



Statens vegvesen

Oppdrag:	E134 Gvammen-Århus	Dok. nr.					
Oppdragsgiver:	Statens vegvesen, Region sør, Prosjektavd.	Dato:	23.11.2015				
Planfase:	Byggeplan	Arkivkode:	15/206697	Ant. vedlegg:	3		
Kommune:	Hjartdal/Seljord	Vegnr.:	E134	HP:		Km:	14914-14880
UTM 33 ref.:		Geoteknisk prosjektklasse:	3				
Utarbeidet av:	Valeria Lindvåg	Sign.:					
Kontrollert av:		Sign.:					

E134 Mælefjelltunnelen

Svakhetssone i tunnelen 27.05.2015-28.07.2015, profil 14914-14880.

Driving og sikring gjennom svakhetssonen.



Innhold

Innledning.....	3
Bergmasse i svakhetssonen.	4
Injeksjonsarbeider	7
Onsdag 27.mai – søndag 31.mai	7
Skjerm 14898-1. Mandag 1.juni-fredag 5.juni.	8
Skjerm 14898-2. Lørdag 6.juni-fredag 12.juni.....	8
Skjerm 14898-3. Lørdag 13.juni – søndag 14.juni	8
Skjerm 14898-4. Mandag 15.juni – torsdag 18.juni	8
Skjerm 14898-5. Fredag 19.juni-mandag 22.juni.....	9
Skjerm 14898-6. Tirsdag 23.juni – onsdag 24.juni	9
Skjerm 14898-7. Torsdag 25.juni	9
Driving gjennom svakhetssonen	10
Utført bergsikring	12
Referanser.....	12
Vedlegg	12

Innledning

Under driving av Mælefjelltunnelen fra Århus-stuffen i begynnelsen av juni 2015 traff vi på en vannførende svakhetsone med svært stor innlekkasje.

Innlekkasjesonen måtte injiseres med 7 skjerm. Innlekkasjemengden på de første skjermene var opptil 1000 l/min pr hull, med vanntrykk opptil 8-10 bar. Det ble brukt over 915 tonn injeksjonsmasse (ca. 685 tonn industrisement og ca. 230 tonn mikrosegment).

Det måtte gjennomføres omfattende sikringsarbeider i sikringsklasse IV for å passere svakhetssonen. Fra dagen sonen ble truffet på til den var passert, gikk det over to måneder.

Vi hadde truffet på flere vannførende soner fram til da, med innlekkasjemengder fra 100 til ca. 1000 l/min pr skjerm. Alle sonene ble passert med vellykket injeksjon. De 10 første innlekkasjesonene ble tettet med standard industrisement med w/c 0,5 og forbruk fra 4,5 til 58 tonn pr skjerm.

I den ingeniørgeologiske rapporten til konkurransegrunnlag 256781-R40 var det ikke beskrevet lineamenter med mulige innlekkasjesoner på Århus-siden helt til profil ca. 14400. Samtidig er det i rapporten ikke utelukket at mindre vannførende soner kan påtreffes i løpet av tunneldrivingen. Driving av den første kilometeren av tunnelen tok lengre tid enn forventet og det ble brukt over 5 ganger større mengder injeksjonsmasse enn det var beskrevet i kontrakten i løpet av de første 6 månedene av tunneldriving.

Bergmasse i svakhetssonen.

Fram til slutten av mai 2015 var det sprengt 490m tunnel fra Århus-siden. Kvaliteten på bergmassen fram til dette punktet var hovedsakelig god. Berget bestod av lagdelt Seljordgruppens kvartsitt med flere gabbro-amfibolittintrusjoner av forskjellig form og karakter, med mer eller mindre omdannet fjell i kontaktsonene.

Det ble registrert en del endringer i bergmassen inn mot svakhetssonen. Hovedsprekkesettet var presentert av tettstående subvertikale sprekker med tynt brunt myknede sprekkebelegg som ga en del misfarging på borvannet. Oppsprekkingsgrad i kvartsitten har økt (RQD-parameteren har gått ned til 65). (Fig.1)



Fig.1 Ferdig boret injeksjonsskjerm, pel 14914

Selve svakhetssonen bestod av svært porøs tilfeldig oppsprukket kvartsittbreksje med porene fylt av kvartskrystaller og oppløselige mineraler (Fig. 2). Bergmassen var gjennomvannet av tilfeldige sprekker fylt med sterkt oppklistret desintegret brunfarget løsmasse (Fig.3 og Fig.4). Denne bergarten er sannsynligvis resultat av hydrotermal omdanning i forbindelse med forkastningsaktivitet og disharmoniske vulkanske inntrengninger i området. Antatt Q-verdi for denne sonen var 0,50 med følgende registrerte parametere: RQD=45, Jn=15, Jr=2, Ja=8, Jw=0,66 og SRF=1. Det ble utført bergsikring av svakhetssonen og sideberg i henhold til Q-verdi og håndbok N500 Vegtunneler.



Fig.2 Hydrotermal breksje fra svakhetssonen, hullrom i kvartsitt er fylt med drusekrystaller



Fig.3 Mikroement fyller tynne sprekker i det lite konsoliderte sideberget



Fig.4 Løsmateriale fra svakhetssonen ca. profil 14892

Injeksjonsarbeider

Onsdag 27.mai – søndag 31.mai

Siste uka i mai var det utført sonderboring av 2 hull i hvert vederlag med 27 meters lengde fra pel 14914. Vi har truffet på innlekkasje på de siste meterne av sonderhull, opptil 600 l/min på høyre side og noe mindre på venstre side (Fig.5 og 6). Det ble bestilt 15 injeksjonshull a 27 meter. Da skjermboring ble avsluttet, økte total innlekkasjemengde opp til flere tusen liter pr minutt. Det var ikke antydning til noe ekstremt dårlig fjellkvalitet framme bortsett fra misfarging på borvann, selv om injeksjons- og sonderhullene avsluttet rett inne i svakhetssonen. Det ble ikke registrert noen borproblemer på denne skjermen.



Fig.5 Innlekkasje pel 14914



Fig. 6 Innlekkasje pel 14914

Injeksjonen startet cirka kl.08.00 28.mai. Det ble benyttet standard industrisement med w/c 0,5 og sluttrykk på 80 bar. Ved midnatt 28.mai var det pumpa inn i underkant av 40 tonn injeksjonsmasse, og det var fin trykkoppbygning i liggen. Injeksjonen ble avsluttet ca. kl.20.00 den 29.mai. Det ble pumpa inn 77,7 tonn industrisement. Det ble bestilt herdetid fra kl.21.00 29.mai til kl. 02.00 30.mai.

Tunnelen ble sprengt framover i relativt bra fjell (Q-verdi 11) fram til profil 14898 der stuffen stod mandag 1.juni. Det ble registrert en del innlekkasje i borhull på de to siste salvene 31.mai og 01.juni, men det ble valgt å skyte dem likevel. Dette medførte ingen problemer ved videre injeksjonsarbeider, det var aldri registrert noen utganger av injeksjonsmasse i fra stuffen.

Skjerm 14898-1. Mandag 1.juni-fredag 5.juni.

Det var utført sonderboring fra pel 14898, 2 hull a 27 m. Vi traff på en vannførende svakhetsone med bredde på 3-5 m på ca. 6-9m høyre side og 9-16 m venstre side med innlekkasje på flere hundre liter pr hull (Fig.6). Målt vanntrykk var på ca. 8-10 bar. Vi bestilte en injeksjonsskjerm, 30 hull a 27m. Det var problematisk å bore på grunn av materialet i sonen og enorm innlekkasje.

Injeksjonen starta kl.19.30 den 2.juni. Vi bestemte å bruke vanlig industrisement med w/c 0,5 og sluttrykk på 80 bar, siden vi hadde bra erfaring med det på de forrige skjermene. Det var vanskelig å få det tett rundt injeksjonsstavene, men det har aldri vært noen utganger av injeksjonsmasse fra stuffen. På ettermiddag 5.juni ble injeksjonen ferdig. På denne skjermen brukte vi 121,8 tonn industrisement.

Skjerm 14898-2. Lørdag 6.juni-fredag 12.juni

Etter 8 timers herding ble det boret kontrollhull på 8 meter, men det var fortsatt mye vann i sonen, innlekkasje på kontrollhullene var 100-150 l/min. Vi bestilte skjerm på 28 hull a 27 meter med samme injeksjonsmasse og stoppkriterier som før. Det gikk fortsatt mye masse i fjellet. Vi pumpet inn over 75 tonn på 2 dager, det var vanskelig å få mottrykk. Det ble bestemt å innhente ekspertise fra BASF med bakgrunn i injeksjon med styrt herding. Fra 9.juni brukte vi mikrosegment og prøvde varierte mengder akselerator ut i fra ulike erfaringer. Vi mistet mange hull med den metoden på grunn av groing både i hullet og nabohull. Forbruk på denne skjermen var 1260kg akselerator med 71 tonn mikrosegment pluss 239 tonn industrisement. Etter 7 timers herdetid boret vi 11 stk kontrollhull med lengde fra 6 til 21 meter, og det var fortsatt mye innlekkasje på 16-20m med mest innlekkasje på opptil 500l/min pr hull i heng og venstre vederlag. Det vil si at det var nesten ingen effekt med benyttet metode.

Skjerm 14898-3. Lørdag 13.juni – søndag 14.juni

Det ble boret skjerm på 30 hull med dybde 24 meter. Det ble brukt cirka 35 tonn mikrosegment med gjennomsnittlig 1,19% akselerator, og bestilt herdetid. Dessverre var det fortsatt mye innlekkasje på kontrollhullene.

Skjerm 14898-4. Mandag 15.juni – torsdag 18.juni

Det var bestilt 30 injeksjonshull a 21 meter. Ettersom vi fikk dårlig erfaring med styrt herding, besluttet vi i samarbeid med NCC å bruke mikrosegment og industrisement uten tilsetninger. Vi brukte mikrosegment på hull med stor inngang og industrisement der det var mindre inngang. Dette medførte at vi fikk en mye bedre injeksjon på denne skjermen der totalforbruk ble ca. 129 tonn (95tonn industrisement og 34 tonn mikro). Etter kontrollboring på kveldsskift 18.juni ble det boret på betydelige mindre vann (60-80 l/min pr hull, mest innlekkasje på venstre side).

Skjerm 14898-5. Fredag 19.juni-mandag 22.juni

Det ble boret injeksjonsskjerm på 30 hull, lengde 18m. Total innlekkasje på ferdig boret skjerm var rundt 200l/min. Det ble bestemt å bruke samme metode på denne skjermen som på forrige, det vil si kombinasjon av industri- og mikrosegment uten akselerator. Injeksjonen gikk greit, det var bra trykkoppbygging på hullene. Injeksjonen ble ferdig natt 23.juni, det ble bestilt herdetid fra kl.03 til kl.10. Det ble brukt 85 tonn industrisement og ca. 28 tonn mikrosegment på denne skjermen.

Innlekkasjemengder på de 5 kontrollhullene etter denne skjermen var 75 l/min, d.v.s. vesentlig mindre enn etter den forrige.

Skjerm 14898-6. Tirsdag 23.juni – onsdag 24.juni

Det ble boret injeksjonsskjerm på 35 hull a 21 meter. Total innlekkasjemengde på denne skjermen var rundt 150 l/min, da ble det bestemt å bruke industrisement.

Injeksjonen ble ferdig rundt kl.5 den 24.juni, det ble brukt ca. 34 tonn industrisement. Etter 6 timers herdetid ble det boret 7 kontrollhull a 18m, totalinnlekkasjen var 68 l/min – 12 l/min i høyre grøftetrase, 15 l/min høyre side nede, 10 l/min venstre side nede og 15 l/min i venstre vederlag. Mist i heng, høyre vederlag og venstre grøftetrase var nesten tørre.

Skjerm 14898-7. Torsdag 25.juni

Vi boret injeksjonsskjerm på 45 hull a 21m, det var bestemt å øke antall hull for å få med de fleste sprekkene. Det var bestemt å bruke kun tynn mikrosegment for å fange opp alle de små lekkasjene i de fine sprekkene.

Injeksjonen startet tidlig på morgen 25.juni, det var så bra trykkoppbygging at vi hadde fått mottrykk på alle hullene kl.22 samme dag. Det ble brukt kun 16 tonn mikrosegment på hele skjermen, d.v.s. at det var kun de tynneste sprekkene som skulle tettes. Etter denne skjermen kunne vi endelig begynne å drive tunnelen videre.

Driving gjennom svakhetssonen

Etter nesten 4 uker lange injeksjonsarbeider den 25.juni ble det boret en 2,5 meters salve fra profil 14898. Det ble ikke registrert noen lekkasjer ved salveboring. Salve ble skutt tidlig den 26.juni.

Bergmassen bestod av middels oppsprukket omdannet kvartsitt med steile tverrsprekker. Det ble registrert veldig tynt (<0,5cm) brunrødt leiraktig sprekkebelegg. Salven ble sikret med 3m lange kombinasjonsbolter og 17m³ E1000 fiberarmert sprøytebetong. Q-verdi på denne savlen var 2,6.

Det ble bestilt 8 kontrollhull a 9m fra profil 14895 for å kartlegge sonen og eventuelle lekkasjer i den. Under boring av sonderhull traff vi på vann på 5-9 meters dybde fra venstre vegg til høyre vederlag. Innlekkasjemengden var ca.6-9 l/min, og det ble bestemt å bore en ny injeksjonsskjerm, da det var for mye lekkasje for å montere spiling. Injeksjonen starta kl.01.50 27.juni og ble ferdig kl.15.20 samme dag. Det ble brukt ca.15 tonn mikrosegment.

28.juni ettermiddag ble det boret og satt inn 6 meters spilingbolter rundt profilet med c/c 0,5m fram til profil 14889 (Fig. 7 og 8). Disse ble hengt opp i bakkant med bolter og fjellbånd og sprøytet inn med 8,5m³. Det ble ikke registrert lekkasjer verken på spilingboltene eller på 3 meters bolter som festet fjellbånd. Etter spilingsarbeider ble det skutt to 2,5 meters salver fra profil 14895. Det ble også montert sikringsbuer på profil 14895,5-14896, 14893,5-14894, 14889,5-14890 og 14887,5-14888.



Fig.7 Ultrasing av svakhetssonemateriale til spilingboltene

Det ble tatt ut noen steinprøver fra svakhetssonen, både hydrotermalt påvirket kvartsitt med rustbelegg og store hullrom med kvartsdruser og prøver av løsmasse (Fig. 2, 3 og 4) men det var ikke behov å analysere dette materialet siden det var ikke registrert betydelige mengder leire i sonen.



Fig.8 Utrasing av svakhetssonemateriale til spilingboltene

Det ble også utført 2 ekstra runder med injeksjon fra profil 14892 den 30.juni og den 01.juli, da ble det brukt 19 og 11 tonn mikrosement.

Det ble det skutt to nye avkortet salver fra profil 14890 og montert en ny runde med spiling, da brukte vi 9 meters lange selvborende Ischebeckstag fram til profil 14880.

Bergmassekvaliteten ble bedre for hver salve fremover, og vi kom ut av den dårlige sonen etter sommerferien den 28.juli.

Utført bergsikring

Permanent sikring av svakhetssonen fra profil 14914 til profil 14880 er utført i henhold til Q-metoden og håndbok N500 Vegtunneler.

Det er utført tung sikring av svakhetssonen i form av forbolter, sprøytebetong buer og radiell bolting. I tillegg, er det utført omfattende forinjeksjonsarbeider, som er beskrevet i eget kapittel. Injeksjonsmassene har også gitt stabiliserende virkning på bergmassen og dermed inngår både som arbeids- og permanentsikring.

Mengder bergsikring er oppgitt i vedleggene 1 og 2.

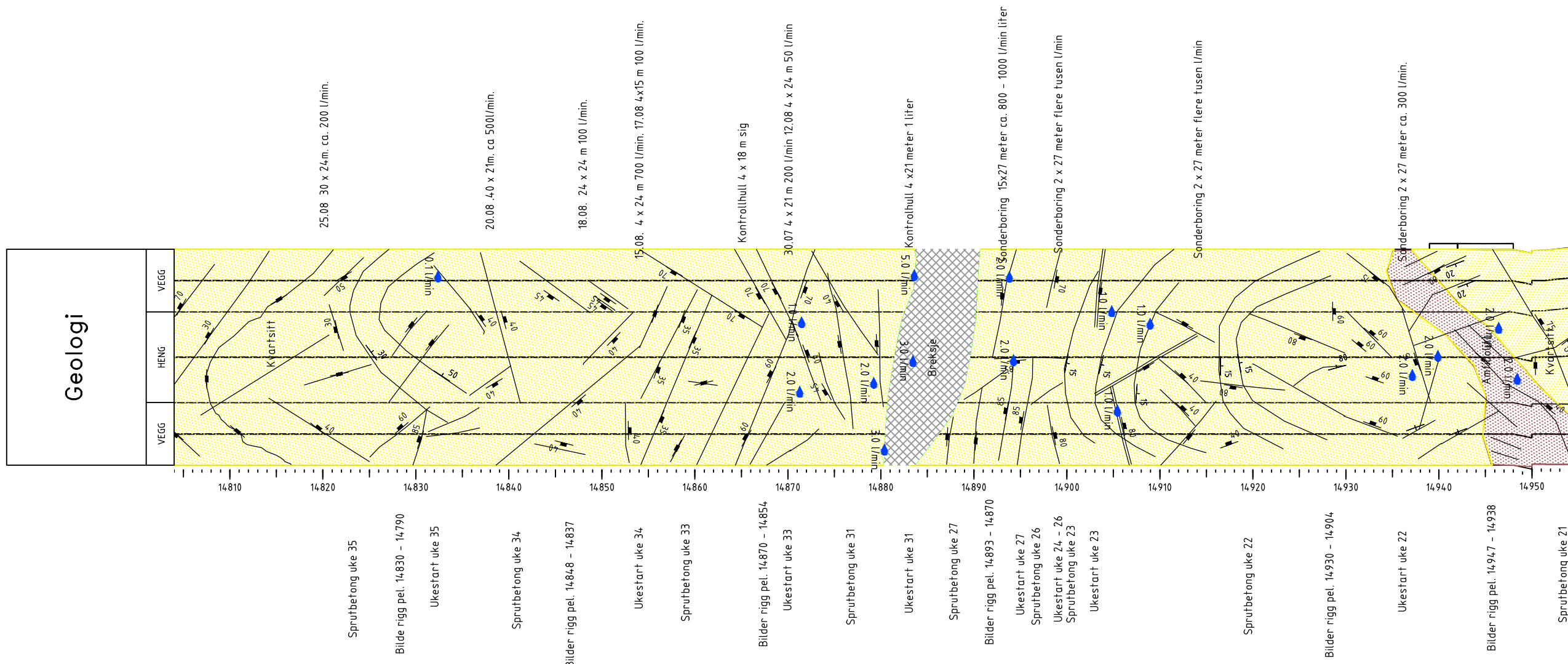
Referanser

1. [256781-R40 Ingeniørgeologisk rapport til konkurransegrunnlag](#)
2. [Injeksjonsloggene Århus](#)
3. [Ukerapportene Århus](#)

Vedlegg

1. Profil_14804-14954 (Novapoint tunnel)
2. Sammendrag injeksjonsmengder profil 14914-14892
3. Borplaner for injeksjonsskjermer

RQD/Jn	/4,0	70/4,0	75/4,0	75/4,0	80/4,0	80/4,0	75/6,0	55/6,0	60/6,0	60/6,0	45/15	70/6,0	65/6,0	65/6,0	65/6,0	65/6,0	75/4,0	60/6,0	60/6,0	60/6,0
Jr/Ja	/3,0	2,0/3,0	2,0/3,0	3,0/2,0	3,0/2,0	3,0/2,0	3,0/2,0	3,0/4,0	3,0/6,0	3,0/6,0	2,0/8,0	2,0/6,0	2,0/2,0	2,0/2,0	2,0/2,0	2,0/2,0	2,0/3,0	2,0/4,0	3,0/6,0	3,0/6,0
Jw/SRF	/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	0,66/1,0	0,66/1,0	0,66/1,0	0,66/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0
Q-Verdi	10	12	13	28	30	30	19	6,9	3,3	3,3	0,50	2,6	11	11	11	11	13	5,0	5,0	5,0
Bergklasse											121820 Kg	73116 Kg								
Injeksjon	44928 Kg	41715 Kg	23146 Kg	44705 Kg	19879 Kg	9993 Kg	19174 Kg	239185 Kg	14959 Kg	33869 Kg			30976 Kg							40107 Kg



Geologiske registreringer

- Sprekkesett
- Foliasjon
- Sprekk
- Sleppe
- Svakhetszone smalere enn 1 m
- Svakhetszone bredere enn 1 m
- S Avskaling etter over 1 time
- SS Avskaling etter få minutter
- B Intenst bergslag

Bergarter

- Amphibolitt
- Brekksje
- Gabbro
- Kvartsitt

Vann / -sikring

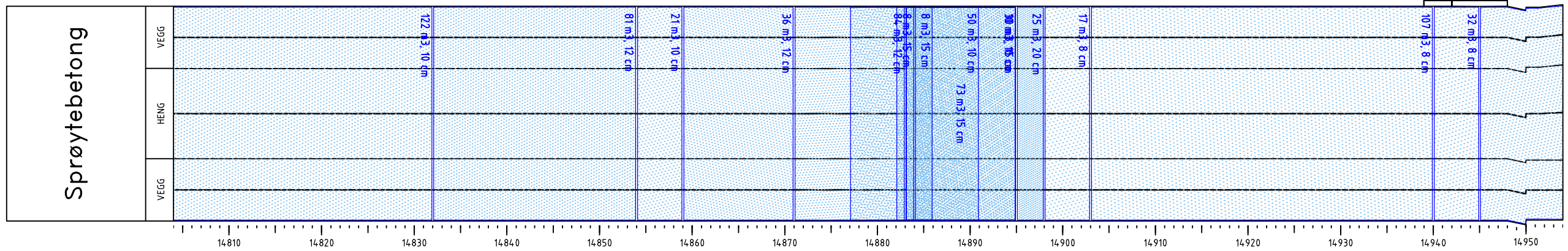
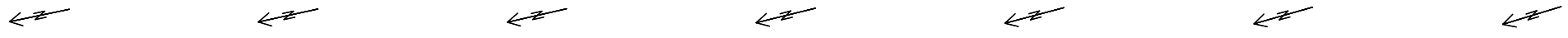
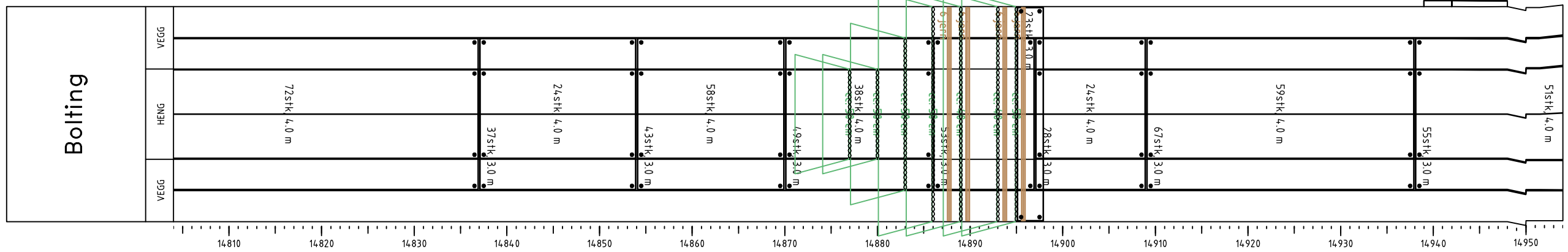
- Lekkasje, punkt
- Lekkasje, område/intervall

Bergklasser

- A - Svært/ekstremt god (40-1000)
- B - God (10-40)
- C - Middels (4-10)
- D - Dårlig (1-4)
- E - Svært dårlig (0,1-1)
- F - Ekstremt dårlig (0,01-0,1)
- G - Eksepsjonelt dårlig (0,001-0,01)
- Ikke kartlagt med Q-verdi

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		vallin			
		Saksnummer			
		Tegningsdato	25.11.2015		
		Bestiller			
		Produsert for			
		Produsert av	Valeria Lindvåg		
		Prosjektnummer	204774		
		PROF-nummer			
		Byggverksnummer			
		Målestokk A1	1:500		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	

RQD/Jn	/4,0	70/4,0	75/4,0	75/4,0	80/4,0	80/4,0	75/6,0	55/6,0	60/6,0	60/6,0	45/15	70/6,0	65/6,0	65/6,0	65/6,0	65/6,0	75/4,0	60/6,0	60/6,0	60/6,0
Jr/Ja	/3,0	2,0/3,0	2,0/3,0	3,0/2,0	3,0/2,0	3,0/2,0	3,0/2,0	3,0/4,0	3,0/6,0	3,0/6,0	2,0/8,0	2,0/6,0	2,0/2,0	2,0/2,0	2,0/2,0	2,0/2,0	2,0/3,0	2,0/4,0	3,0/6,0	3,0/6,0
Jw/SRF	/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	0,66/1,0	0,66/1,0	0,66/1,0	0,66/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0
Q-Verdi	10	12	13	28	30	30	19	6,9	3,3	3,3	0,50	2,6	11	11	11	11	13	5,0	5,0	5,0
Bergklasse											121820 Kg	77116 Kg								



- Bergsikring**
- • Kombinasjon/innstøpte, ved/bak stoff
 - ○ Endeforankrede, ved/bak stoff
 - • Andre boltetyper, ved/bak stoff
 - ▭ Forbolter
 - ▭ Sikringsbuer
 - ▭ Sprøytebetong
 - ▭ Utstøpning
 - ▭ Fjellbånd
 - ▭ Sikringsnett
 - Injeksjon

Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		vallin			
		Saksnummer			
		Tegningsdato	25.11.2015		
		Bestiller			
		Produsert for			
		Produsert av	Valeria Lindvåg		
		Prosjektnummer	204774		
		PROF-nummer			
		Arkivreferanse			
		Byggverksnummer			
		Målestokk A1	1:500		
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	

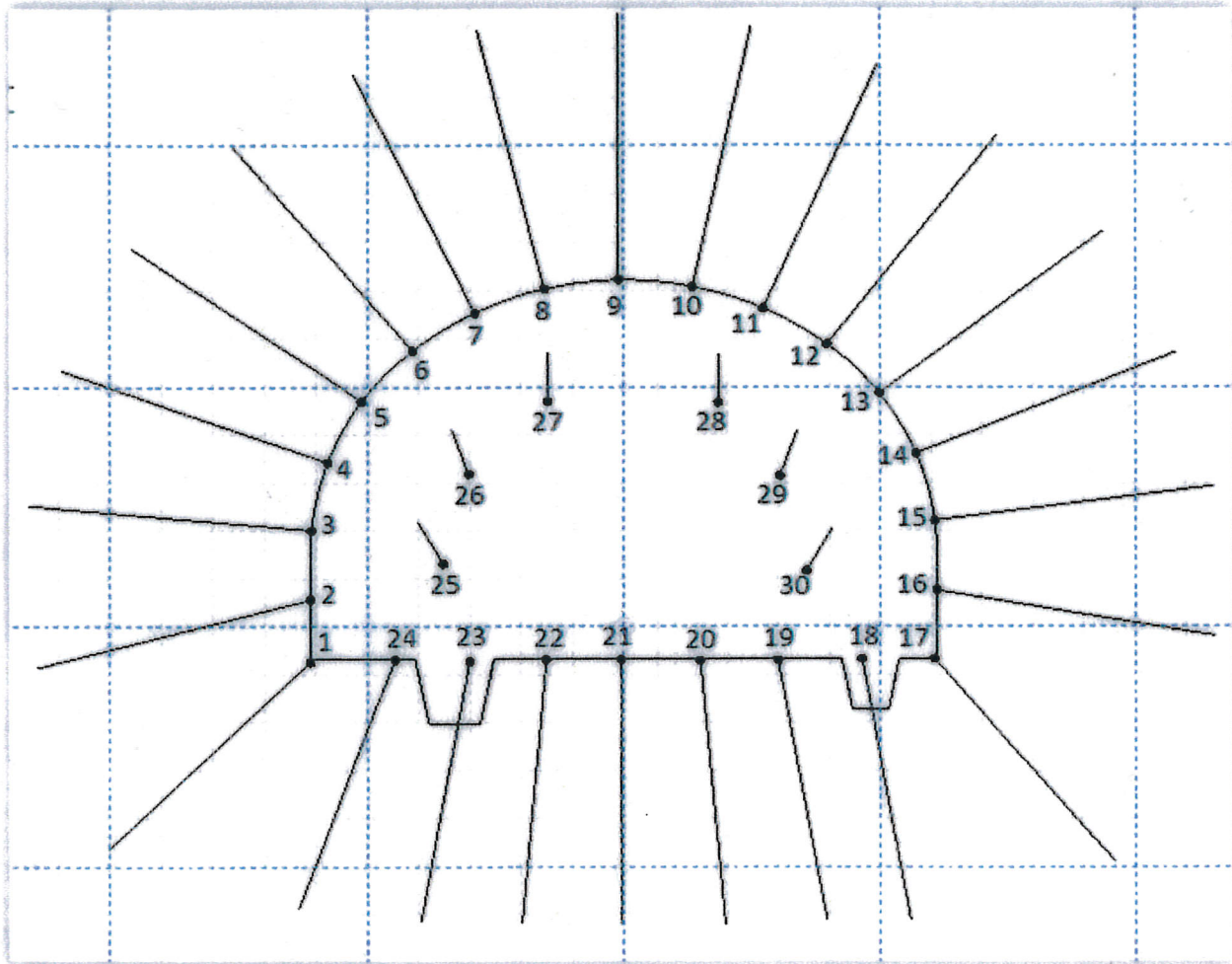
Sammendrag injeksjonsmengder profil 14914-14892

Profil	Dato	Industrisement, kg	Mikrosement, kg
14914	28.05-29.05	77766	
14898	02.06-05.06	121820	
14898	06.06-12.06	239185	71000
14898	13.06-14.06		34935
14898	15.06-18.06	95111	33964
14898	19.06-21.06	85122,4	27759,8
14898	23.06-24.06	33869	
14898	25.06		16298
14895	27.06		14959
14892	30.06		19474
14892	01.07		11256
Totalt		652873,4	229645,8

Sonder 1.

Borrplan skjemborring

Prosjekt		Savledata	
Firma	Ncc		
Anlegg			
Tunnel	13000		
Stuff	Arhus		
Merknad	30		



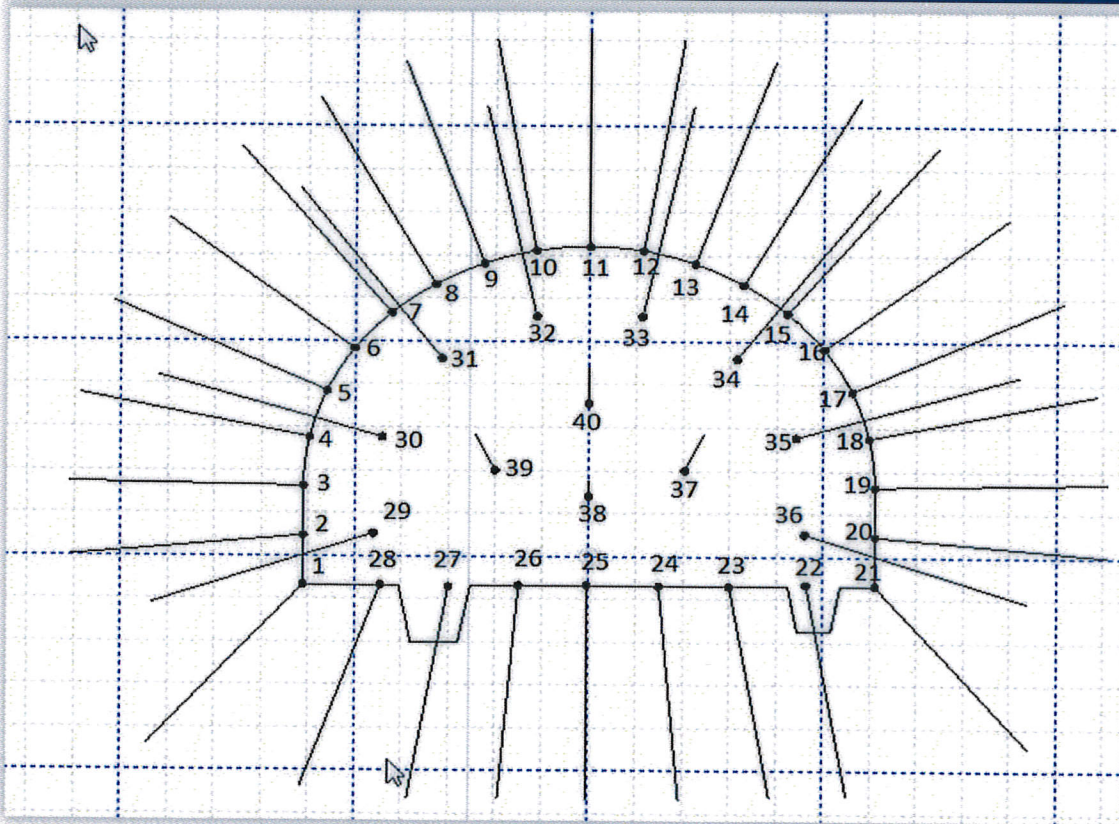
Kommentar

Sonder 1.

Sonder 2.

Borrplan skjermborring

Prosjekt		Savledata	
Firma	Ncc		
Anlegg			
Tunnel	13000		
Stuff	Arhus		
Merknad	40		



Sonder 2.