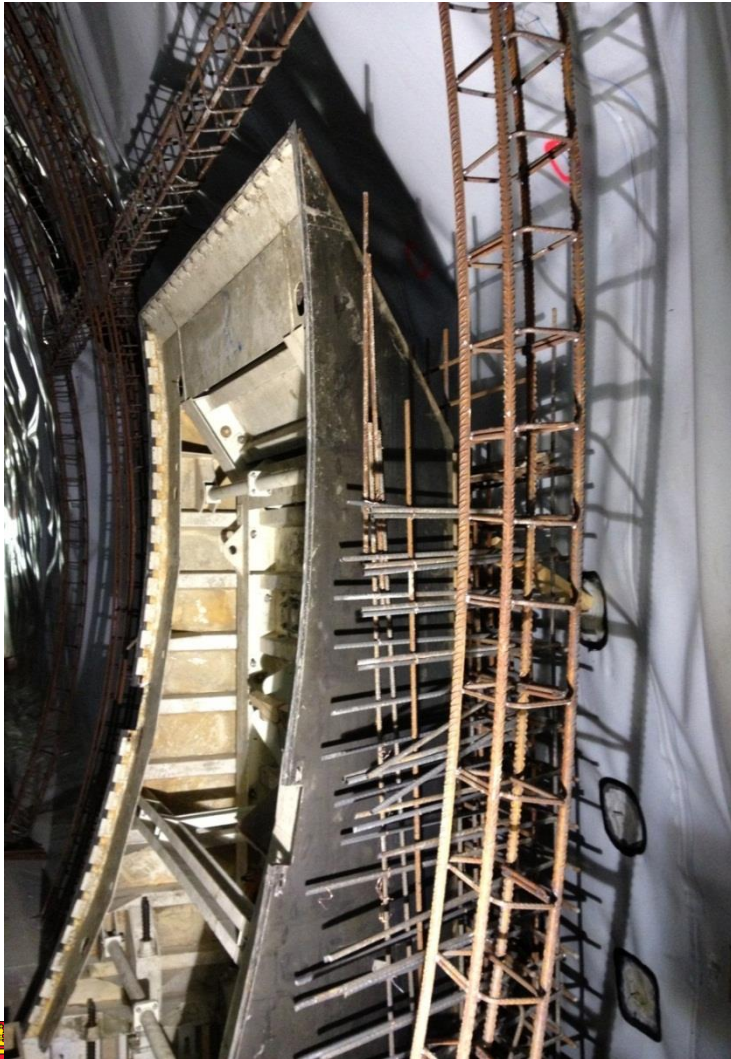


Montering av membran

Sveising av membran utføres med doble sveisesømmer (automatic hot wedge welding). Alle sveiser trykktestes for tetthet

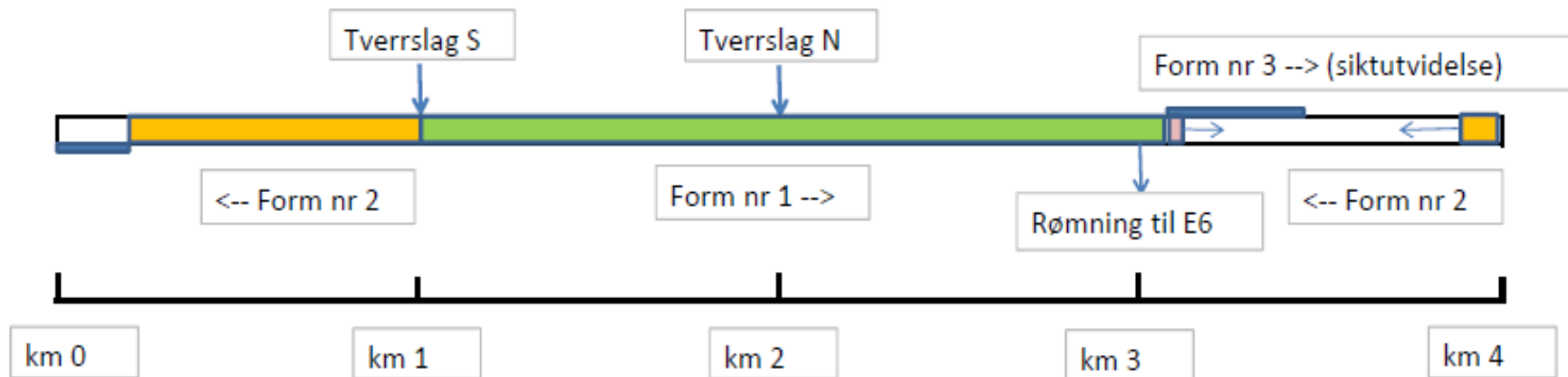


Montering av armering



Støpehastighet/fremdrift

Fremdrift støping i Ulvintunnelen (jan 2014)



Form nr. 1 montert uke 50, 2012 (Snitt støpehastighet over ett år er ca. 40 m/uke)

Form nr. 2 montert uke 20, 2013

Form nr. 3 montert uke 35, 2013

Ca. 3000 m er støpt pr årsskiftet 2013/2014 i løpet av 13 måneder.

Støpehastighet inntil 5 seksjoner á 12 m per uke per form etter at form er montert.

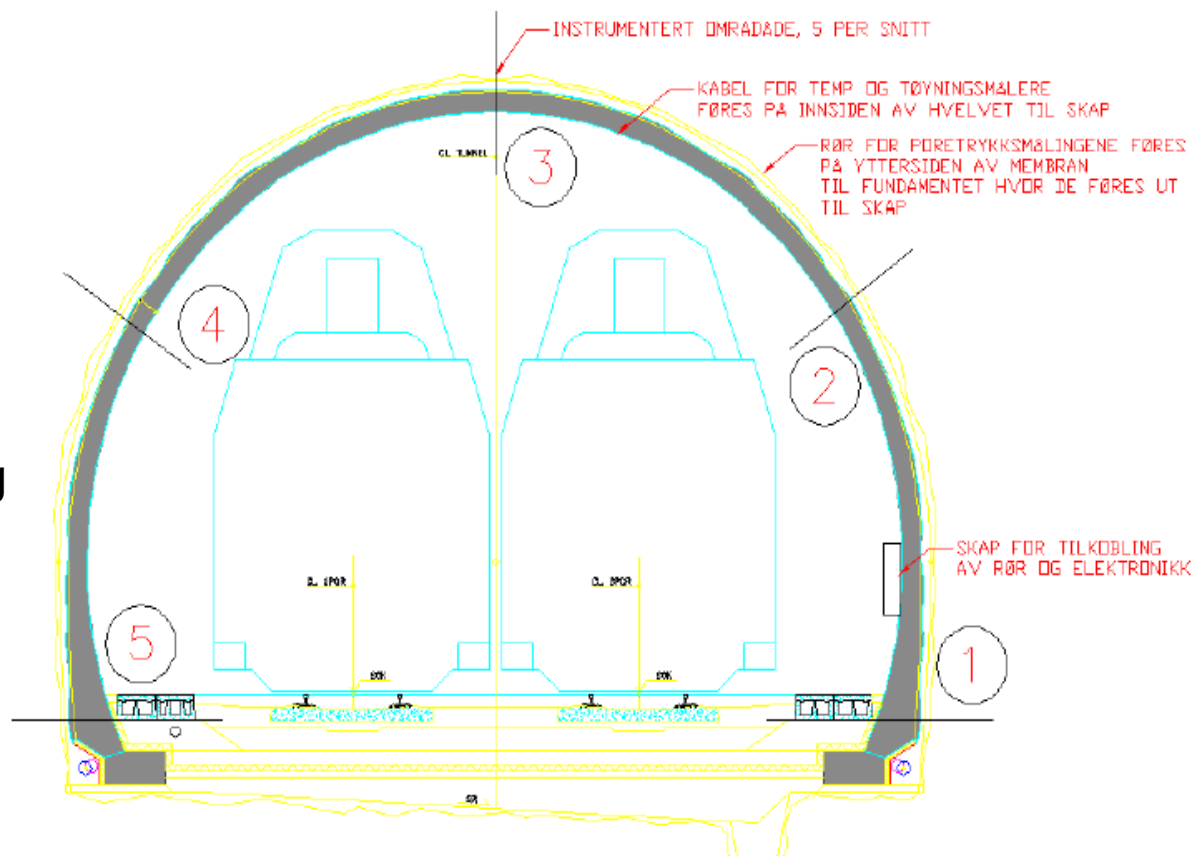
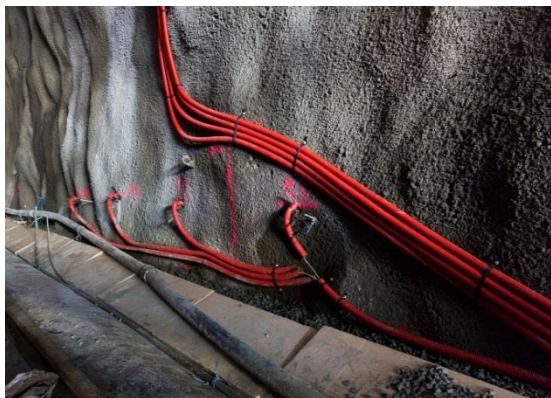
Støpehastighet i siktutvidelse er antatt 36 lm/uke.

Instrumentering

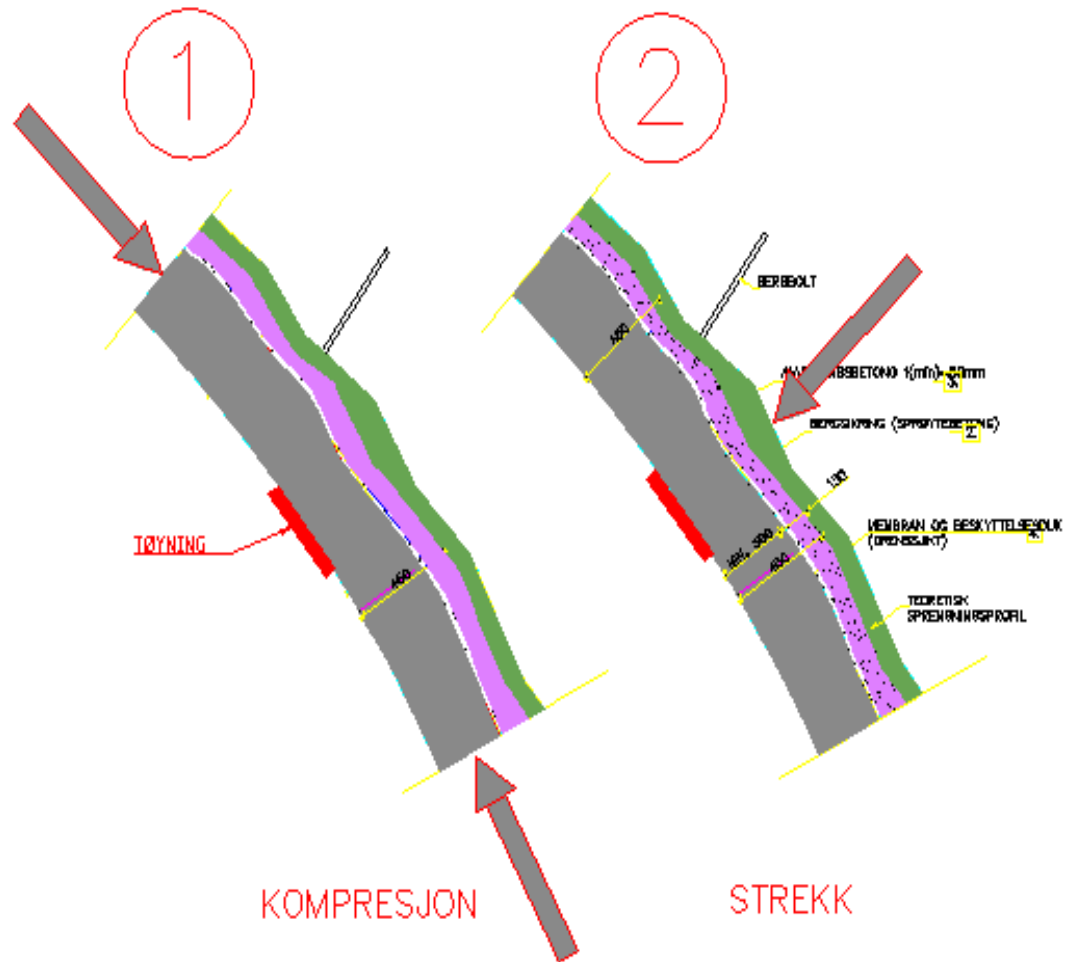
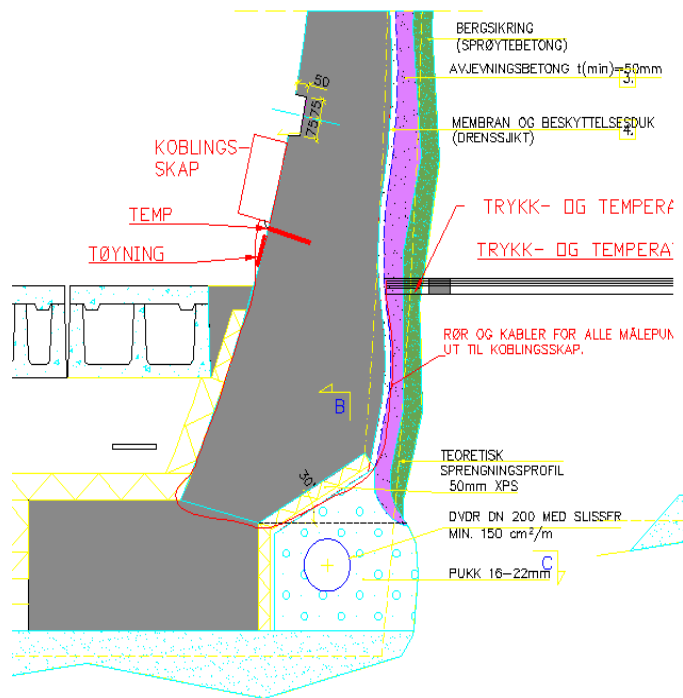
Målinger vil bli utført for:

- Poretrykk
- Tøyning
- Temperatur

Tre tverrsnitt
instrumenteres for
dokumentasjon av løsning



Instrumentering/dokumentasjon



Støping

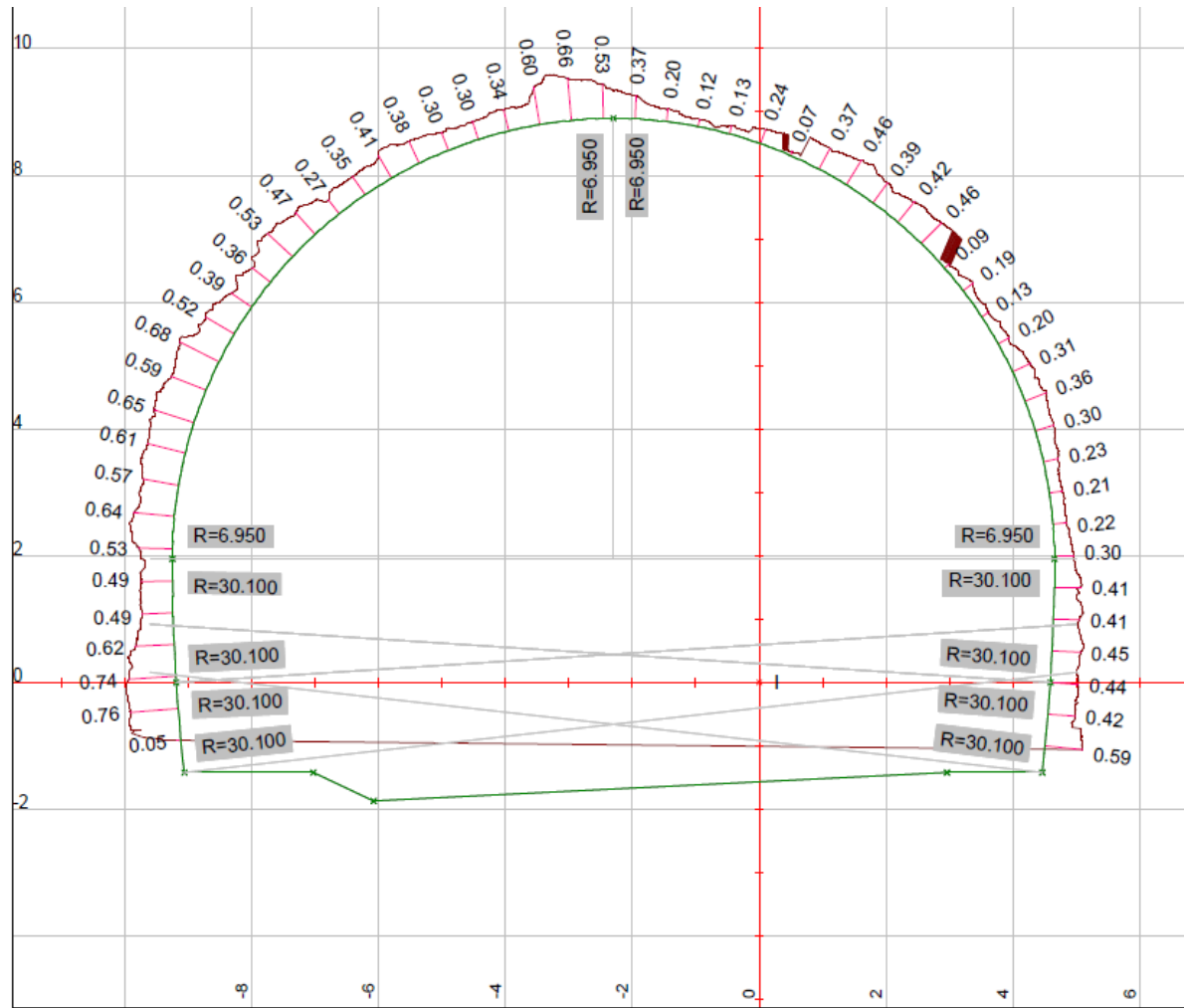
- Gjennomsnittlig betongstøppproduksjon på 64 m per uke
- Beste uke med betongstøppproduksjon på 132 m (to former a 12 m)



Kontur og konturkvalitet

- Kontur beskrevet med rørladninger og elektroniske tennere.
Senere fraviket i fra beskrivelse. Slurry og Nonel er i stor grad benyttet
- Borenøyaktighet var ikke god nok – men bedret seg!
- Konturbonus på 4 000 kr per salve for overmasse mindre enn 35 cm
- Konturbonus på 10 000 kr per salve for overmasse mindre enn 30 cm
- Konturbonus på ca 1 mill. kr er utbetalt per april 2014
- Gjennomsnittlig teoretisk tverrsnitt på tunnelen er 128,2 m² – utført 139,8 m²
Ca. 40 cm gjennomsnittlig overmasse (store variasjoner/ujevnheter i salver)
- Pågående diskusjoner omkring geologisk betinget utfall vs. sprengning

Kontur og konturkvalitet



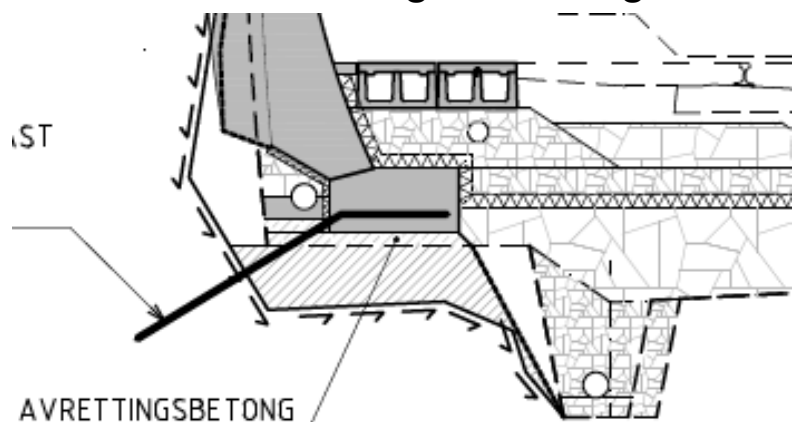
Tilfeldig profil som viser gjennomsnitt av Ulvin tunnelen.

39 cm overmasse, og
Variasjoner på 76 – 9 cm

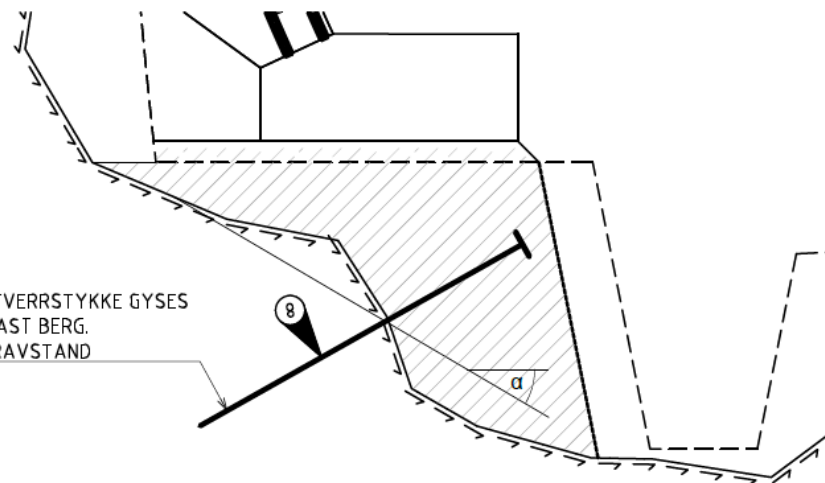
Variasjoner bør reduseres, og inngå i mål på konturkvalitet

Fundamenter og grøfter

- Grøft er i hovedsak skutt samtidig med tunnelsalve, forsøk med å skyte grøft i egen salve
- Sprengning av såle og grøft var beskrevet som *Spesiell kontursprengning* i egen prosess
- Gjenstående berg for fundament er gjennomslått av riss pga. sprengning
 - Etablering av underfundamenter
 - Økt betongforbruk og armering



BOLT Ø32 MED TVERRSTYKKE GYSES
MIN. 1000 mm I FAST BERG.
1000 mm SENTERAVSTAND



Betong og armering

- Justering av betongresept:
Beskrevet B35 MF40. Endret til B35 MF45.
Høy dosering av FA.
Endret med bakgrunn i ønske om å finne et kompromiss mellom rissfrihet og bestandighet
- Ved armering av hvelv: Benyttes gitterdragere, prefabrikkert av kamstål, fiksert med BA-anker.
- Ved armering av nisjer: Armering monteres mot membran på BA-anker, avstandsholdere mot forskaling. Forskaling monteres etter at det er armert.

Oppgjørsformer og kontrakt

- Konturbonus Bør utbetales til stufflag slik at drivere får et insentiv for å oppnå god konturkvalitet
- Oppfølging av kontur fra første salve
- Teoretisk betongstøptykkelse (30 cm) avregnet pr m^3
- Betong utover teoretisk tykkelse avregnes pr m^2
- Pågående diskusjon omkring konturkvalitet i såle og rundt grøft. Hvem skal betale merforbruk av betong i fundament?
- Pågående diskusjon om geologisk utfall (må enes fortløpende)

Kostnader forskjellige vann- og frostsikringsløsninger:

Priser på vann- og frostsikring	Pris per løpemeter tunnel, inkl. rigg
Pris Ulvintunnelen, inkl. tillegg/endringer	Kr 61 300,-
Tilbudspris Farriseidet-Porsgrunn Jernbanetunnel (betongelementer)	Kr 52 000,-
Element/XP/PE-skum for vegtunnel (veggelementer)	Kr 15 000-25 000,-
Element/XP/PE-skum for vegtunnel (vegg og takelement)	Kr 20 000-35 000,-

Kostnader:

Pris Ulvintunnelen (per mars 2015):

Fag	
Driving, sikring, injeksjon, føringsveier og underballast	Kr 90 800,-
Lining m(membran og full utstøpning	Kr 61 300,-
Jernbanetekniske anlegg, inkl. forberedende arbeider	Kr 36 100,-
Total løpemeterpris, alle fag	Kr 188 200,-

Kostnader er ikke endelige, og inkluderer ikke byggherrekostnad og prosjektering.

TAKK FOR MEG