



# Rehabilitering av gamle Ulriken tunnel – erfaring fra etterinjeksjon

Ola Woldmo

Byggeråd/Sweco



# Etterinjeksjon... hvorfor ?

- Fordi gamle Ulriken tunnelen på ca 7 km må rehabiliteres!
- Vannsikring med PE skum er ikke brannsikret og må demonteres.
- Etter demontering av gammelt PE skum lekker og drypper det på sviller og skinnegang = vedlikeholdskostnader.
- Profilet er trangt og togene er blitt større, det er ikke plass til nytt vann & frost hvelv uten strossing.
- Det finnes et tidsvindu på 10 uker mellom åpning av nye Ulriken tunnel og oppstart for rehabiliterings entreprisen.
- Kan omfanget av strossing og nytt hvelv reduseres ved å utføre etterinjeksjon???

# Utgangspunktet.

- Tunnelen ble bygget 1959 – 1963 derfor uten forinjeksjon.
- Eppersikret med bolter og sprøytebetong i flere omganger.
- PE skum montert på de «våtteste» områdene, må fjernes.
- Det er lokalisert ca 80 områder som må dryppsikres.
- Totallekkasjen er liten og akseptabel < 10 L/min/100m.
- Skinnegangen må ligge når det jobbes.
- Ballast, sviller og skinner må IKKE forurenses.



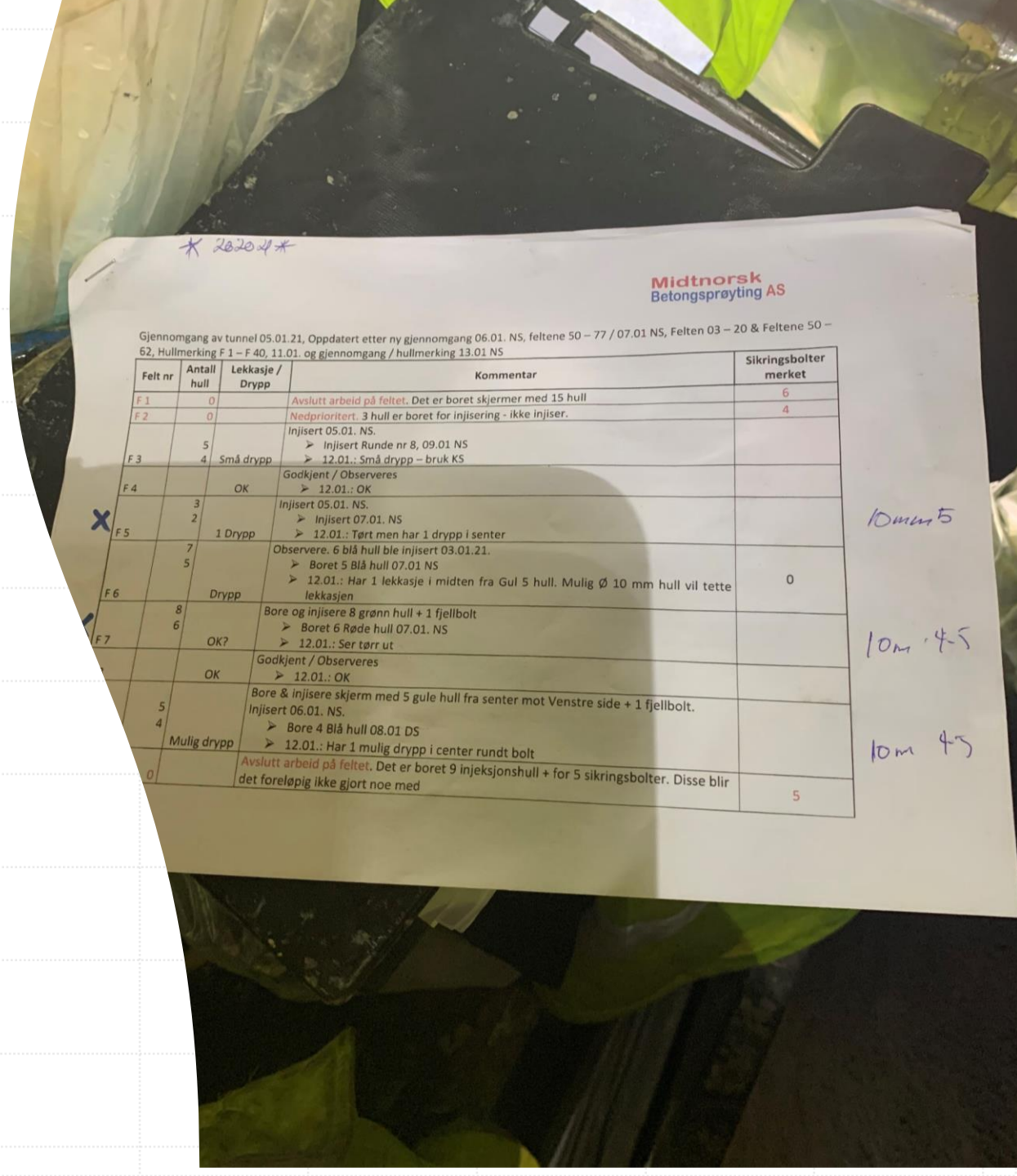


# Spørsmålene.

- Den gamle tunnelen skal gjenåpnes og tas i bruk for godstrafikk a.s.a.p.
- Kan omfanget av strossing og installering av nytt hvelv reduseres med injeksjon?
- Kan boring av hull og injeksjonsarbeid utføres med lett og skinnegående utstyr?
- Kan logistikken med 4 – 6 enheter samtidig i tunnelen på en skinnegangen gi rasjonell fremdrift?
- Hvilke injeksjonsmaterialer vil være mest effektive?
- Finnes det ledig kapasitet/kompetanse til å gjennomføre et slik oppdrag?

# Strategien.

- Arbeidene utføres av byggherrens banedrift selskap med innleie av injeksjons kapasitet og kompetanse.
- Stor fokus på planlegging, optimalisering underveis og vurdering av oppnådd tetthet.
- Befaring med kartlegging av alle områder med lekkasjer og drypp på skinnegangen.

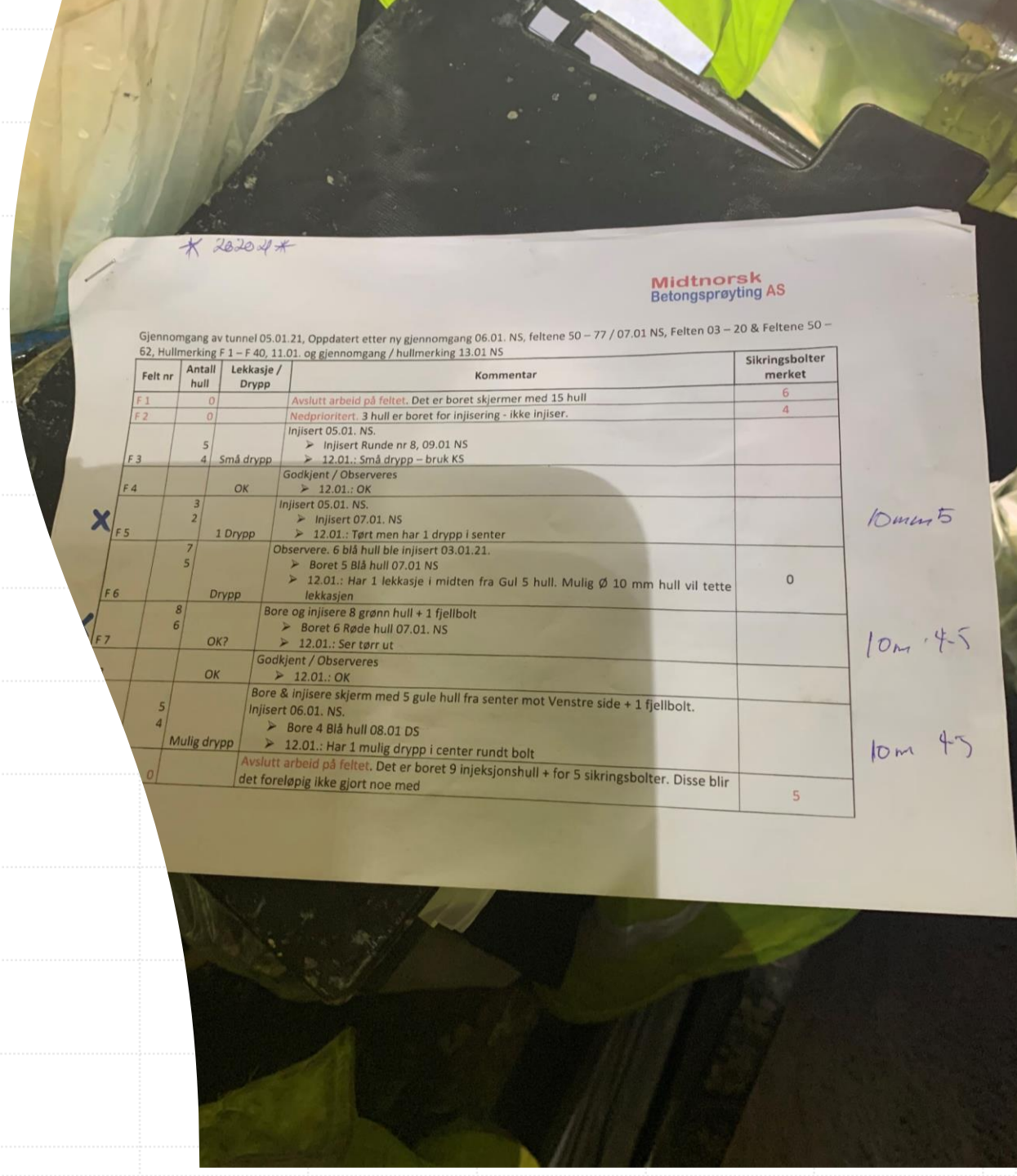


Gjennomgang av tunnel 05.01.21. Oppdatert etter ny gjennomgang 06.01. NS, feltene 50 - 77 / 07.01 NS, Felten 03 - 20 & Feltene 50 - 62, Hullmerking F 1 - F 40, 11.01. og gjennomgang / hullmerking 13.01 NS

Felt nr	Antall hull	Lekkasje / Drypp	Kommentar	Sikringsbolter merket
F 1	0		Avslutt arbeid på feltet. Det er boret skjerm med 15 hull	6
F 2	0		Nedprioritert. 3 hull er boret for injisering - ikke injiser.	4
F 3	5 4	Små drypp	Injisert 05.01. NS. > Injisert Runde nr 8, 09.01 NS > 12.01.: Små drypp - bruk KS	
F 4		OK	Godkjent / Observeres > 12.01.: OK	
F 5	3 2	1 Drypp	Injisert 05.01. NS. > Injisert 07.01. NS > 12.01.: Tørt men har 1 drypp i senter	
F 6	7 5	Drypp	Observere. 6 blå hull ble injisert 03.01.21. > Boret 5 Blå hull 07.01 NS > 12.01.: Har 1 lekkasje i midten fra Gul 5 hull. Mulig Ø 10 mm hull vil tette lekkasjen	0
F 7	8 6	OK?	Bore og injisere 8 grønn hull + 1 fjellbolt > Boret 6 Røde hull 07.01. NS > 12.01.: Ser tørr ut	
		OK	Godkjent / Observeres > 12.01.: OK	
	5 4	Mulig drypp	Bore & injisere skjerm med 5 gule hull fra senter mot Venstre side + 1 fjellbolt. Injisert 06.01. NS. > Bore 4 Blå hull 08.01 DS > 12.01.: Har 1 mulig drypp i center rundt bolt	
	0		Avslutt arbeid på feltet. Det er boret 9 injeksjonshull + for 5 sikringsbolter. Disse blir det foreløpig ikke gjort noe med	5

# Strategien forts...

- Injeksjon med lett utstyr og effektive materialer.
- Frostsonene i hver ende må vann og frostsikres og utelates.
- 10 uker drift 24/7 med 2 x 12t skift og 3 mann på skiftet. Stopp i juleuka.



\* 26.12.14 \*

Midtnorsk  
Betongsprøyting AS

Gjennomgang av tunnel 05.01.21. Oppdatert etter ny gjennomgang 06.01. NS, feltene 50 – 77 / 07.01 NS, Felten 03 – 20 & Feltene 50 – 62, Hullmerking F 1 – F 40, 11.01. og gjennomgang / hullmerking 13.01 NS

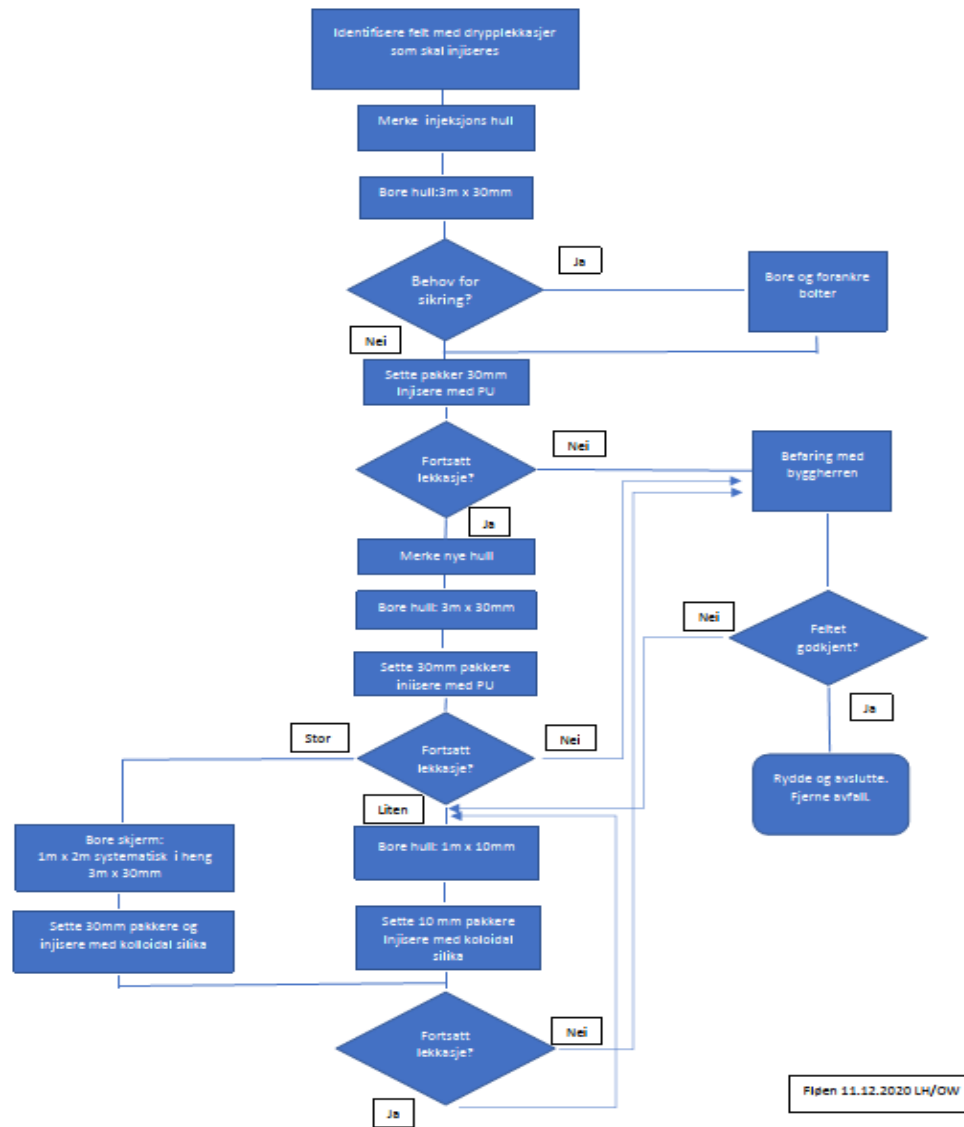
Felt nr	Antall hull	Lekkasje / Drypp	Kommentar	Sikringsbolter merket
F 1	0		Avslutt arbeid på feltet. Det er boret skjerm med 15 hull	6
F 2	0		Nedprioritert. 3 hull er boret for injisering - ikke injiser.	4
F 3	5 4	Små drypp	Injisert 05.01. NS. ➢ Injisert Runde nr 8, 09.01 NS ➢ 12.01.: Små drypp – bruk KS	
F 4		OK	Godkjent / Observeres ➢ 12.01.: OK	
F 5	3 2	1 Drypp	Injisert 05.01. NS. ➢ Injisert 07.01. NS ➢ 12.01.: Tørt men har 1 drypp i senter	
F 6	7 5	Drypp	Observere. 6 blå hull ble injisert 03.01.21. ➢ Boret 5 Blå hull 07.01 NS ➢ 12.01.: Har 1 lekkasje i midten fra Gul 5 hull. Mulig Ø 10 mm hull vil tette lekkasjen	0
F 7	8 6	OK?	Bore og injisere 8 grønn hull + 1 fjellbolt ➢ Boret 6 Røde hull 07.01. NS ➢ 12.01.: Ser tørr ut	
		OK	Godkjent / Observeres ➢ 12.01.: OK	
	5 4	Mulig drypp	Bore & injisere skjerm med 5 gule hull fra senter mot Venstre side + 1 fjellbolt. Injisert 06.01. NS. ➢ Bore 4 Blå hull 08.01 DS ➢ 12.01.: Har 1 mulig drypp i center rundt bolt	
0			Avslutt arbeid på feltet. Det er boret 9 injeksjonshull + for 5 sikringsbolter. Disse blir det foreløpig ikke gjort noe med	5

10mm 5

10m 45

10m 45

Arbeidsprosedyre for injeksjon av drypplekkasjer i Ulriken tunnelen.



Prosedyren.



# Logistikk utfordringen

- To injeksjonslifter og en bor utrustning i arbeid samtidig. Boreriggen server begge injeksjonslagene.
- Materialer og reservedeler transporteres med UTV
- I tillegg en »svenske» med Huddig som skulle spole opp 5 km med kabler fra kabelkulverten og frakte rullene ut!
- Kontrolløren bruker sykkel!!





# Utstyret.

- 1 stk HUDDIG med boreaggregat, kompressor, aggregat og borevann.
- 2 stk MANITOU med korg utstyrt med 2 injeksjonspumper i hver korg.
- 2 stk UTV for personell og material transport.







# Pumpene og materialene.

- Injeksjonspumper.
  - Membranpumper med kapasitet 5liter pr min og > 100 bar trykk.
- Injeksjonsmaterialene.
  - Polyuretan - singel komponent med 2 - 4 % katalysator.
  - Kolloidal silika - med 10 - 15 % akselerator.



# Injeksjonspakkerene

- Injeksjonspakkere.
  - C30 fra Lundgren (Codan)
  - 30mm PPM pakkere
  - 30 mm med slange selvekspanderende



# Boring av injeksjonshull

- Boremønster:
  - Kombinasjon av systematisk og rettet boring med hensikt å krysse vannførende sprekker og bolter som gir drypp.
  - Det benyttes 32mm krone og 3 m stenger, vannspyling under boring.
  - Siste runde boring med 10mm Hiltibor med 1m lengde.





# Og boring av små injeksjonshull



Etterinjeksjon...  
med polyuretan.





Etterinjeksjon...  
tette ved bolter.



# Etterinjeksjon... injeksjon med kolloidal silika





# Forbruk og kostnader

## Boring

- 1200m med 10mm injeksjonshull
- 5000m med 30mm injeksjonshull

## Injeksjon

- 3 500stk injeksjonspakkere
- 4300kg polyuretan
- 2600kg kolloidal silika

## Kostnad

- Samme nivå som forinjeksjon pr m tunnel.
- Materialenes andel < 10 % av total kostnaden.

# Resultatene

- Det interne målet var at min 50 % av feltene ble så tette at strossing og montering av dryppsikring kunne unngås.
- Ved siste kontroll var 50 % tørre nok, mens 27 % hadde noen drypp og må vurderes.
- 22 % ble ansett som mislykket og må strosses og dryppsikres.

## 4.2 Resultat etter sluttbefaring

Sluttbefaring ble utført 11.02.2021 under tørre og kalde værforhold. På befaringen ble det tatt utgangspunkt i følgende rangering:

1. Dårlig resultat. Drypp på skinne/sville
2. Middels resultat. Drypp i størrelsesorden 1-2 drypp pr 5-10 sek. og fukt på skinne/sville
3. Ganske bra resultat. Drypp i størrelsesorden 1 drypp sjeldnere enn 10 sek.
4. Bra resultat. Resultatet er tilfredsstillende. Tørt på spor/sville.

Oppsummering av resultatene er vist i Tabell 2. Tabellen viser at 63% av injiserte felt er i kategori 3 og 4, som vil si ganske bra eller bra resultat. Full oversikt er vist i vedlegg 1.

**Tabell 2. Oversikt over resultat etter sluttbefaring 11.02.2021**

Resultat	Antall felt	%
1.	21	26
2.	9	11
3.	17	21
4.	34	42
SUM	81	100

I etterkant av sluttbefaringen er det gjennomført ytterligere 2 kartlegginger for å fange opp eventuelle endringer i feltene. Tabell 3 og Tabell 4 viser henholdsvis 48% og 50% av injiserte felt som er i kategori 3 og 4. Viser til vedlegg 1 for fullstendig oversikt.

**Tabell 3. Oversikt over resultat etter kartlegging 23.04.2021**

Resultat	Antall felt	%
1.	28	35
2.	14	17
3.	17	21
4.	22	27
SUM	81	100

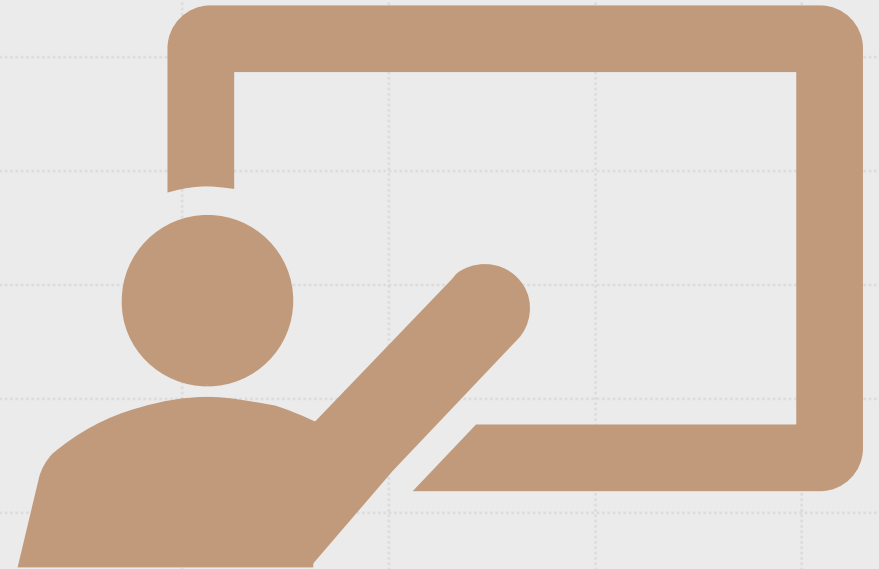
**Tabell 4. Oversikt over resultat etter kartlegging 21.06.2021**

Resultat	Antall felt	%
1.	18	22
2.	22	27
3.	22	27
4.	19	23
SUM	81	100



# Hva lærte vi?

- Engasjer entreprenør med spesialkompetanse tidlig i planleggings fasen.
- Tett oppfølging med erfaringsdeling og evaluering av resultatene underveis.
- Kunne startet med mer systematisk boring med noe dypere skjermer i første fase.
- Kombinasjonen av polyuretan i første fase og kolloidal silika til fintetting fungerte optimalt.



# Etterinjeksjon..

- Vi skal ikke forlate den norske filosofien om at vann i tunneler og bergrom best kortolles med for-injeksjon med sementbaserte materialer.
- Men, det kan være en løsning i eksisterende tunneler når andre alternativer krever store forberedelser og genererer høye kostnader.
- Etterinjeksjon kan være et supplement når 95 % av lekkasjene er tettet med for-injeksjon og de siste dråpene vil ta uforholdsmessig lang tid å injisere på stoff.