



Saltdiffusjon som grunnforsterking i kvikkleire

Tonje Eide Helle
Ingelin Gjengedal
Arnfinn Emdal

Teknologidagane 2012

Innhold

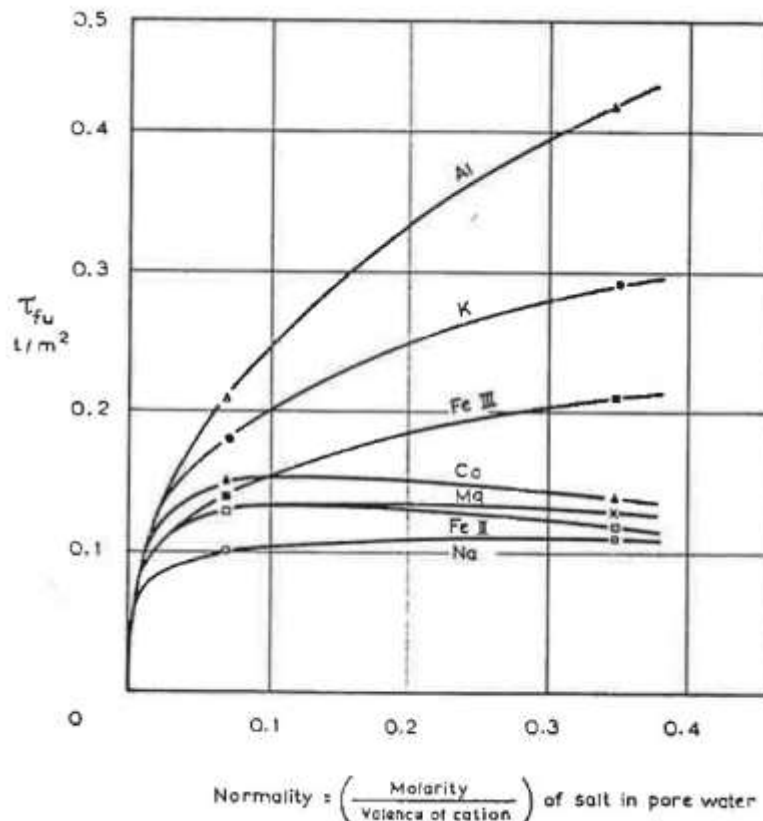
- Porevasskjemi
- Tidlegare utført feltforsøk
- Laboratorieforsøk ved NTNU våren 2012



Kvifor?

- Er det mogleg å unngå så store terrenginngrep?
- Fins det ein metode som ikkje medfører poretrykksauke?
- Saltinnhald $< 1 \text{ g/l} \Rightarrow$ leira blir flytande ved omrøring
- Lovande resultat på 70-talet
- Dersom vi finn ein installasjonsmetode utan poretrykksoppbygging \Rightarrow SVÆRT lovande

Geokjemi norske marine leirer



Effekten ulike salt som klorid har på den omrørte udrenerte skjærstyrken i klorittisk-illitisk kvikkleire. Frå Moum et al. 1968.

Utprøving av metoden Eggestad og Sem (1976)

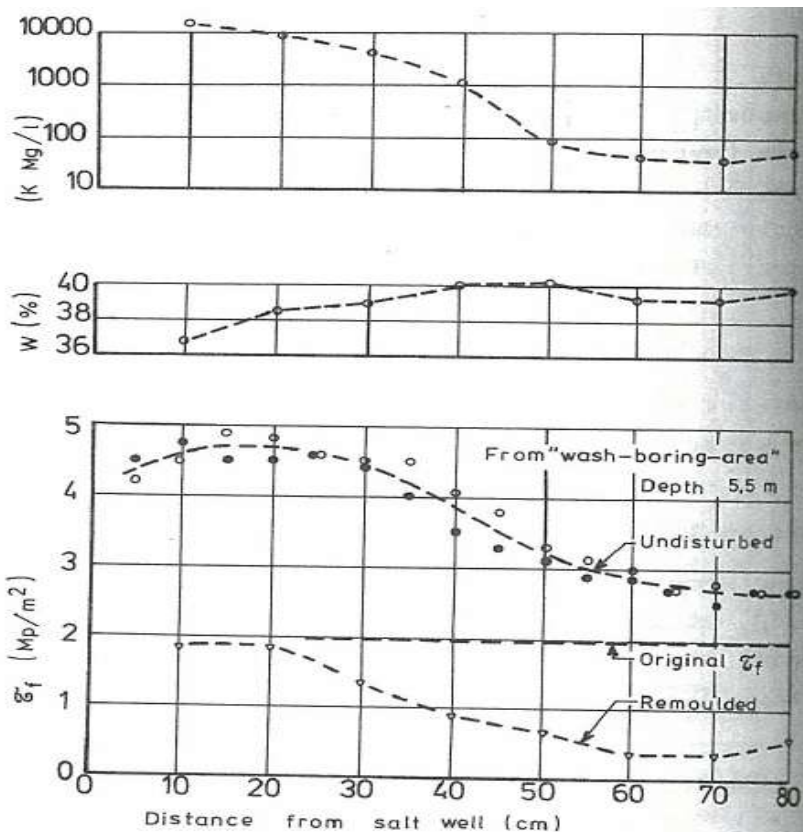


Fig.5 Test results within the "wash-boring-area" 21 months after installation of wells.

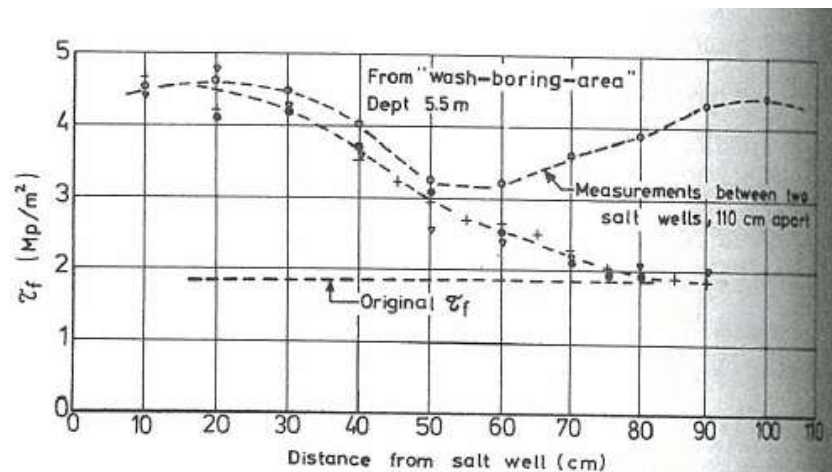


Fig.6 Test results within the "wash-boring-area" 24 months after installation.

Konklusjonar frå studia på 60-/70-talet

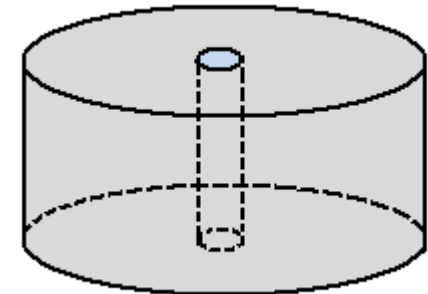
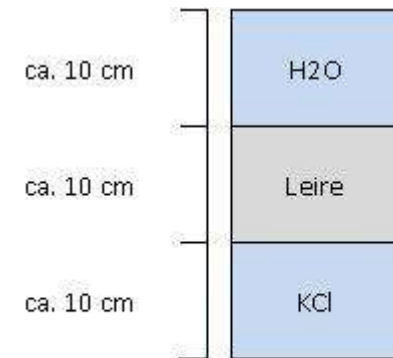
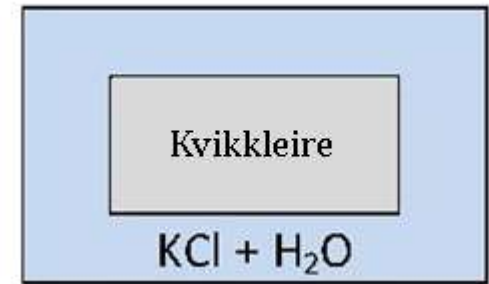
- Effekt på geotekniske eigenskapar:
 - Auka s_u og s_{ur}
 - Om lag uendra w
 - Auka w_L og liten auke av w_p
 - Auka forkonsolideringsspenning

- KCl mest effektivt

Masteroppgåve ved NTNU

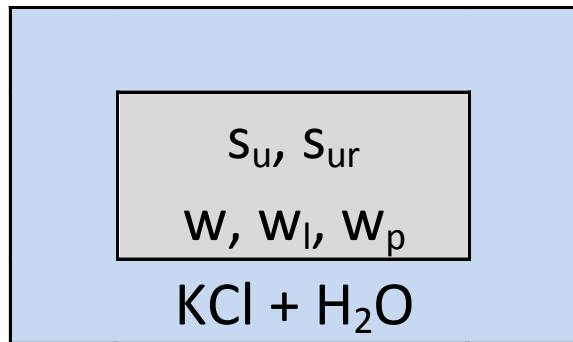
Student: Ingelin Gjengedal

- Beger
- Enkle diffusjonsceller
- «Mini-saltbrønn»

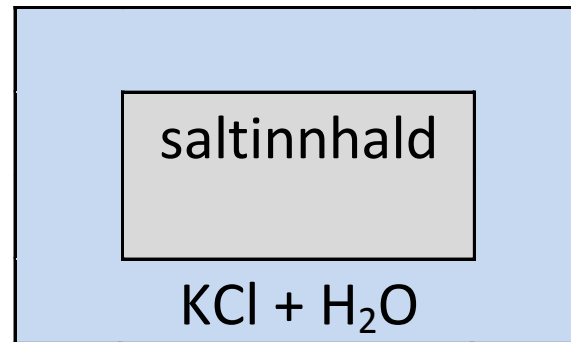


Masteroppgåve ved NTNU

Student: Ingelin Gjengedal



a)



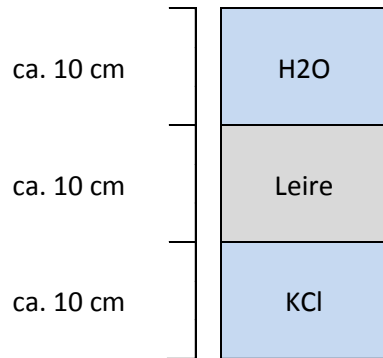
b)

Leirprøver blei lagt i saltlake for testing av

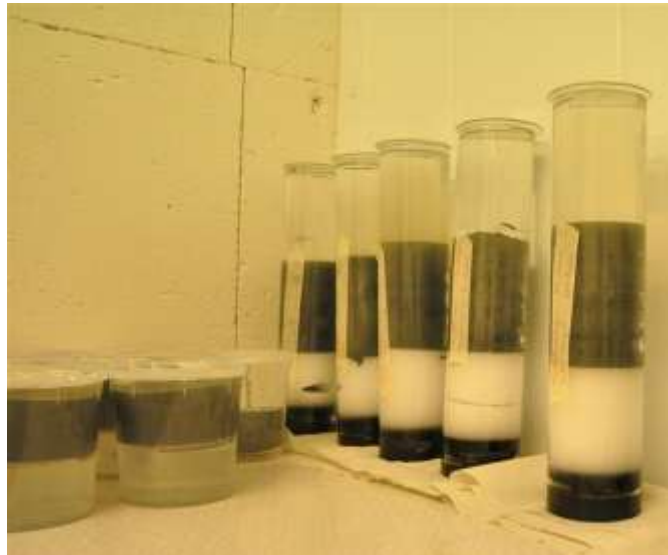
a) konus uomrørt og omrørt skjærstyrke,
vassinnhald, flyte- og plastisitetsgrense

b) saltinnhald

Enkle diffusjonsceller



- 2, 5, 10, 15, 30 døgn
- S_u , S_{ur} , W , W_L , W_P , porevassskjemi



Saltbrønn i blokkprøve



a) Saltbrønn blir skjært ut i blokkprøven



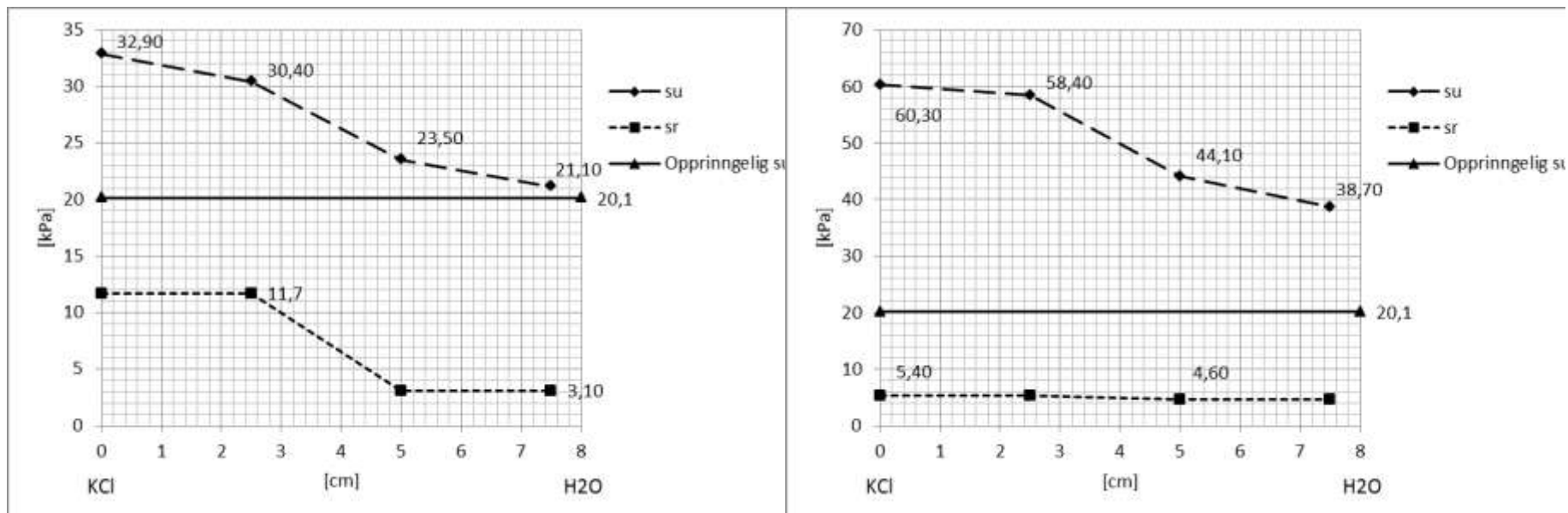
b) Saltbrønn fylt med tjukk saltslurry



c) Forsegling og voksing av prøven

- Lagra i 60 døgn
- Forsøk:
 - Rutine
 - Plastisitetsgrenser
 - Treaks
 - Ødometer
 - Analyse av porevasskjemi

Diffusjonscelle s_u og s_{ur}

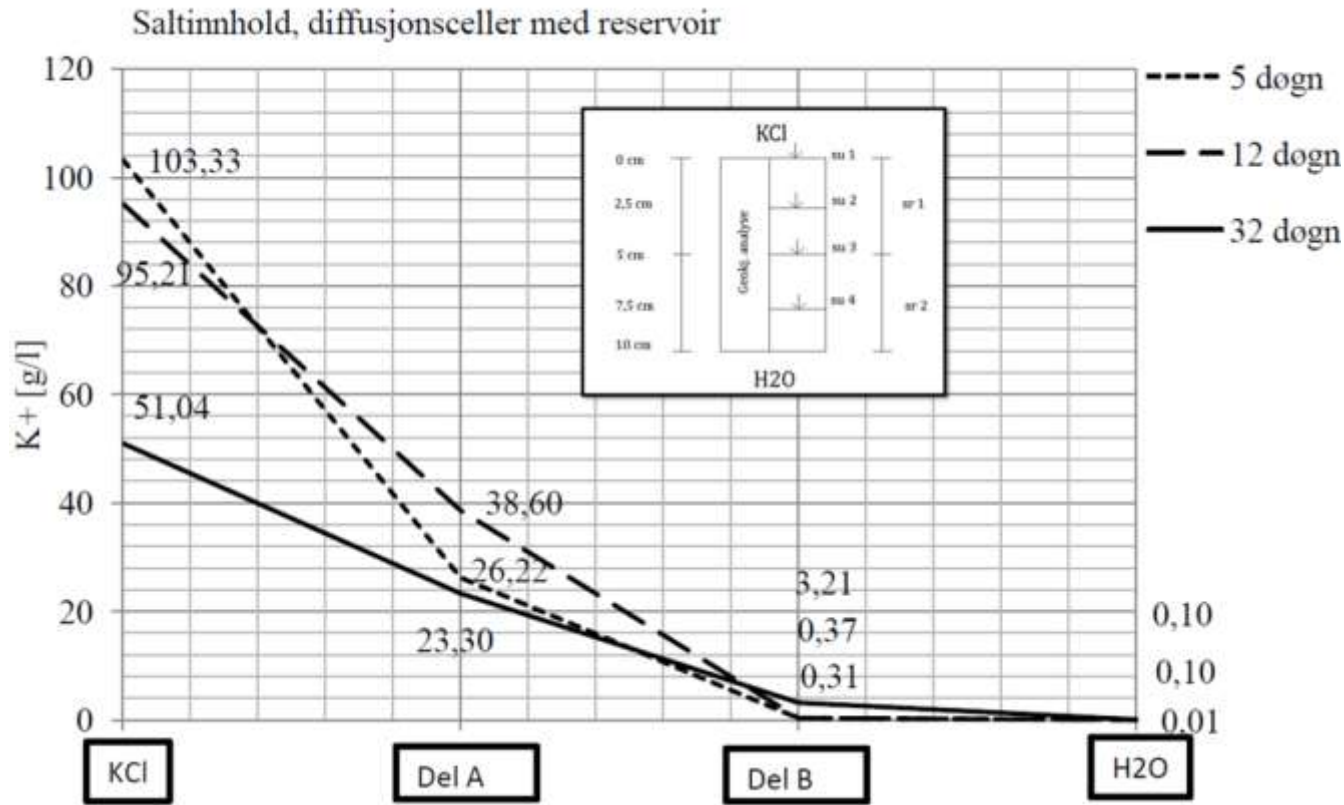


a)

b)

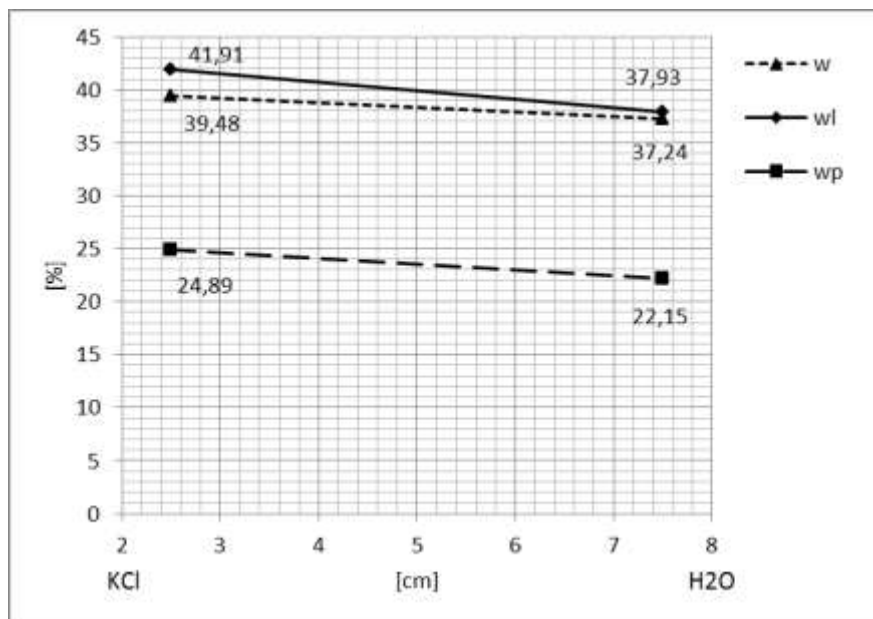
Figur 1 Uomrørd og omrørd skjærstyrke etter a) 5 døgner og b) 32 døgner i diffusjonscelle. Konsentrasjon 125 g K+/l. 0 cm er nærmast KCl-reservoaret og 10 cm er nærmast vassreservoaret. Frå Gjengedal 2012.

Diffusjonscelle saltinnhald

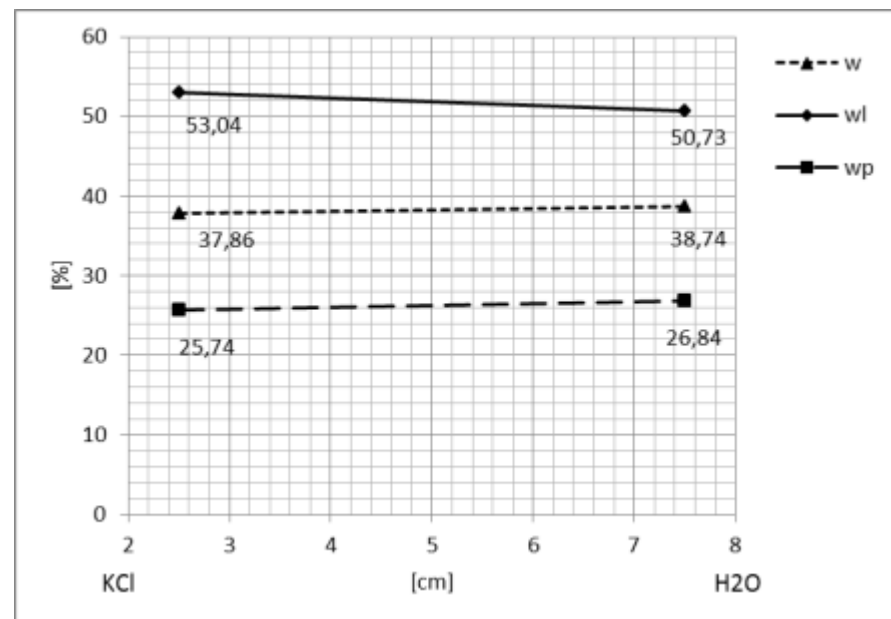


Figur 1 Utvikling av total saltinnhald i KCl-reservoar, leire og vassreservoar. 125 g K⁺/l. Frå Gjengedal 2012.

Diffusjonscelle w , w_L , w_p



a)

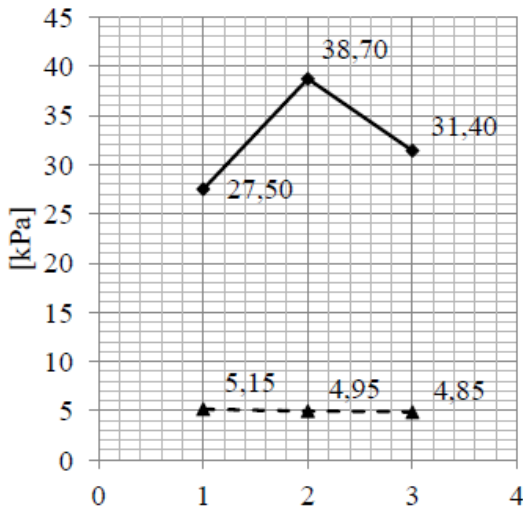


b)

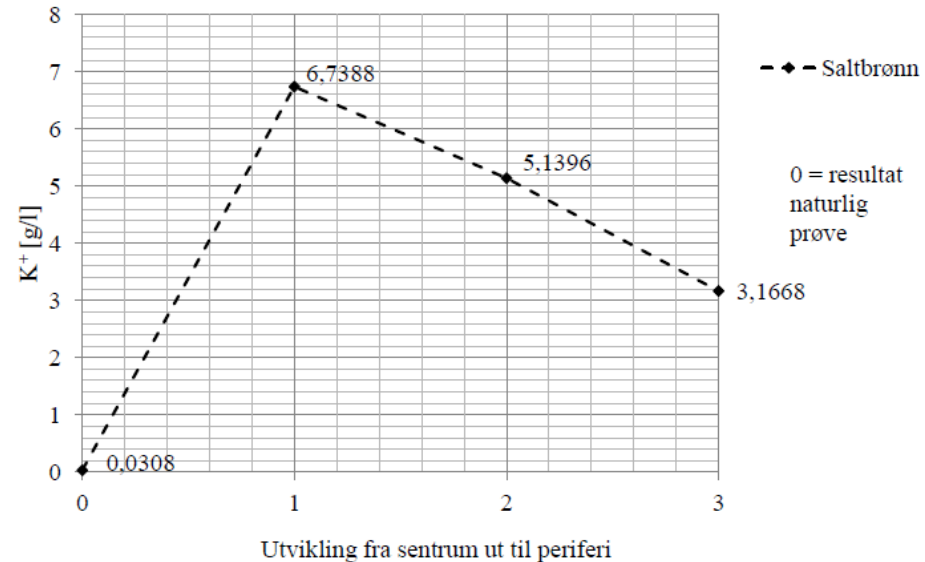
Figur 1 Vassinnhald og utrullings- og flytegrense etter a) 5 døgn og b) 32 døgn i diffusjonscelle. Konsentrasjon 125 g K+/l. 0 cm er nærmast KCl-reservoaret og 10 cm er nærmast vassreservoaret. Frå Gjengedal 2012.

Opprinneleg: $w_p = 20,7 \%$, $w_L = \text{ca. } 30 \%$

«Mini-saltbrønn»



—●— Vertikal uomrørt skjærstyrke, s_u
 -▲- Omrørt skjærstyrke, s_r



Totalt saltinnhold opprinneleg 2 g/l

Opprinneleg

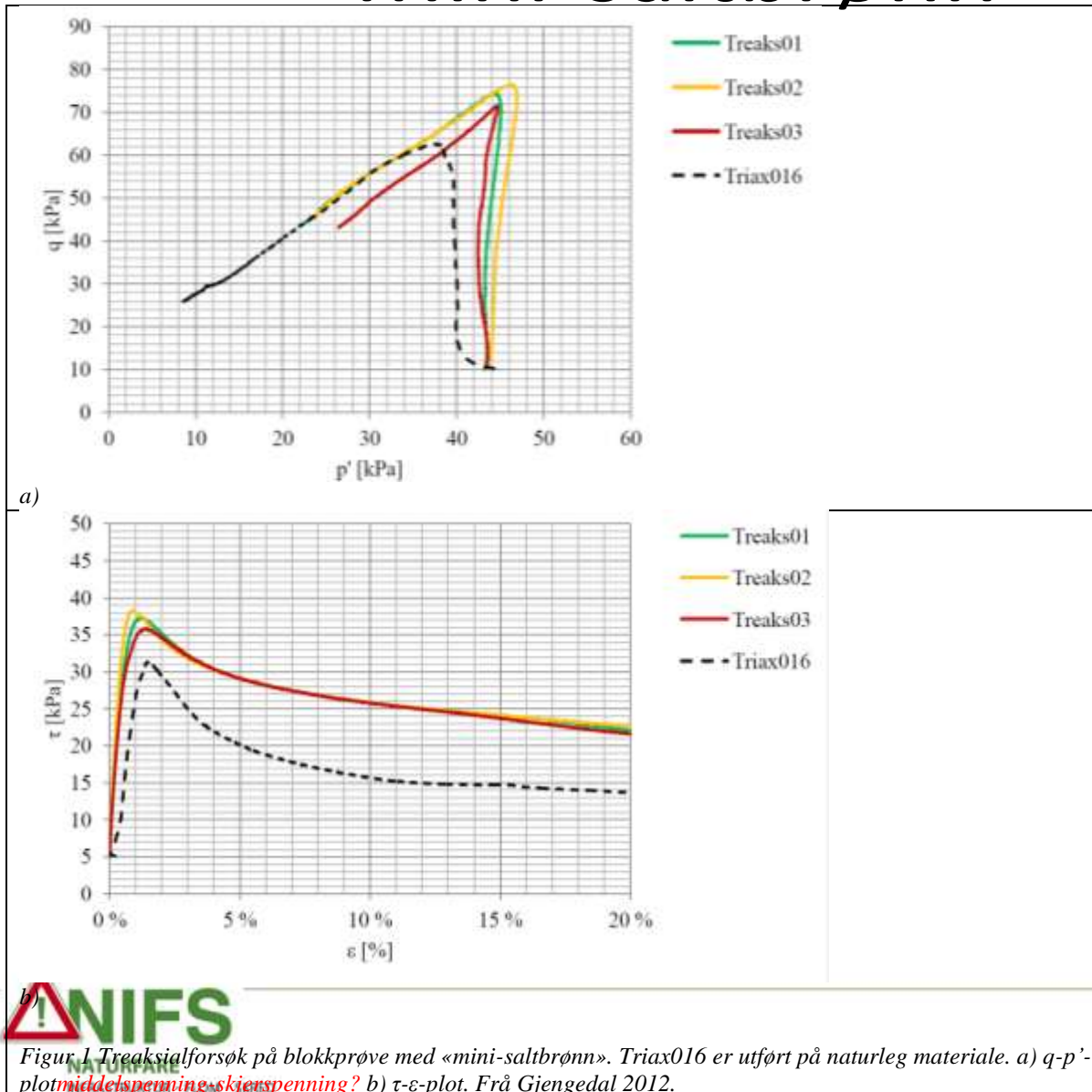
$s_u = 13,7-15,7$ kPa

$s_{ur} = 0,9-1,2$ kPa

$w_p = 19,4$ %

$w_L = 29,7$ %

«Mini-saltbrønn» treaks



Mindre utpressa porevatn og mindre volumendring enn for naturlig prøve

«Mini-saltbrønn» treaks og ødometer

	Naturlig prøve	Treaks01	Treaks02	Treaks03
Vanninnhold, w [%]	37,51	37,46	37,82	37,82
Utpresset vann, ΔV [cm ³]	4,63	2,93	1,93	2,55
Endring i volum, ε_v [%]	2,00	1,28	0,85	1,11
Friksjonsvinkel ϕ [°]	31,60	32,08	32,74	39,42
Attraksjon, a [kPa]	14	13	12	0
Skjærstyrke, s_u [kPa]	32,32	37,39	38,28	35,84
Dilatans, D [-]	-0,01	0,11	0,09	-0,11

Tabell 12: Resultater treaksialforsøk

	Naturlig prøve	CRS01	CRS02
Vanninnhold, w [%]	37,27	37,0	37,8
Prekonsolideringsspenning, σ'_c [kPa]	100	110	110
Ødometermodul, M_{oc} [MPa]	3,10	4,68	5,39
Modultall, m, rundt σ'_c [-]	5,2	8,03	7,16
Modultall, m_{nc}	20,0 ($\sigma'_r=50\text{kPa}$)	18,61 ($\sigma'_r=60\text{kPa}$)	19,03 ($\sigma'_r=65\text{kPa}$)
c_v [m ² /år]	13,9	14,7	15,2

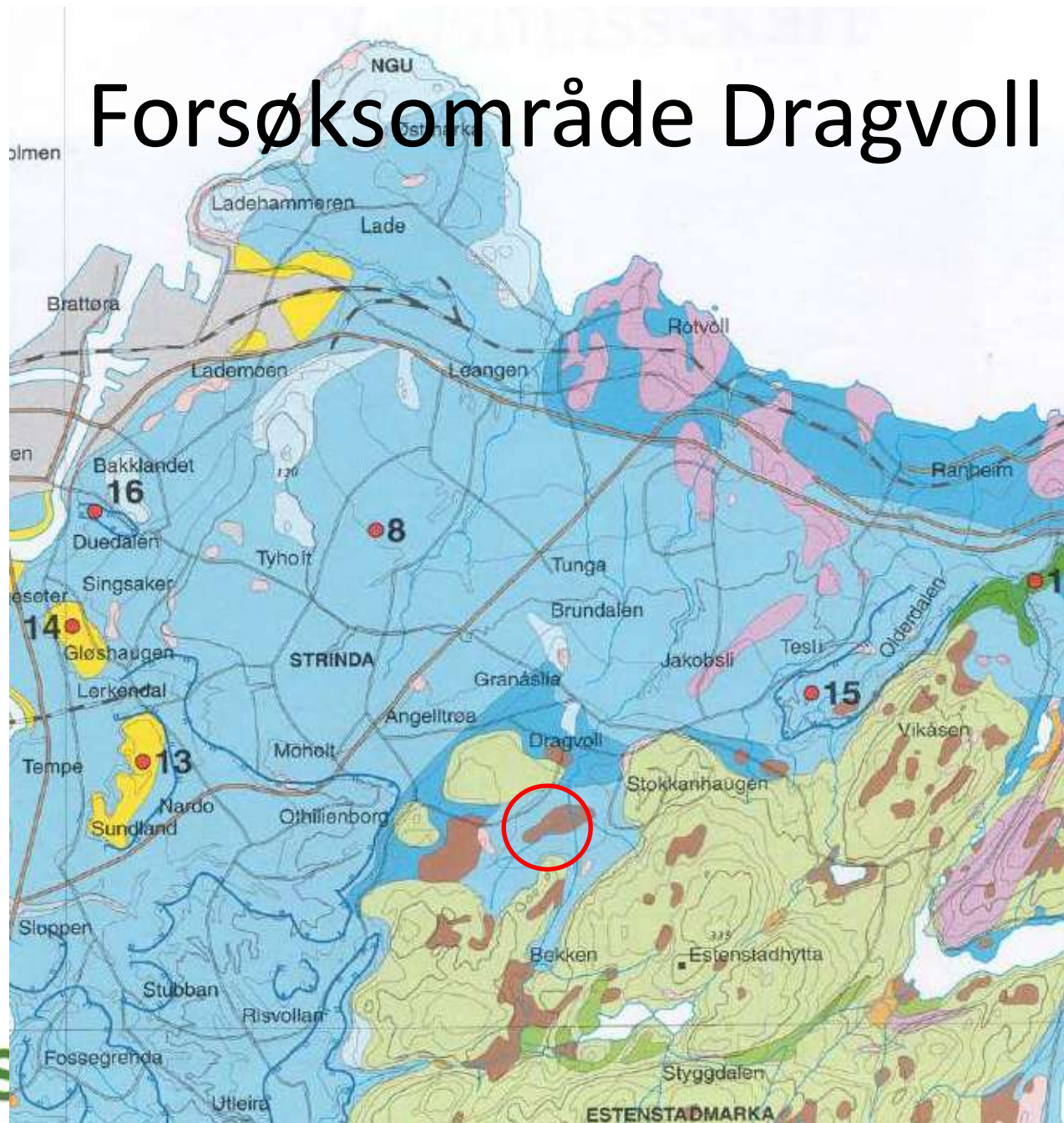
Tabell 13: Resultater ødometerforsøk

Henta frå Gjengedal (2012)

Konklusjon

- Kvikkleira har endra mekaniske eigenskapar:
 - Lågplastisk til meget plastisk
 - Auka uomrørt og omrørt su
 - Høg sensitivitet til låg sensitivitet
 - Auka flyte- og utrullingsgrense
 - Auka forkonsolideringsspenning og ødometermodul

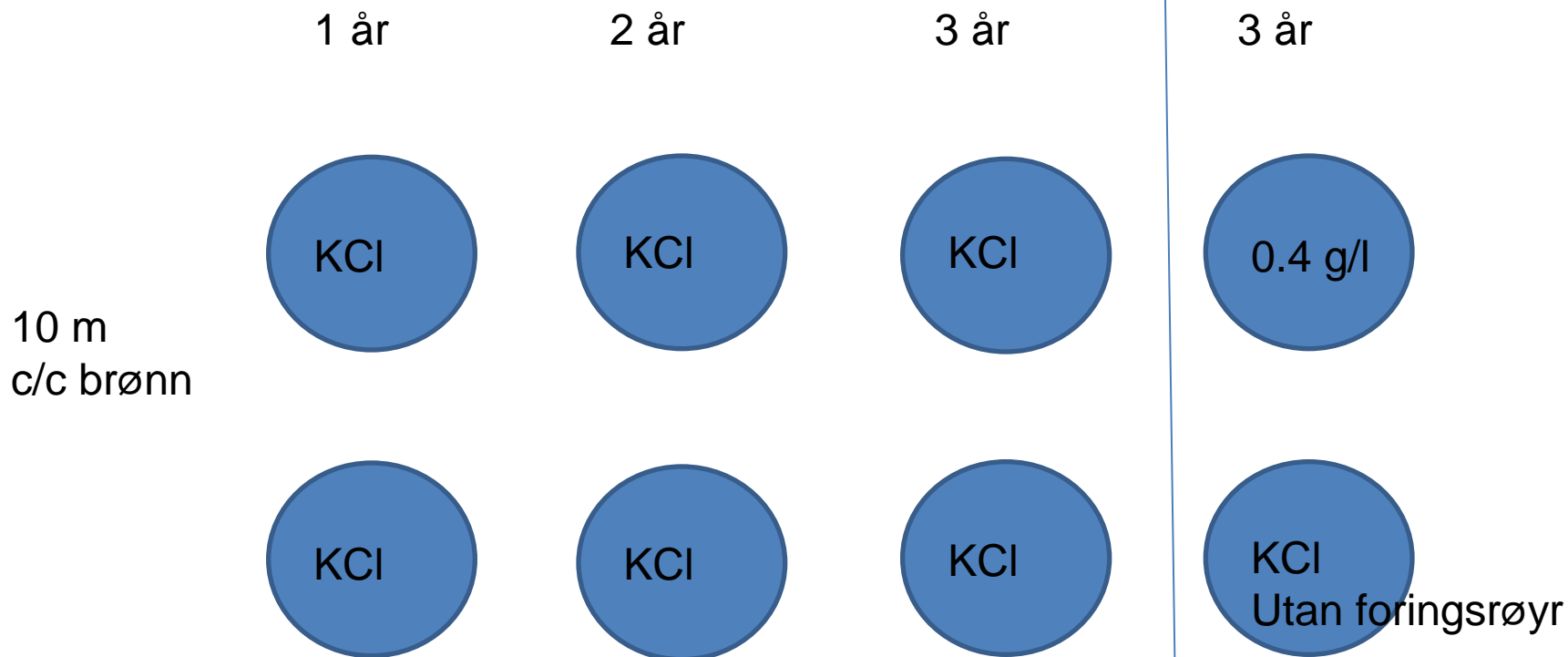
Forsøksområde Dragvoll



Planar for oktober

- ERT utført av NGI
- Andre geofysiske metodar utførast av PhD-stipendiat Guillaume Sauvin (UiO)
- Installasjon av 8 enkeltstående brønnar
- Installere overvåkingssystem

Saltbrønner



Kor stor diameter må vi ha på brønnen?

Kor lang tid tek det før prosessen stoppar opp?
Kor langt ut spreng saltet seg in i massen kontra teoretisk?
Korleis overvåke spreinga?
Korleis installere brønnane utan å forstyrre leira?
Kor langt kan brønnane stå frå kvarandre?

SPØRSMÅL?

Kor lang tid tek det å auke styrkeparameterane tilstrekkeleg?
Er dette kostnadseffektivt?
Kor mykje salt treng vi per brønn?
Kva er tilstrekkeleg?

Takk til



Norsk Geoteknisk Forening
Norwegian Geotechnical Society

Norwegian Geotechnical Society

og

NATURFARE – infrastruktur, flom og skred (NIFS)