



# Bærekraft i praksis

Erfaringer fra Hestnestunnelen

Tunneldagene 2024

Marte Hyllseth, Veidekke

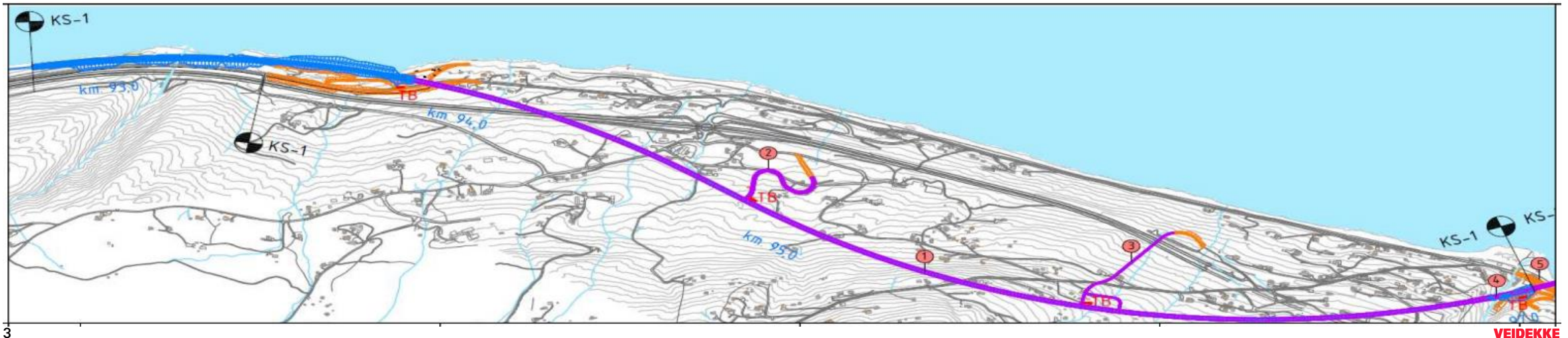
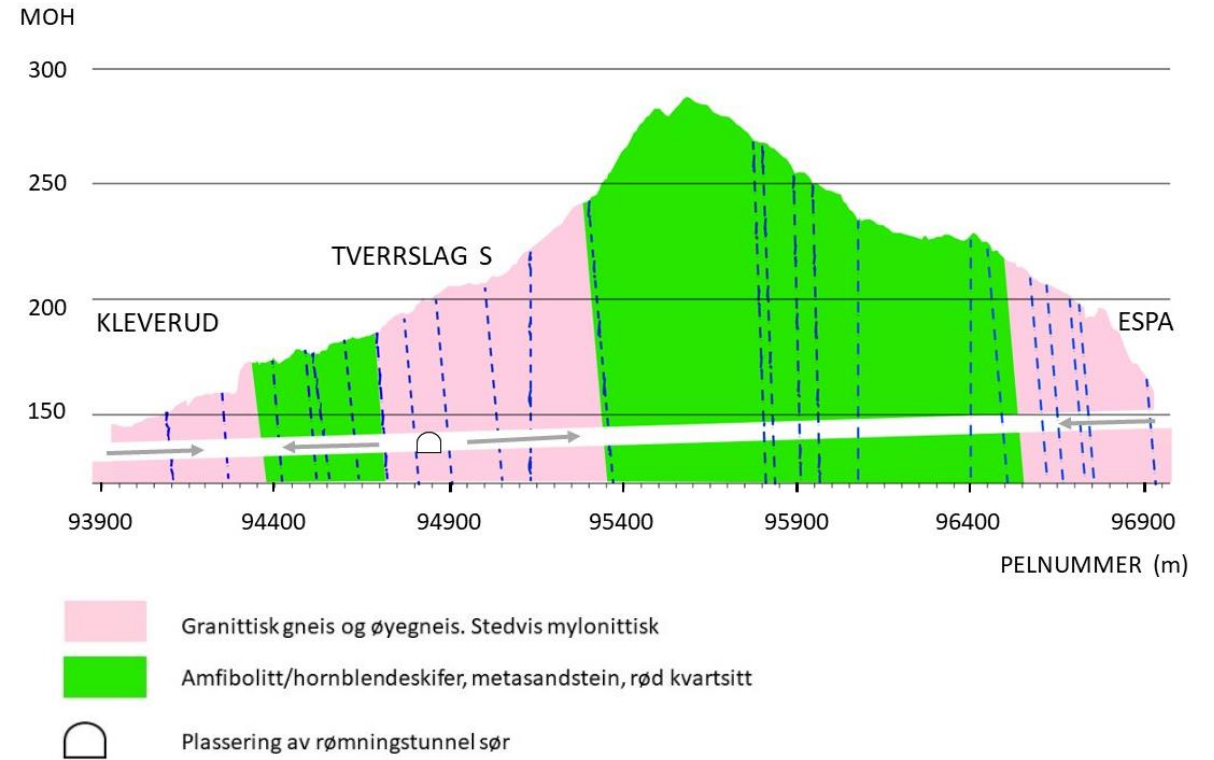


# Oppnå tørr tunnel med forinjeksjon - Unngå kontaktsøpt betonglining

- 01 Kort om prosjektet og bakgrunn
- 02 Injeksjonsstrategi og prosedyrer
- 03 Resultater
- 04 Produksjon, inndrift
- 05 Bærekraft

# KS-1 Hestnestunnelen

- Ca. 3000 m hovedtunnel (125 m<sup>2</sup>) med ny injeksjonsstrategi.
- Systematisk forinjeksjon med microsement og kolloidal silika



# Lav bergoverdekning og kryssing under E6



Dronefoto fra Hestnestunnelen



# Endring av vann og frost løsning

Optimaliseringsprosess – Bane Nor, Veidekke, SINTEF og NGI

- Opprinnelig løsning:
  - Kontaktstøpt betonghvelv
  - Behovsprøvd injeksjon (krav: 10 l/min/100m)



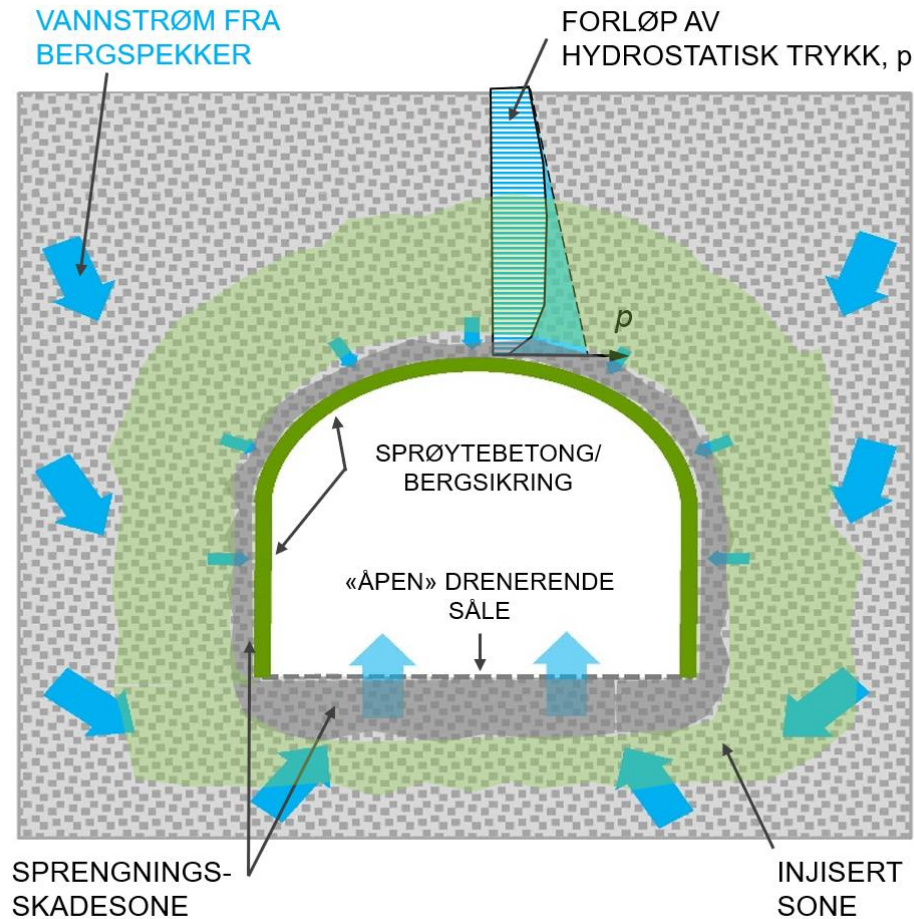
<sup>5</sup> Montert membran med forskalingsvogn til betongstøp – UDK01 Drammenstunnelen

- Realisert løsning:
  - Grundig systematisk forinjeksjon
  - Sporadisk vann og frostsikring



Hestnestunnelen, 2023

# Ny injeksjonsstrategi



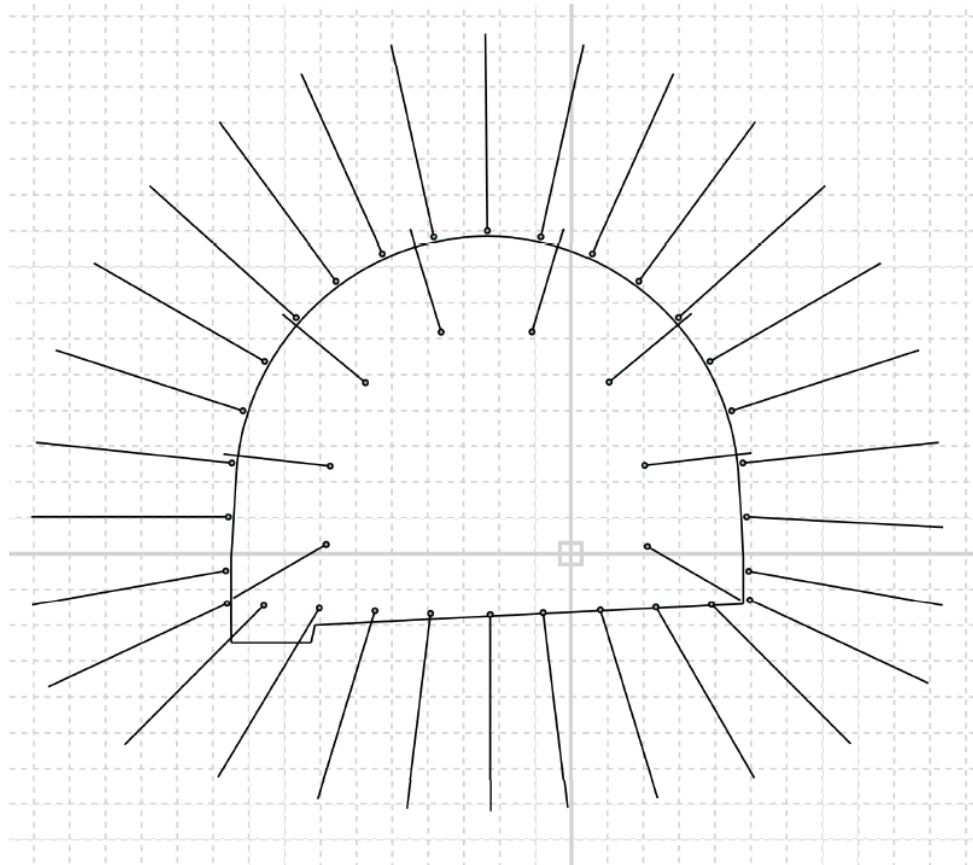
Prinsipp for vanntetting med forinjeksjon –  
NGI/SINTEF

- Mål:  
Vegg, vederlag og heng: Svært strengt tettekrav  
Såle: Tillate en noe mer åpen såle for å oppnå et lavere hydrostatisk trykk i resten av profilet
- Systematisk minimum 3 injeksjoner pr. profilnummer (stuff) .
  - Delskjem 1: Grovtetting med microsement.
  - Delskjem 2: Fintetting med kolloidal silika.
  - Delskjem 3: Ekstra hull /skjerm for å dekke kritisk snitt mellom skjermmer (boltesone).

# Injeksjonsstrategi

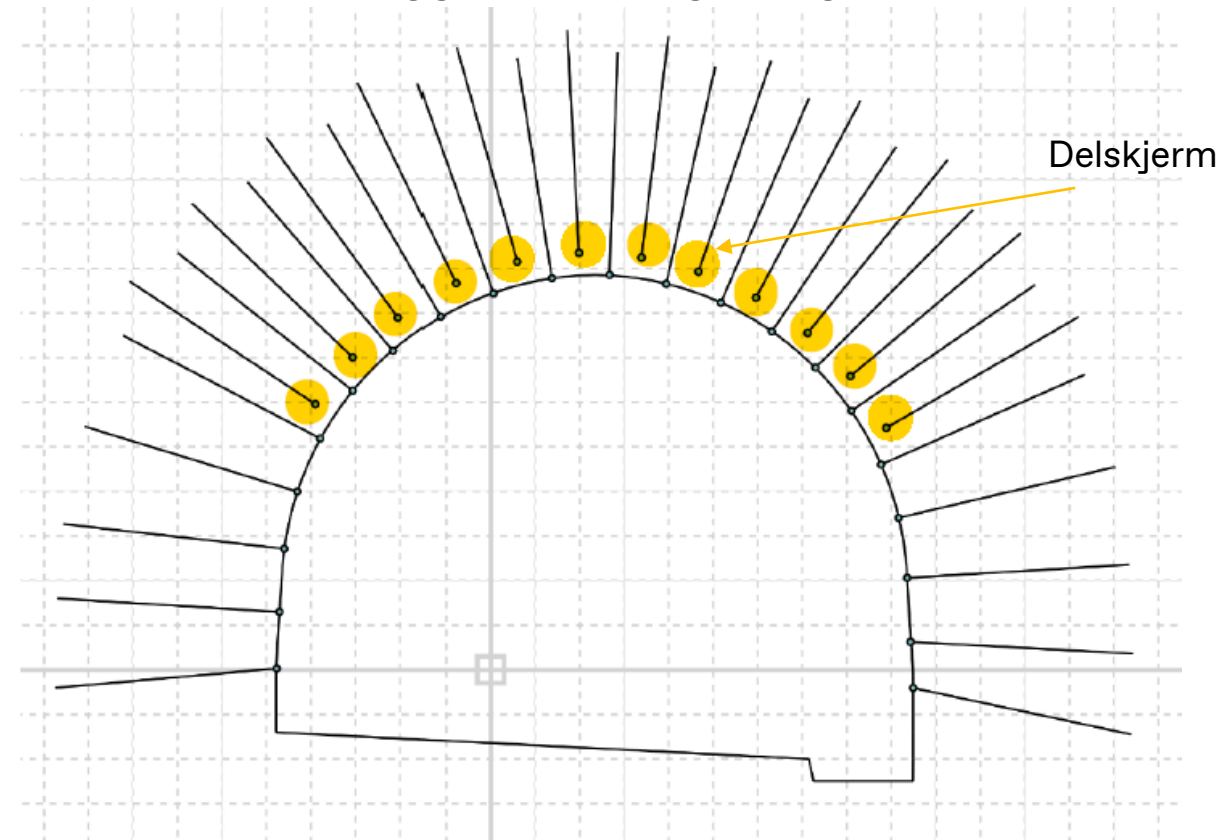
## Delskjerm 1

- Grovtetting med microsement → Vanntapsmåling OK →
- Hele profilet + stuff

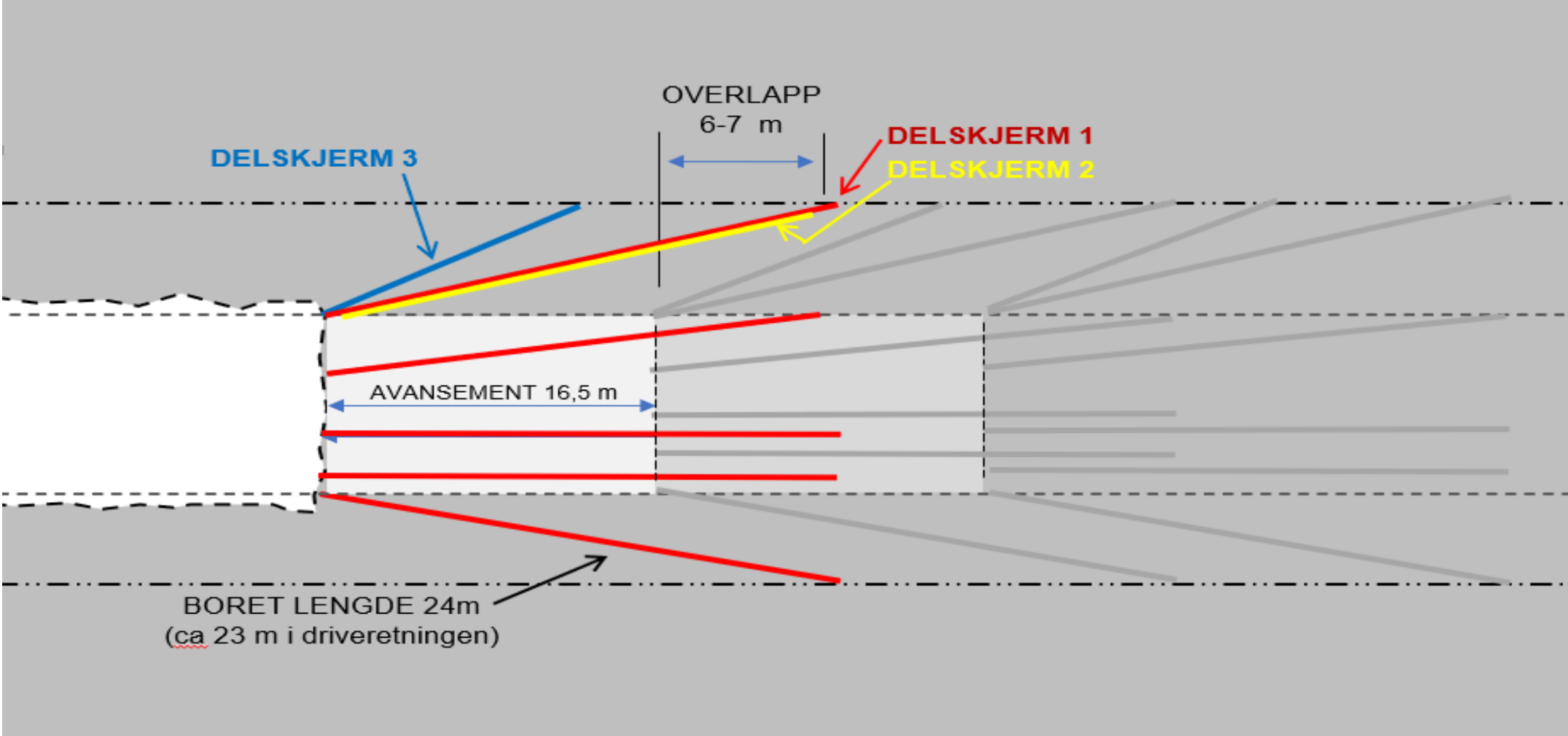


## Delskjerm 2 og 3

- Fintetting med kolloidal silika
- Kun vegger, vederlag, heng



# Lengdeprofil



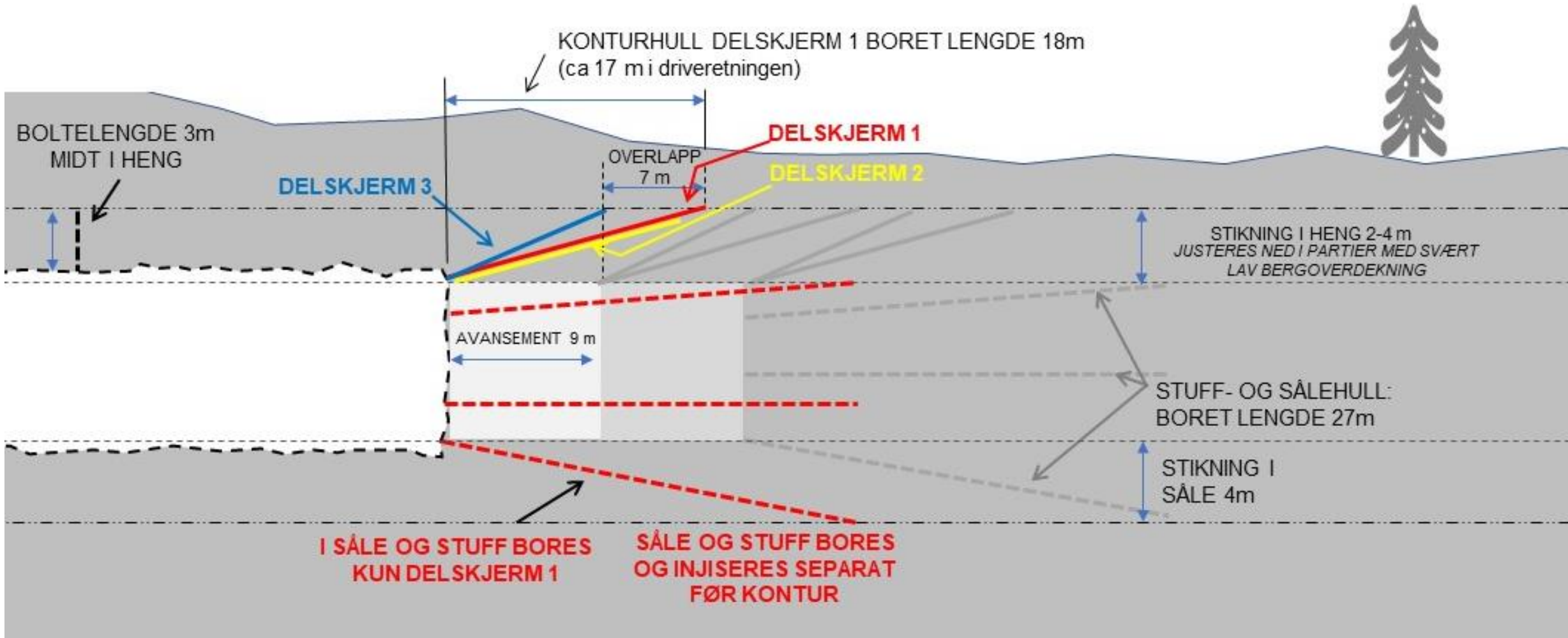


# Injeksjonsmidler

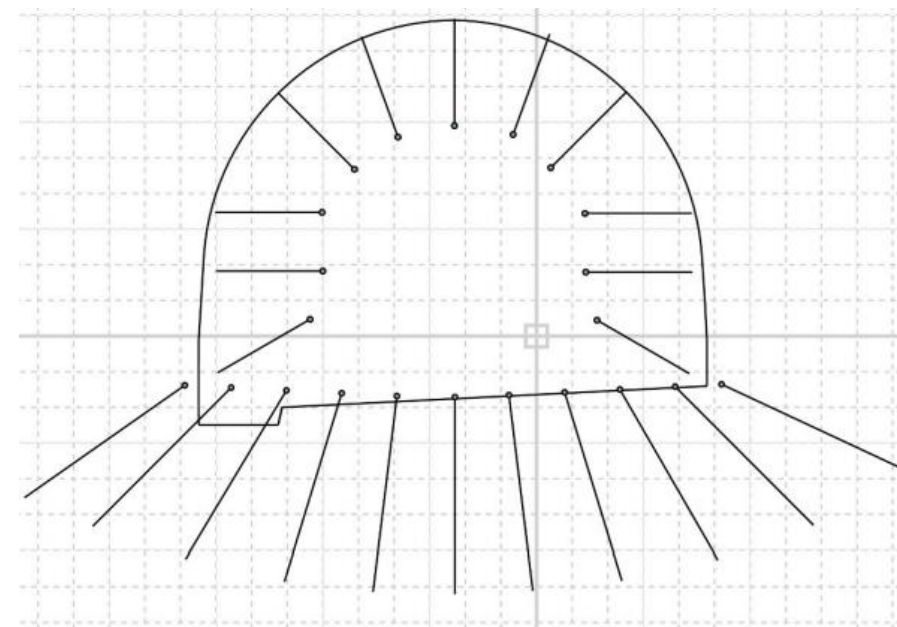
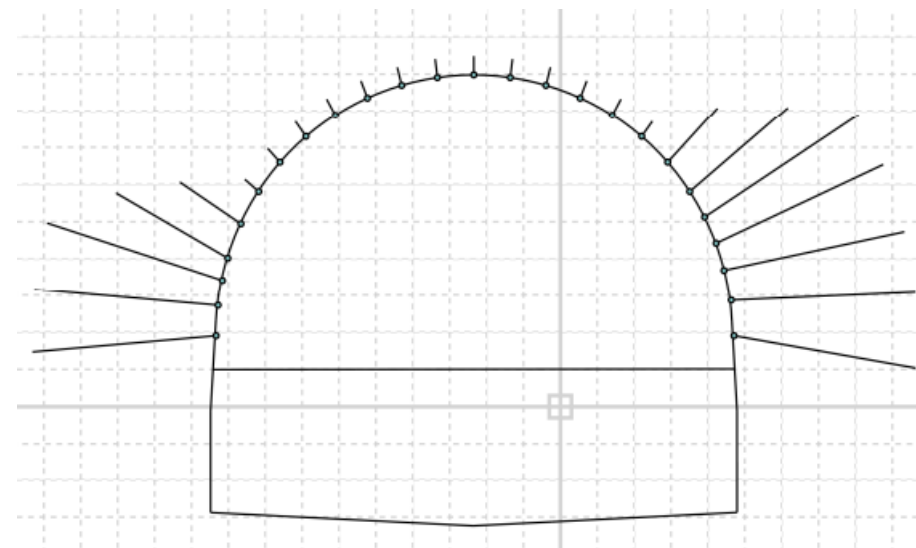
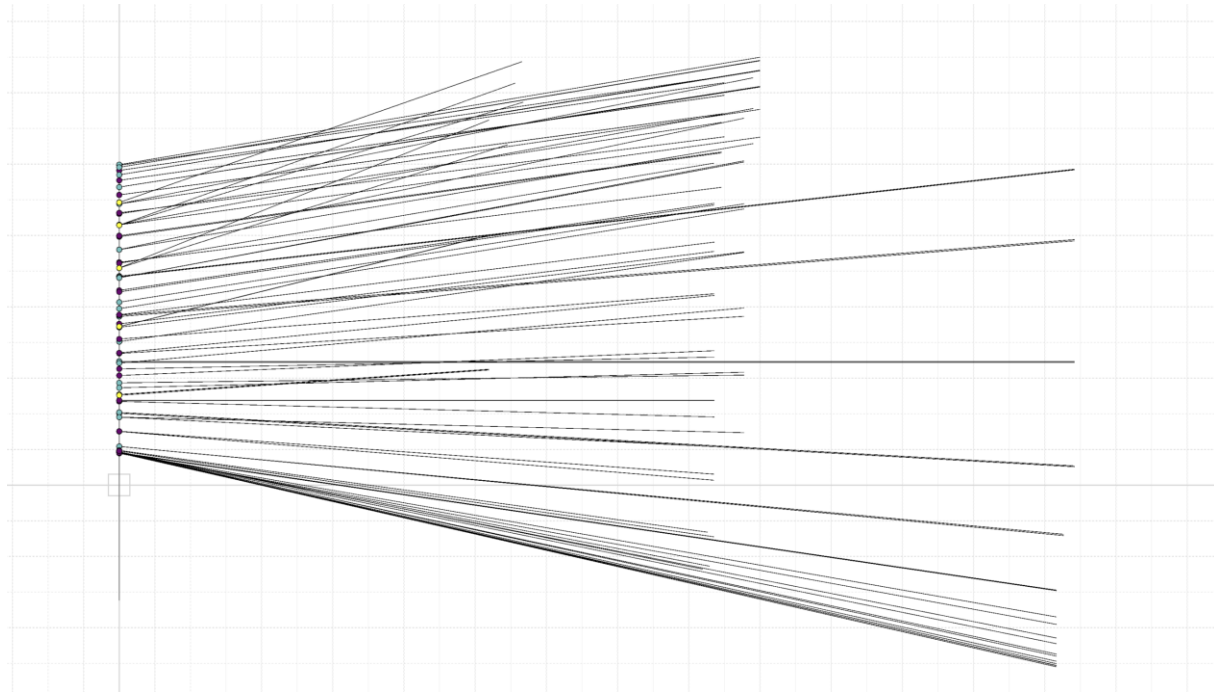
	Norcem microsement	Kolloidal silika
Delskjerm nr	1	2 og 3
Anvendelse	Grovtetting	Fintetting
Resept	v/c 0,9 – 0,6 Tilsetninger: SP og mapefast SA	15 – 18 % akselerator
Avbinding/geltid	3-4 timer	40 – 50 min



# Lav overdekning – spesielle tilpasninger



# Skjermgeometri



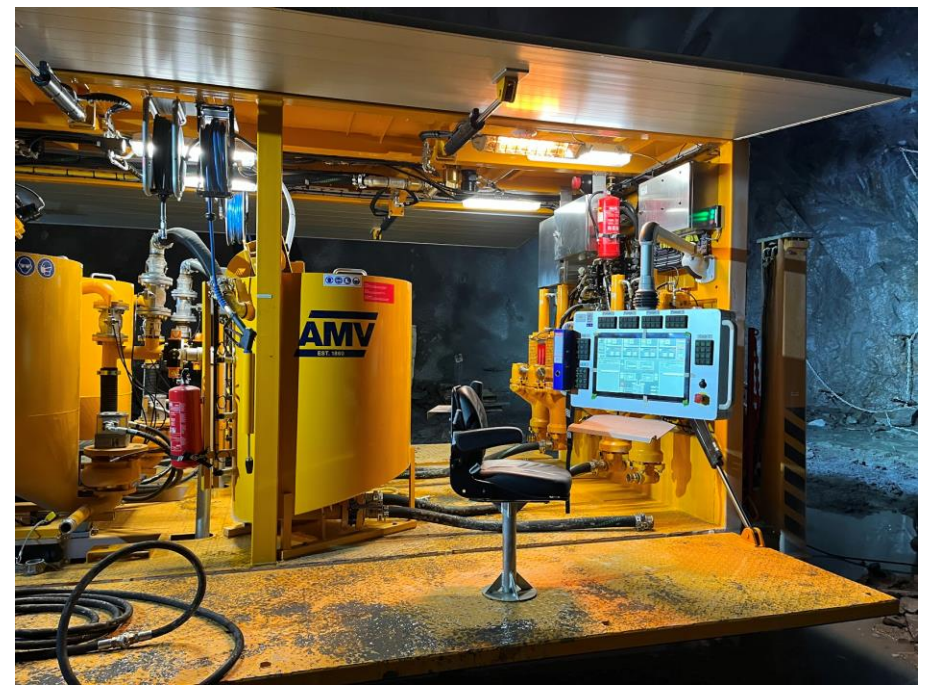
# Injeksjonstrykk

Veiledende, tilpasses hydraulisk jekking og inngang.

Bergoverdekning (m)	Stopptrykk microsement (bar)		Stopptrykk kolloidal silika (bar)	
	Øvre del av stuff	Nedre del av stuff	Øvre del av stuff	Nedre del av stuff
<15	20	25	15	15
15-30	35	40	20	20
30-80	60	60	50	50
>80	70	70	60	60

# Gjennomføring

- Utstyr
  - Vedlikehold
- Bemanning
  - Operatører
  - Egne reparatører ansvar for injeksjonsriggene
  - Injeksjonsansvarlige
  - Ingeniørgeologer
- Samarbeid



NextGen AMV injeksjonsrigg



Vanntapsmåling



# Resultater



Parti med lav bergoverdekning – gode resultater tidlig i prosessen

14



Tørt profil, noe fuktflekker

VEIDEKKE

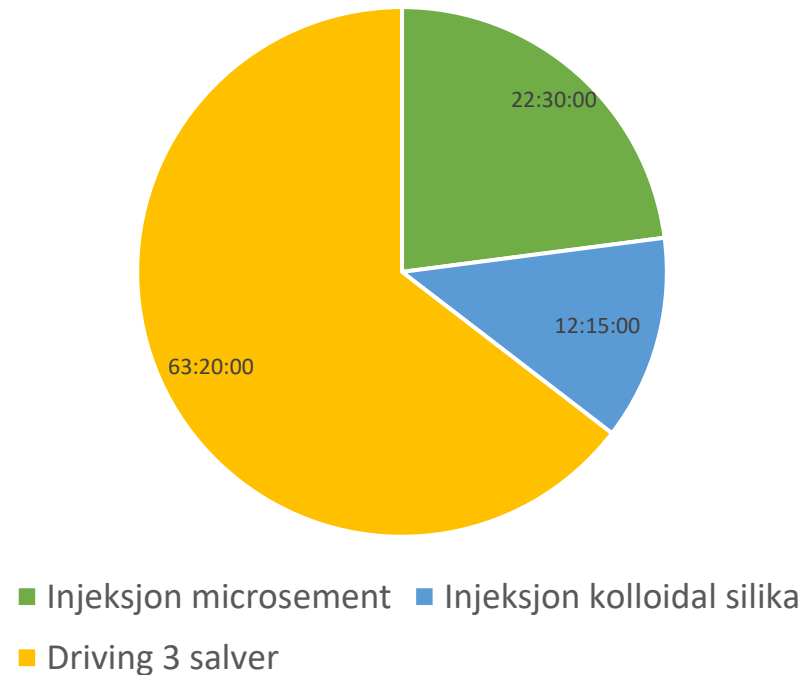
# Etterinjeksjon med polyuretan



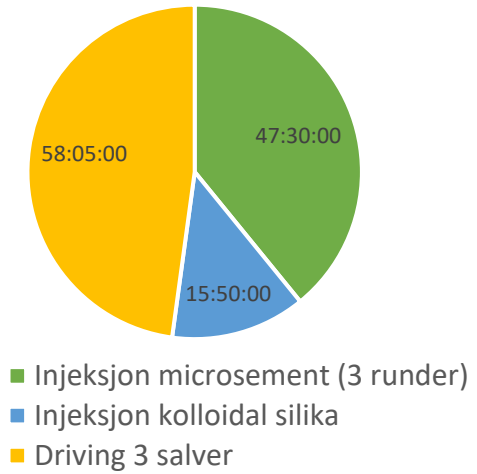
# Syklustider

## Eksempler ved ulike forhold

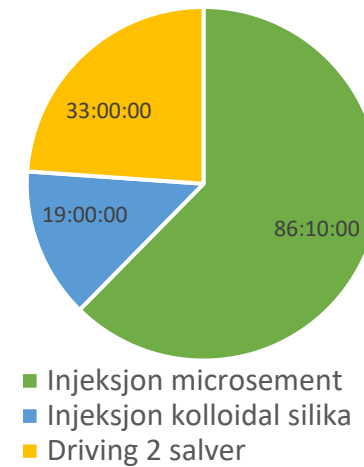
Total tid for en normal syklus: 98 timer



Total tid for syklus: 121 t 30 min

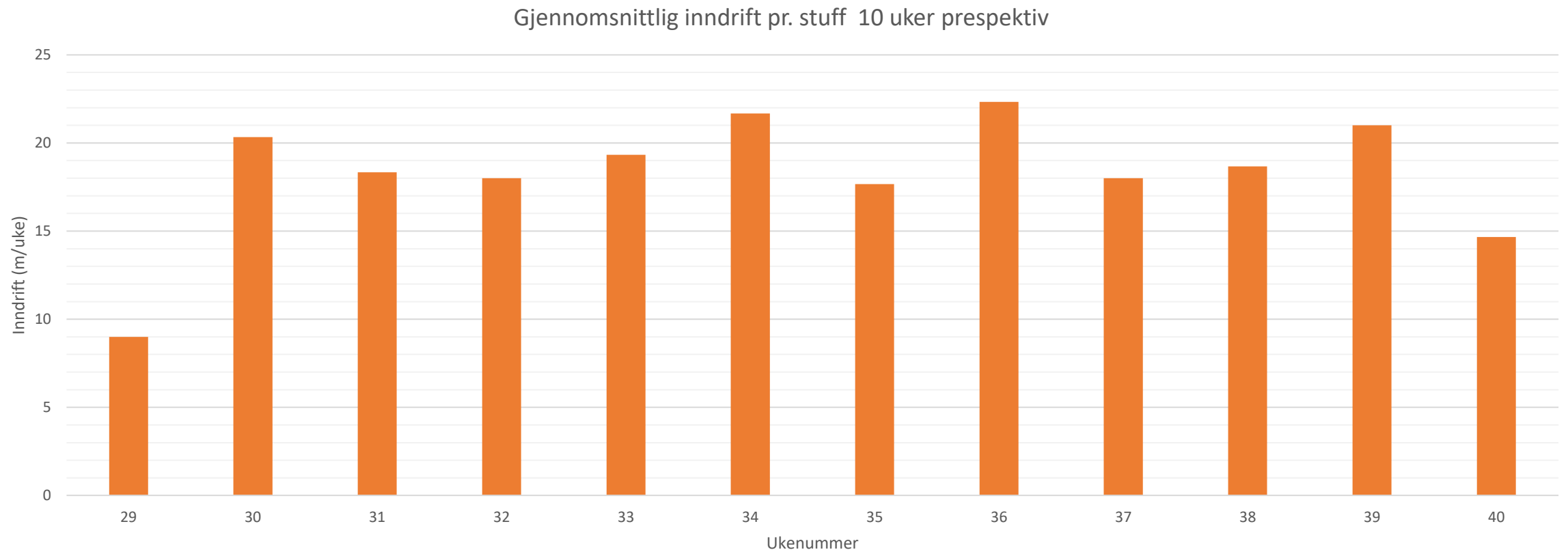


Total tid for syklus: 138 t 10 min



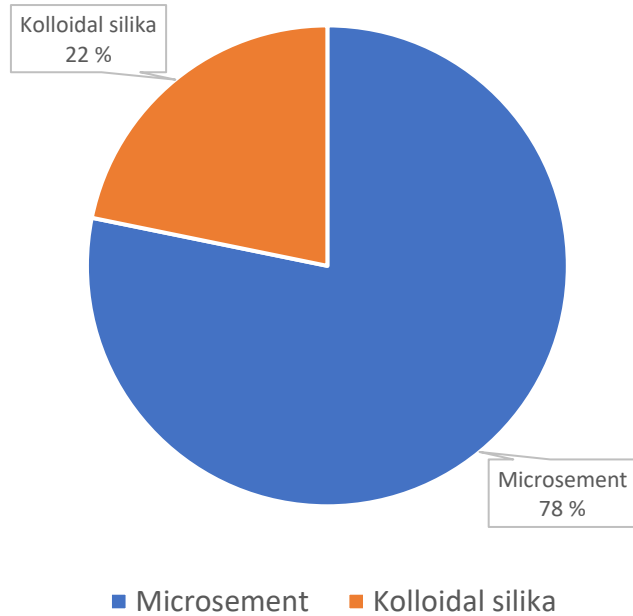


# Oppnådde inndrifter, pr. stuff

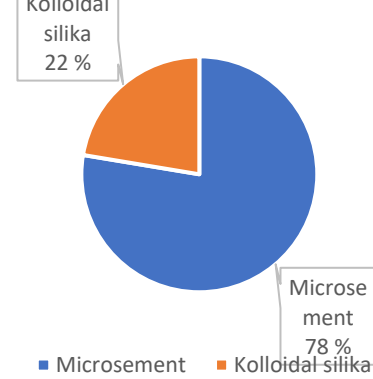


# Mengdefordeling injeksjonsmidler

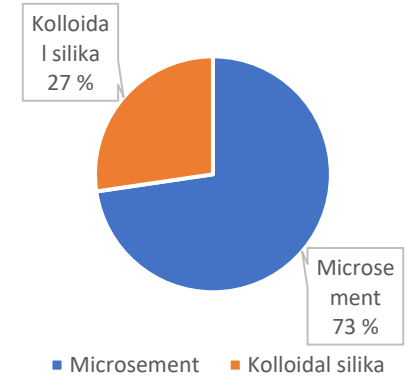
Total mengdefordeling mikrosement og kolloidal silika



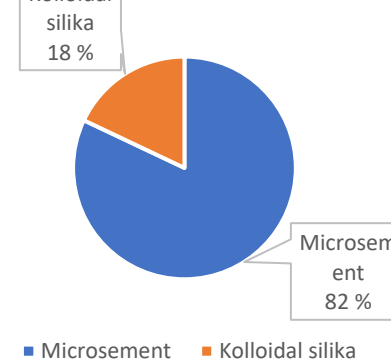
Tverrslag mot Kleverud



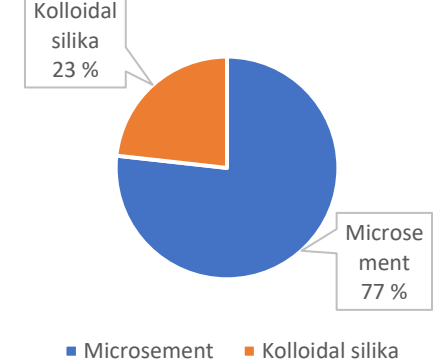
Tverrslag mot Espa



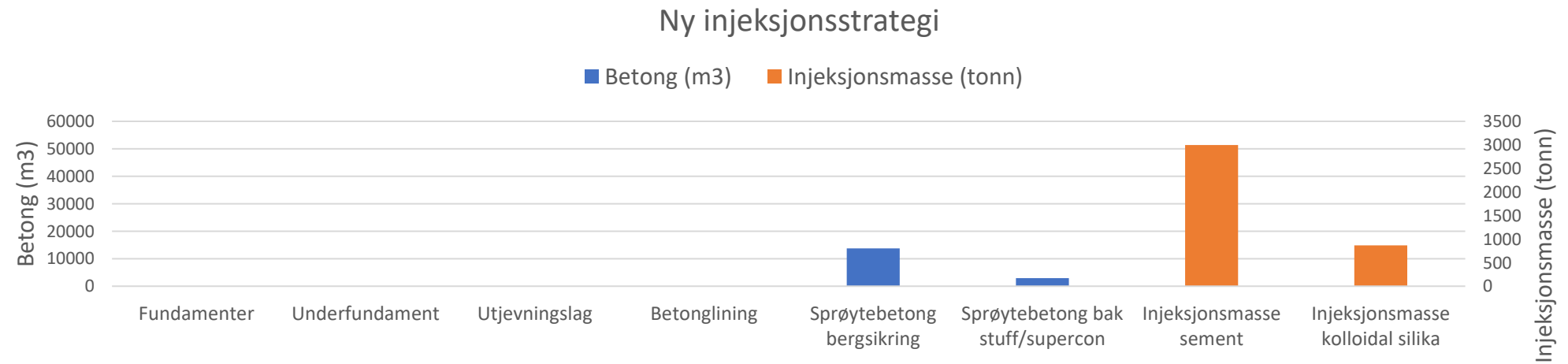
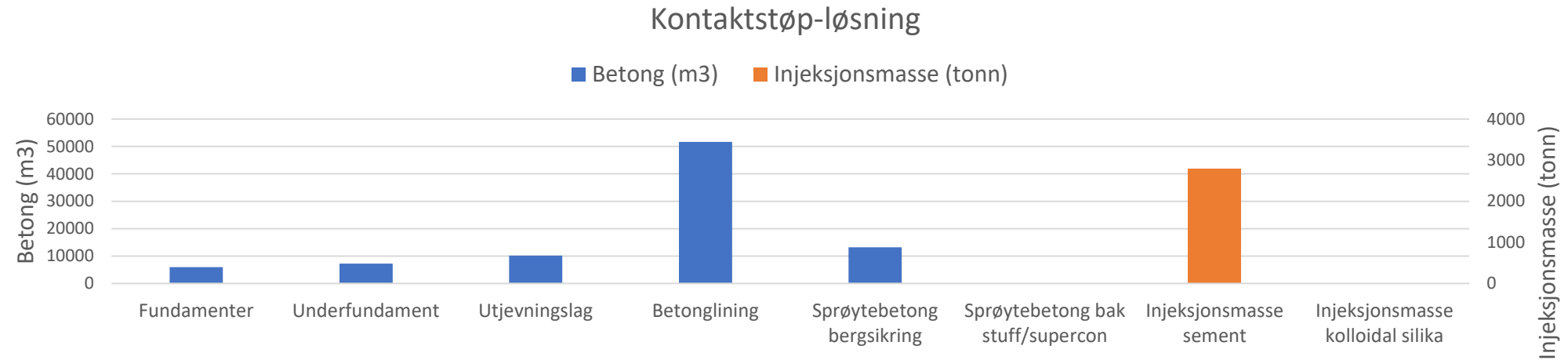
Espe



Kleverud



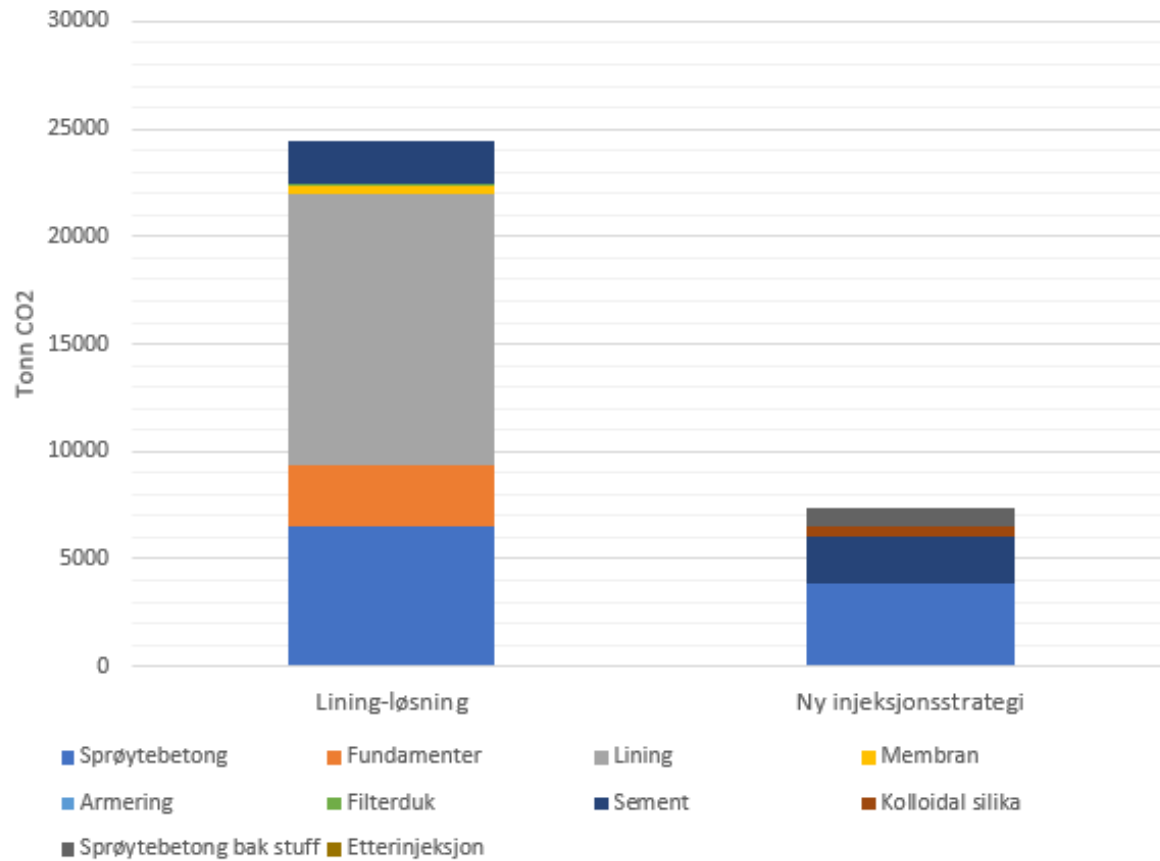
# Sammenlikning av opprinnelig løsning med kontaktstøp og ny injeksjonsstrategi



# Bærekraft og CO2-utslipp

## Prognoser

Anslått CO2-utslipp



Redusert Co2 14 527 tonn= 59%

Redusert Co2 totalt for prosjektet 30%

