

Norconsult 

# Vertikaldren

NGF Temadag grunnforsterkning

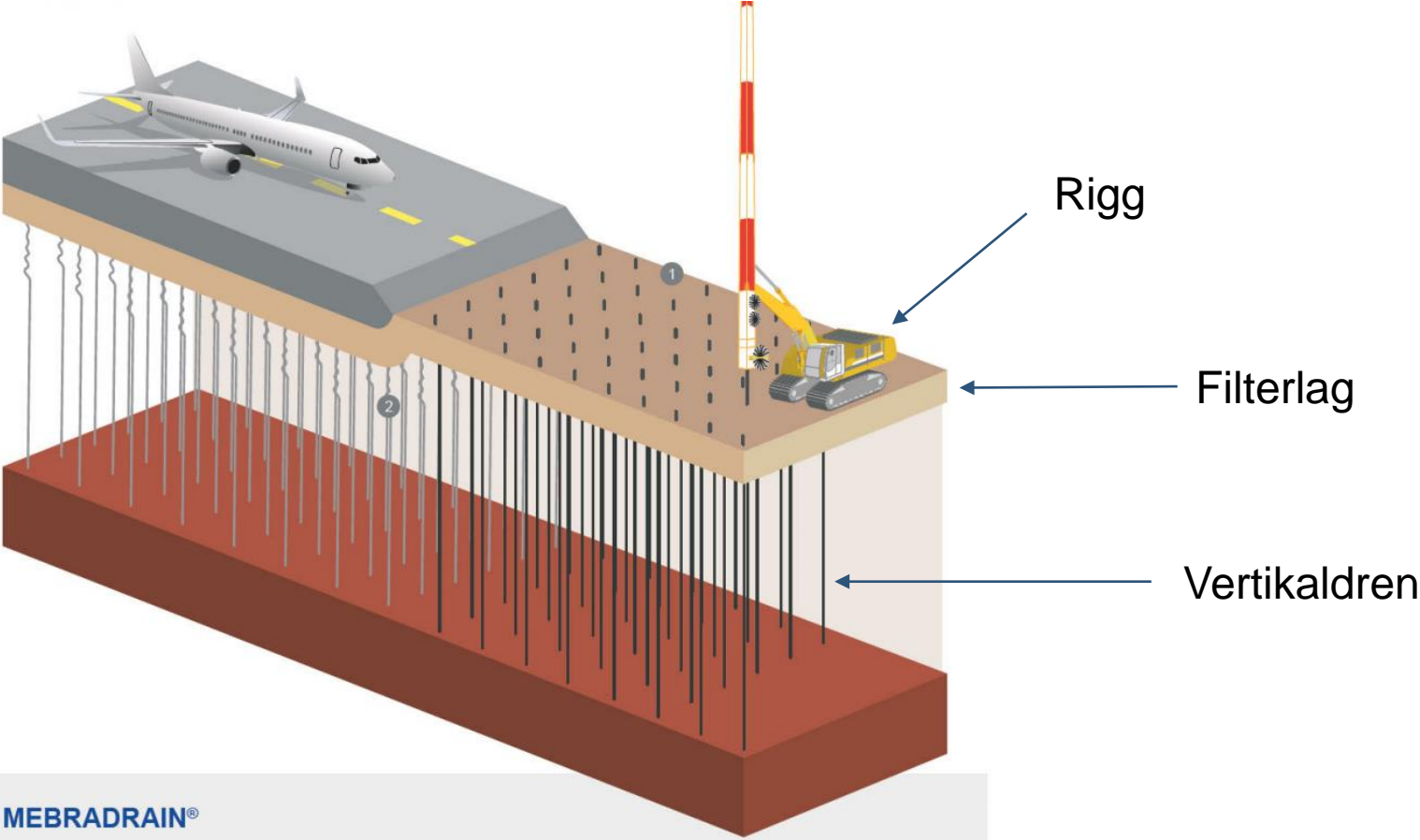


# Agenda

- ▶ Hva er vertikaldren
- ▶ Bruksområde
- ▶ Teori og dimensjonering
- ▶ Prosjekt eksempel

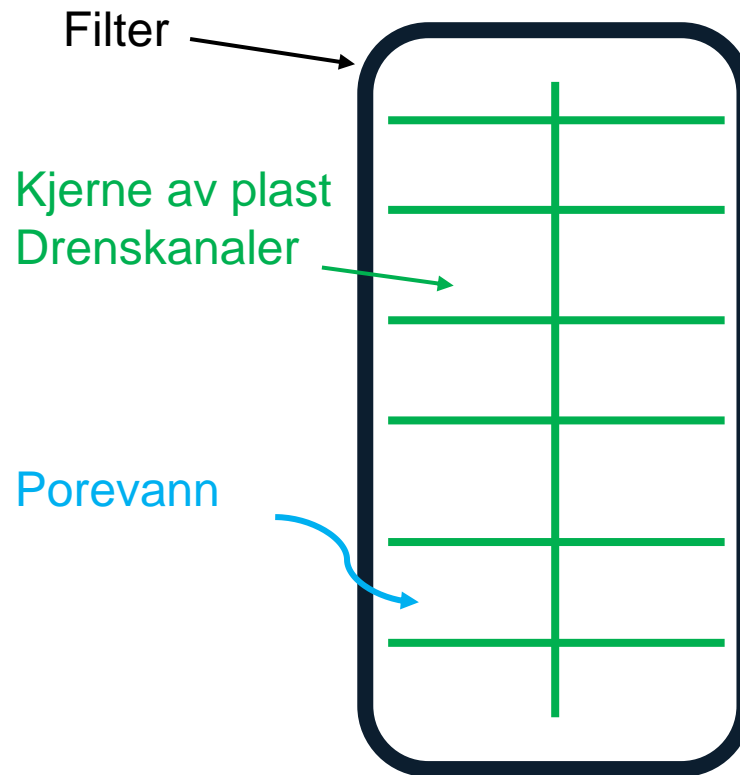


# Hva er vertikaldren og hvordan fungerer det?

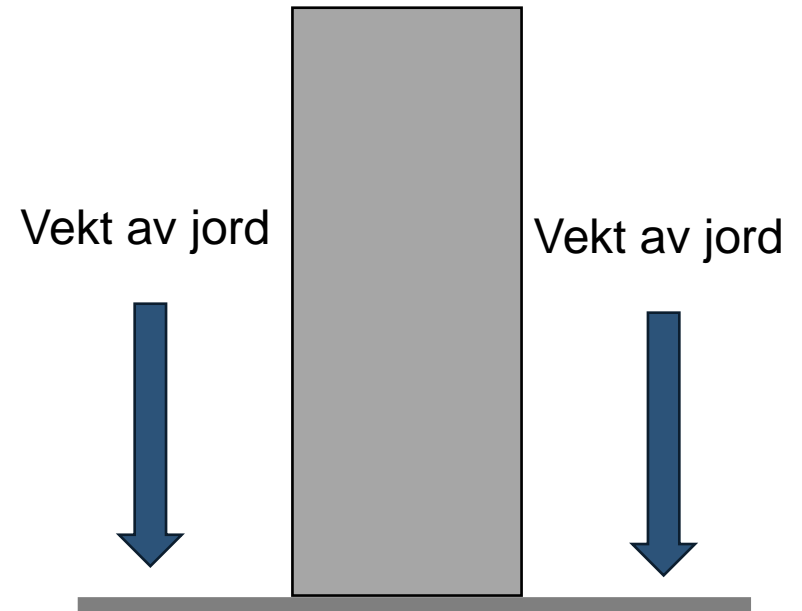


# Hva er vertikaldren og hvordan fungerer det?

- ▶ Er en drenskanal av plast omgitt av et filter som leder porevann opp til overflaten oftest med hensikt om å redusere konsolideringstid.

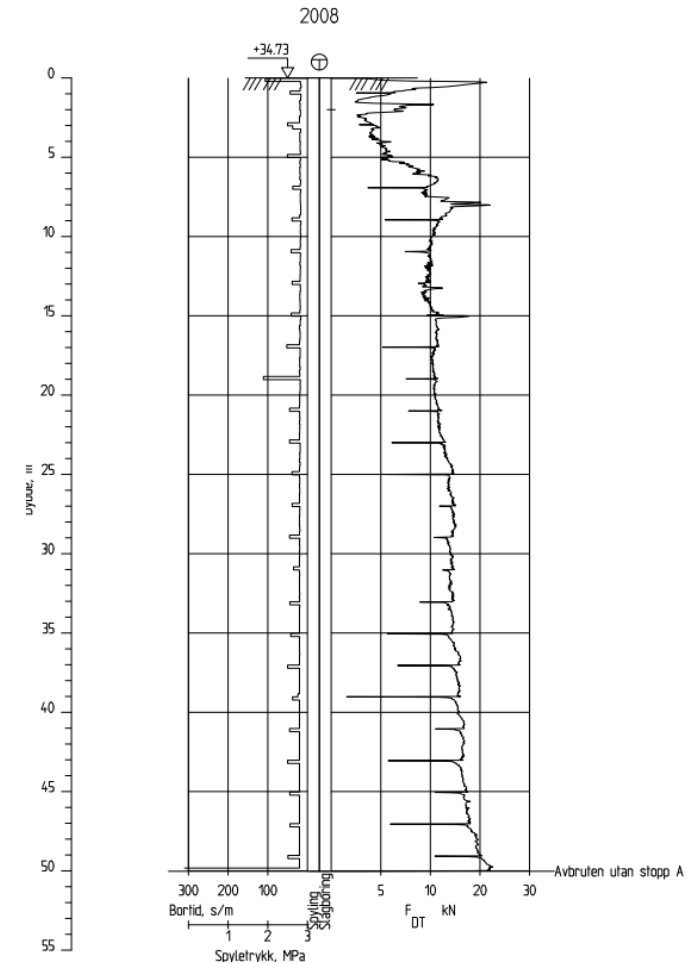


# Forankring



# Egnete grunnforhold

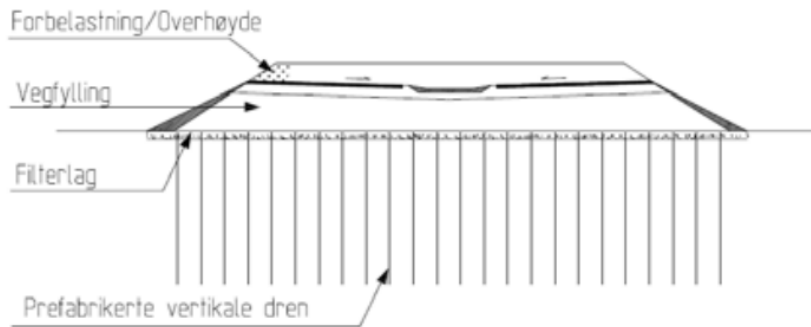
- ▶ Silt og leire, (setningsgivende grunn)
- ▶ Torv, slam, gruveavfall og mudderfyll
- ▶ Ikke faste lag eller steinholdige masser (kan forbore)
- ▶ Normalkonsolidert til lite overkonsolidert
- ▶ Bløt til middelsfast
- ▶  $C_v < (10^{-7} \text{ m}^2/\text{s})$





# Filterlag

- Gjennomtrengelig
- Drenerende



Installasjon må utføres fra et bærelag og som også fungerer som drensag. Anbefalt tykkelse er fra 0,5 m, men både tynnere og tykkere kan vurderes. Fraksjoner for dette laget er vanligvis 2-32 mm og det skal være fritt for stein.

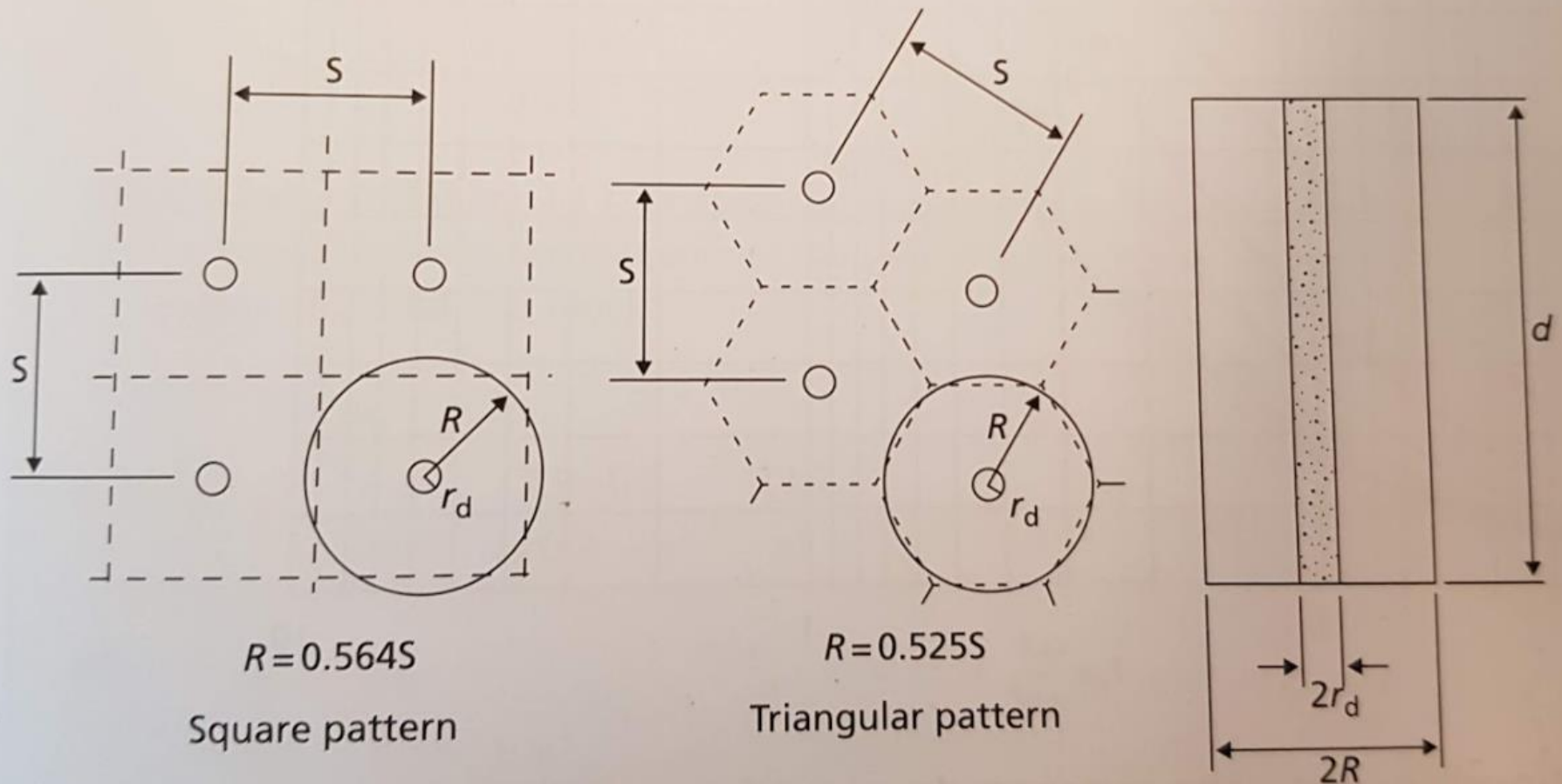
# Vertikaldreneringsrigg

- ▶ Gravemaskin med høy mast
- ▶ Kan sette dren ned til 60 m med spesielle rigger, men vanligvis ca. 30 m.
- ▶ Ved kontroll av bæreevne er det vekt av maskin + kraft ved opptrekk ca. 15 tonn.
- ▶ Kan ikke komme gjennom faste lag
- ▶ Installasjonskapasitet normalt inntil 5000 – 10 000 meter per maskin og arbeidsdag

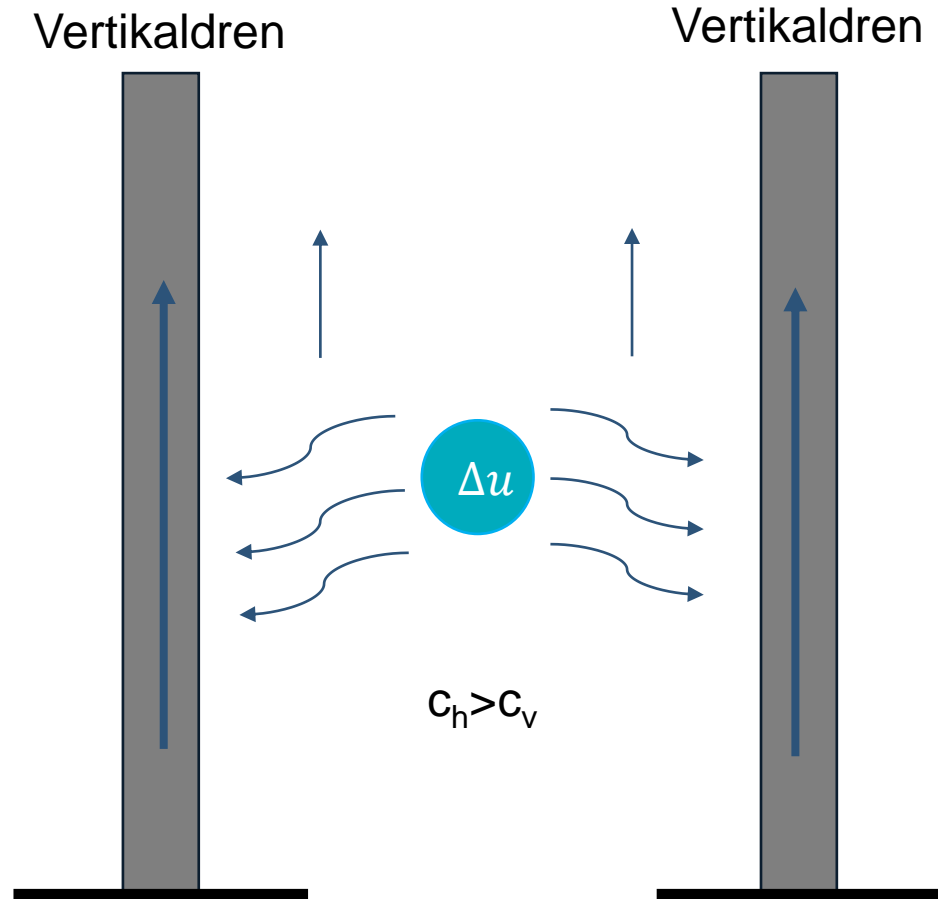




# Installasjonsmønster



# Vannstrømming



- ▶ Vannstrømming skjer i hovedsak horisontalt mellom drenene på grunn av at trykk tar minste motstands vei.

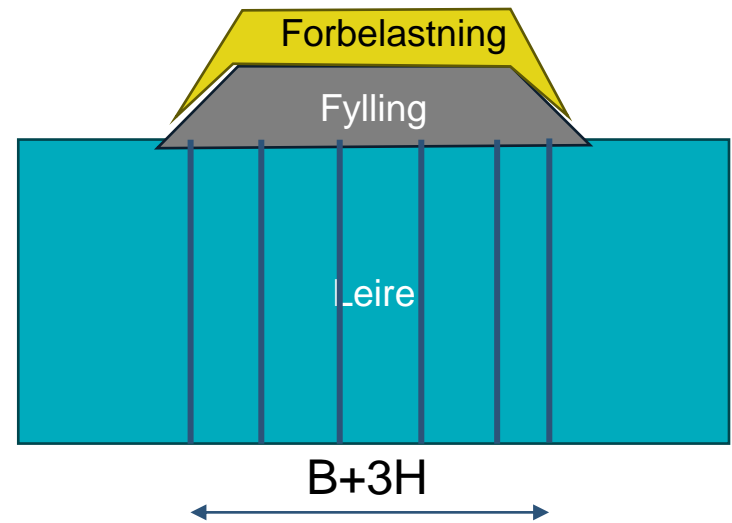
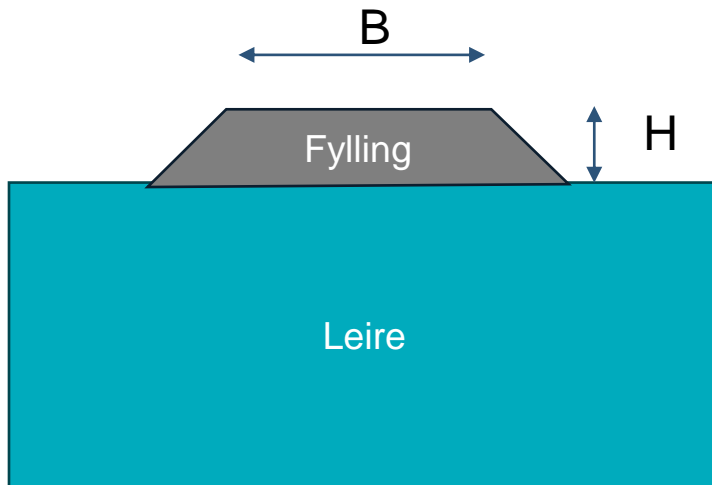


# Bruksområde

- ▶ Fremskynde setninger
  - ▶ Ofte i kombinasjon med forbelastning
- ▶ Begrense poretrykksoppbygging
  - ▶ Ved installasjon av kalksement peler
  - ▶ Ved installasjon av peler
  - ▶ Ved utlegging av fylling
- ▶ Vær OBS! på omgivelsespåvirkning
  - ▶ Setninger på naboareal

Overordnet er dette et setningsreduserende tiltak, men den fremskynder også styrkeøkning på grunn av økte effektivspenninger.

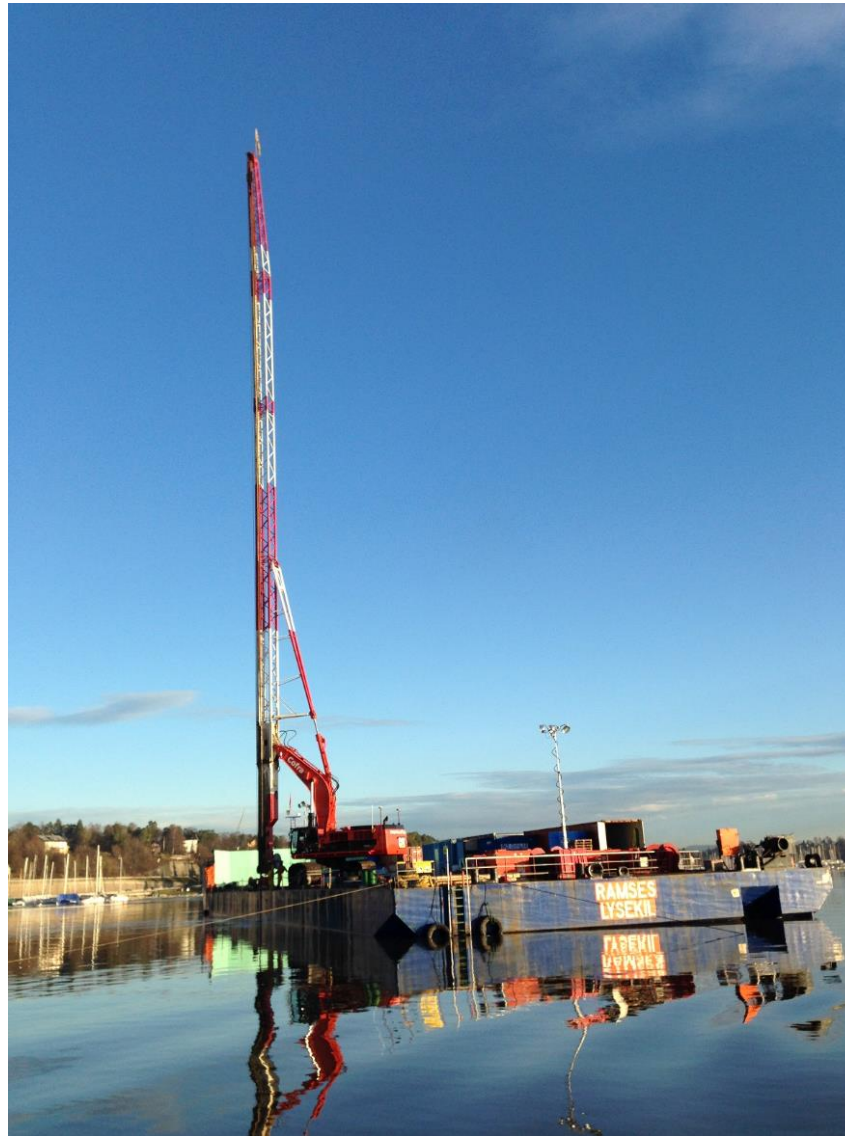
# Vegfyllinger og fylling



Utstrekning i tverretning minimum 1,5 x kjørebane.  
Når det blir lagt motfyllinger må drensaget strekke seg ut gjennom det.



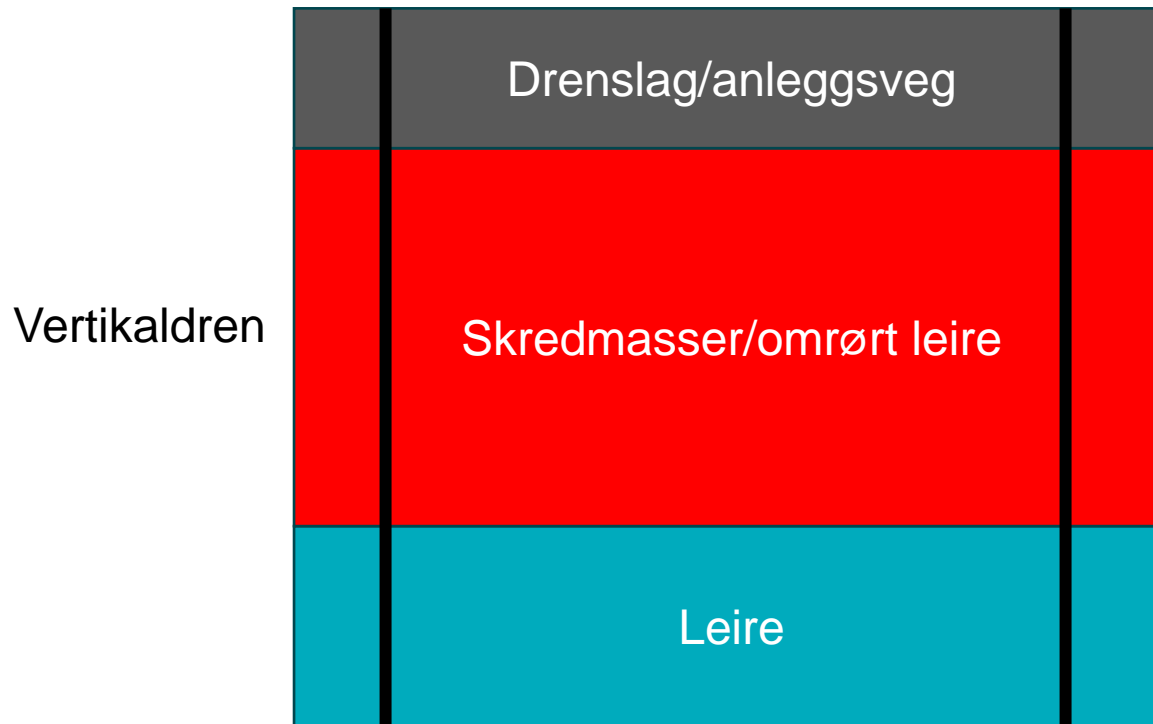
# Sjøfyllinger



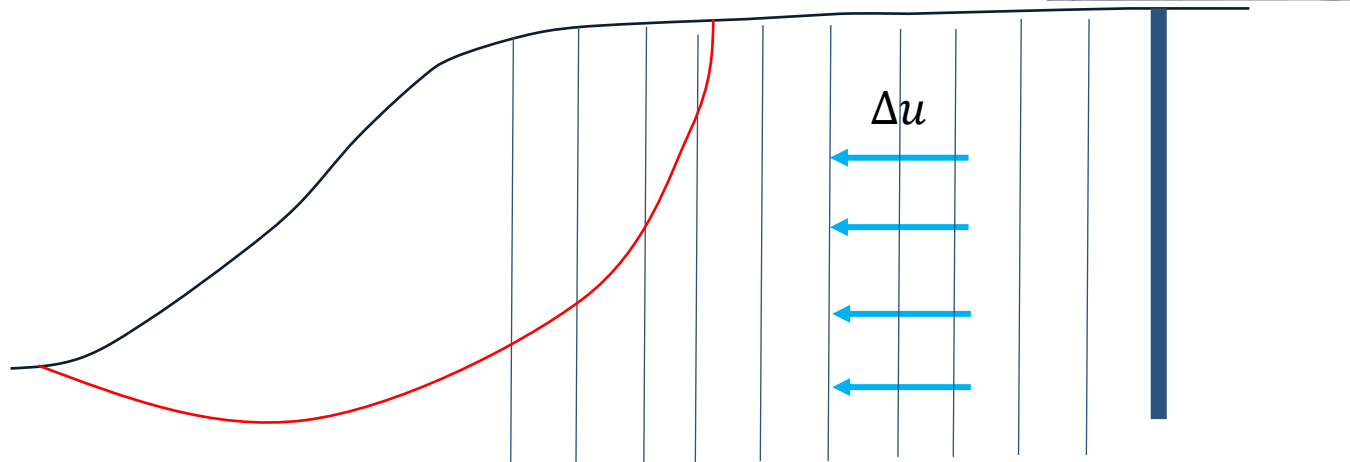
- ▶ Vertikaldren kan også installeres fra leter

# Konsolidering av skredmasser

- ▶ Gjerdrum og Kattmarka
- ▶ Primært for å sikre konsolidering slik at styrken i den omrørt leiren øker.



# Forhindre poretrykksutbredelse



Vertikaldren

► F.eks. ved kalksementstabilisering eller peler

# Forslag på kontrollpunkter i anleggsperioden

Kontroll punkt	Kommentar
Matjord/organiske masser under filterlag er fjernet	Hvor jevnt er planum etter at dette er fjernet?
Filterlag	Tykkelse Fraksjoner Fungerer dreneringen?
Vertikaldren	Sjekk dokumentasjon fra produsent og at det er riktige dimensjoner Avstand mellom dren Satt til riktig dybde
Poretrykk	Måling før-, under- og etter installasjon og ved oppfylling
Setninger	Måle setningsutvikling Setningsplater eller slangesetning

# Dimensjonering

$$U_h = 1 - e^{\frac{8 \cdot c_h \cdot t}{D^2 \cdot F(n)}}$$

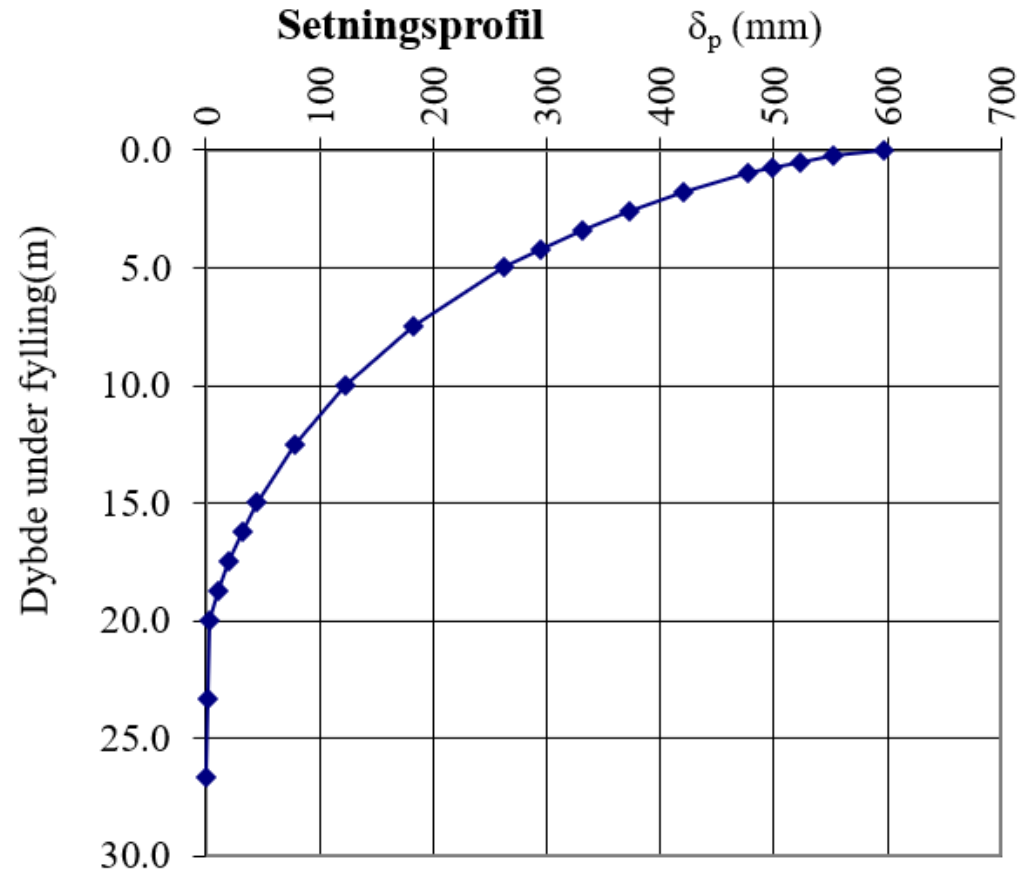
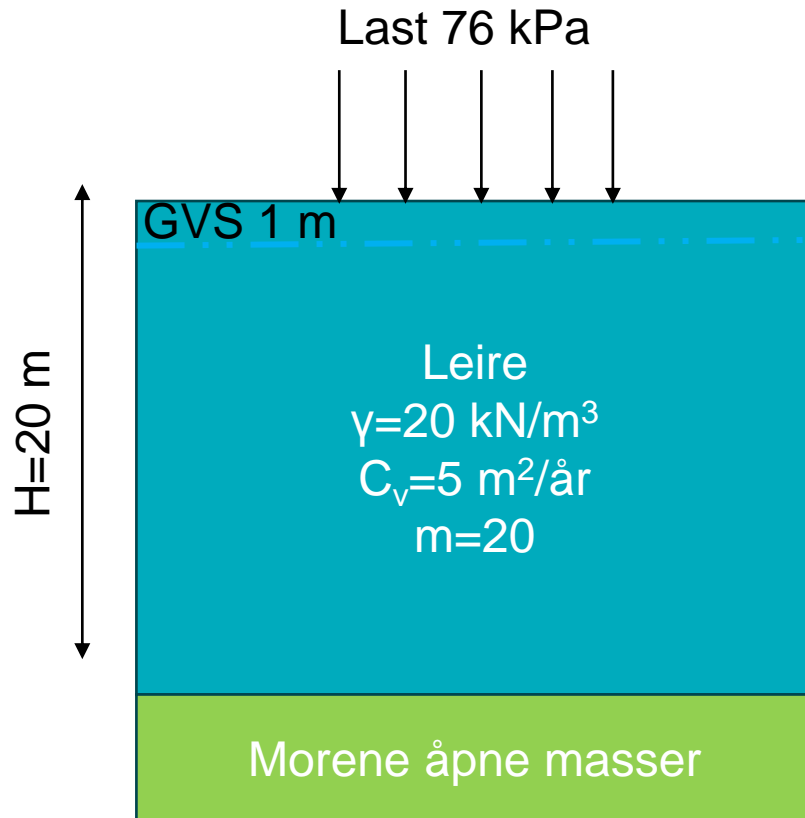
Der:

$U_h$	=	Midlere konsolideringsgrad av porevannets strømning horisontalt til vertikaldren, [-]
$c_h$	=	Konsolideringskoeffisient for porevannets strømning horisontalt til vertikaldren, [ $m^2/\text{år}$ ]
$t$	=	Tiden fra utlegging av fyllingen, [år]
$L$	=	Avstand mellom drenene, [m]
$D$	=	Diameter for drenets virkeområde, normalt $D=2 \cdot L/\pi^{0,5}$ , [m]
$d$	=	Drenets ekvivalente diameter, ekvivalent diameter for dren med tykkelse $a$ og bredde $b$ regnes som $d=2 \cdot (a+b)/\pi$ , [m]
$n$	=	$D/d$ , [-]
$k$	=	Jordas opprinnelige permeabilitet, [m/s]
$k'$	=	Permeabilitet i omrørt sone rundt drenet, [m/s]
$d_s$	=	Diameter av omrørt sone rundt drenet, [m]
$s$	=	$d_s/d$ , [-]

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2-1} \cdot \left( \ln \frac{n}{s} + \frac{k}{k'} \ln s - 0,75 \right), [-]$$

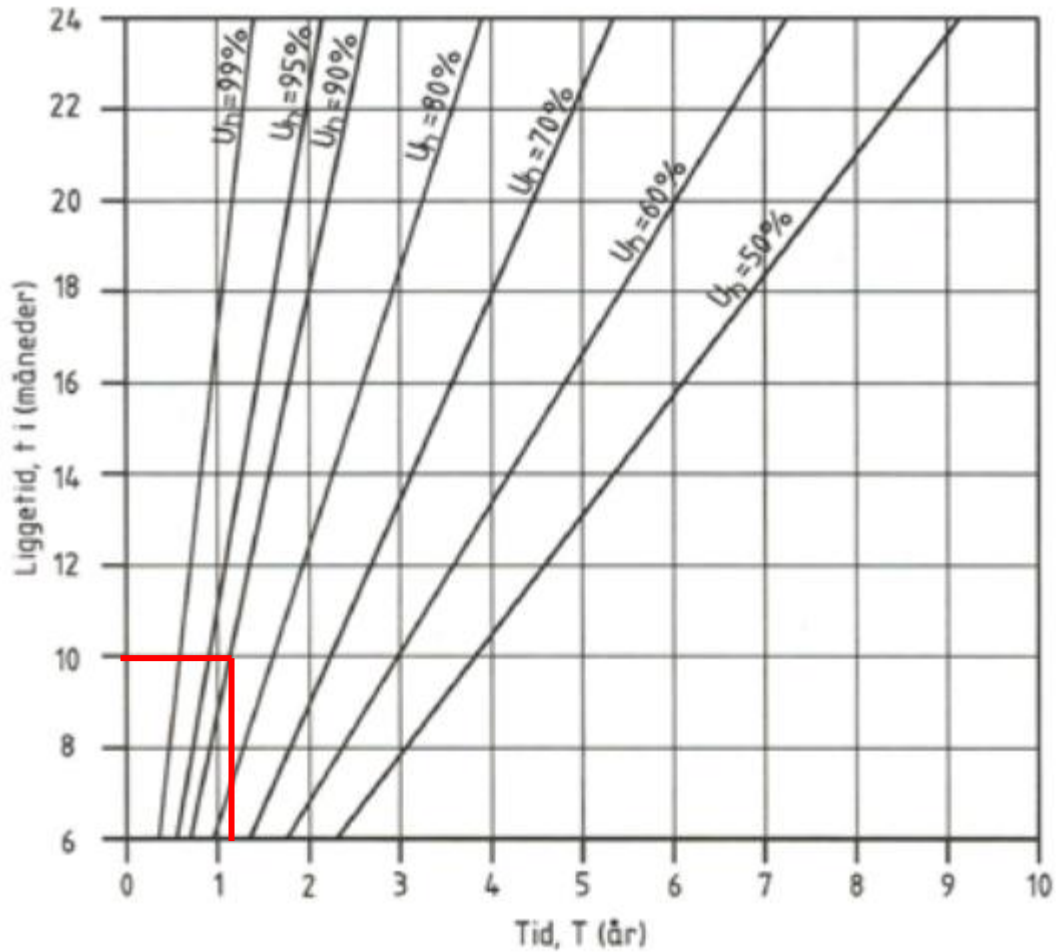


# Eksempel: 4 m vegfylling



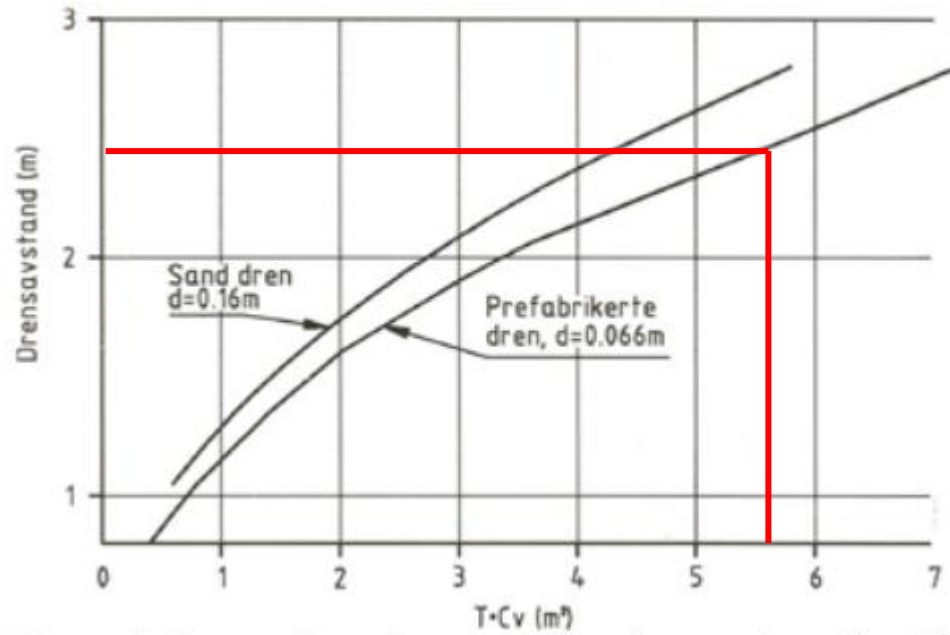
Tilgjengelig tid er 10 måneder  
 Vi sikter på en konsolideringsgrad lik 90 %  
 Beregningsmessig setning 60 cm

$$t_p = \frac{H^2}{c_v} = \frac{10^2}{5} = 20 \text{ år!}$$



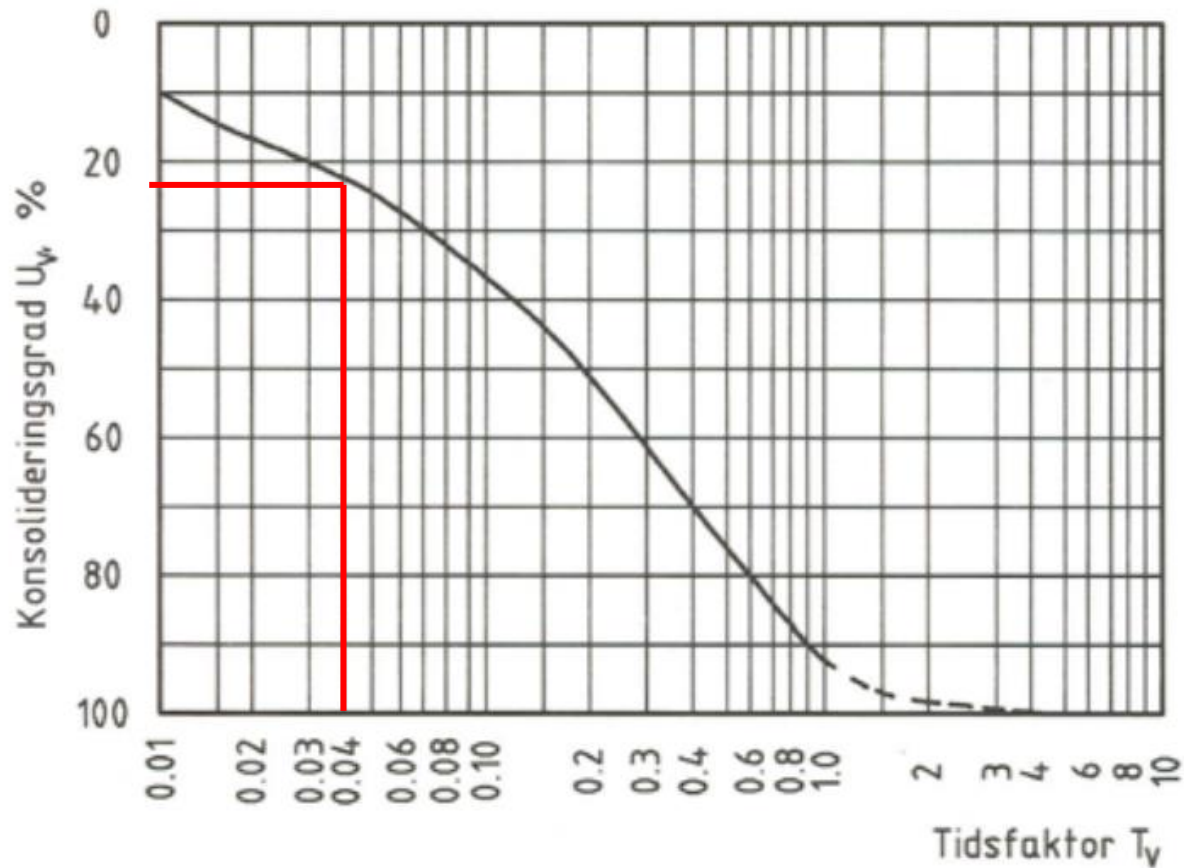
- Finn tid fra nødvendig konsolideringsgrad,  $T=1,15$  år

Drensavstand 2,5 m



$$T \cdot c_v = 1,15 \cdot 5 = 5,75m^2$$

$U_v$  23%



- $T_v = \frac{c_v \cdot t}{H^2} = \frac{5 \cdot 0,83}{10^2} = 0,04!$ , åpent lag under leire toveis drenering

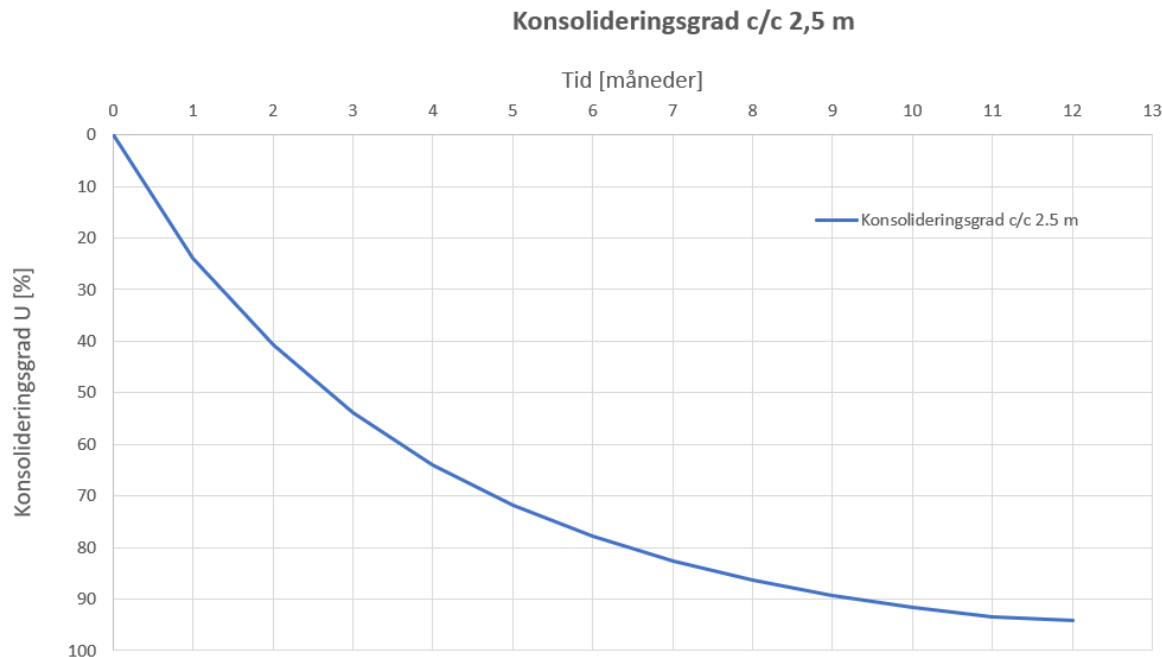
# Konsolideringsgrad U

- ▶ Nå er både vertikalt og horisontalt bidrag bestemt, da kan vi regne ut U. Vi prøver å få minst 90 %.

*Midlere konsolideringsgrad iht. Carillo*

$$U = U_h + U_v - U_h \cdot U_v = 0,9 + 0,23 - 0,9 \cdot 0,23 = \mathbf{0,92 \text{ OK!}}$$

- ▶ Velger en forbelastning for å fremskynde det ytterliggere
- ▶ Setningsberegning med 1,5 m forbelastning gir 76 cm
- ▶  $0,92 \times 76 = 70$  cm, dette er større enn 60 cm uten forbelastning.



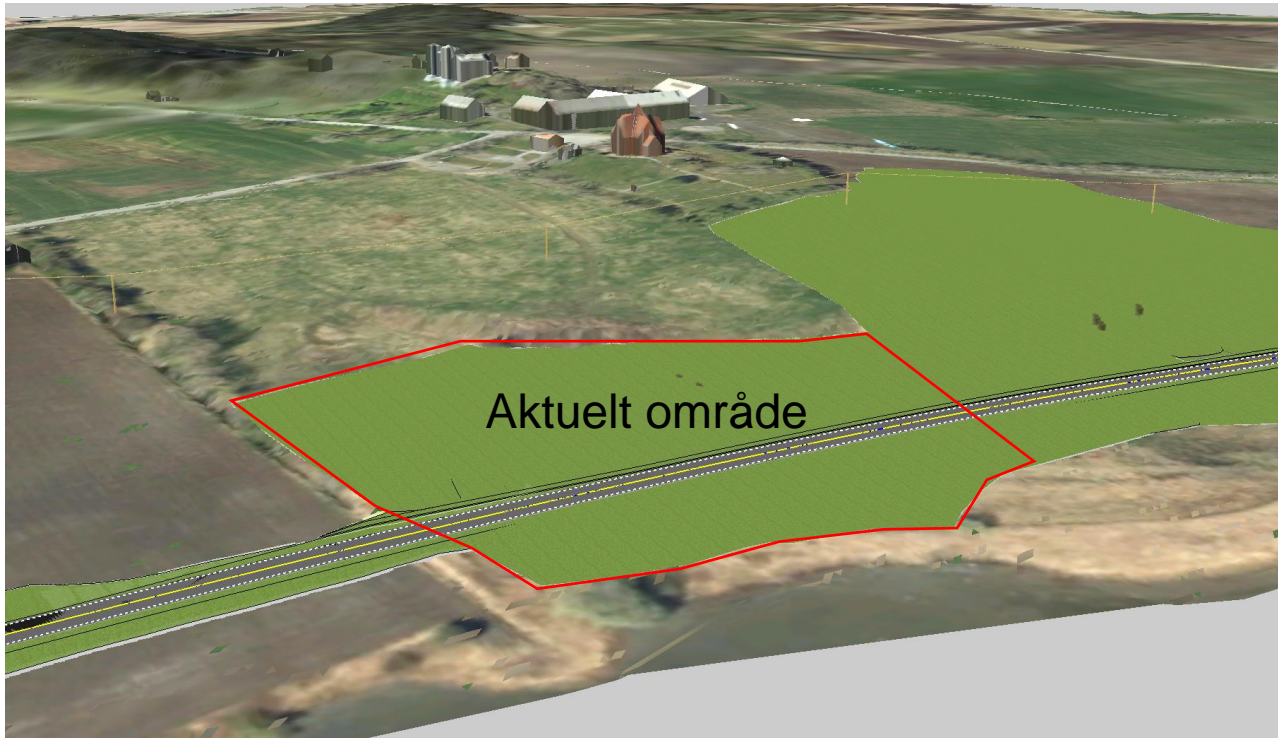


# Hvor finner man info om dimensjonering?

- ▶ Statens vegvesen håndbok V221
- ▶ SGI Varia 609 Vertikaldränering
- ▶ Vägverket Publ 1987:30
- ▶ Trafikverkets tekniska råd för geokonstruktions-TR-GEO 13

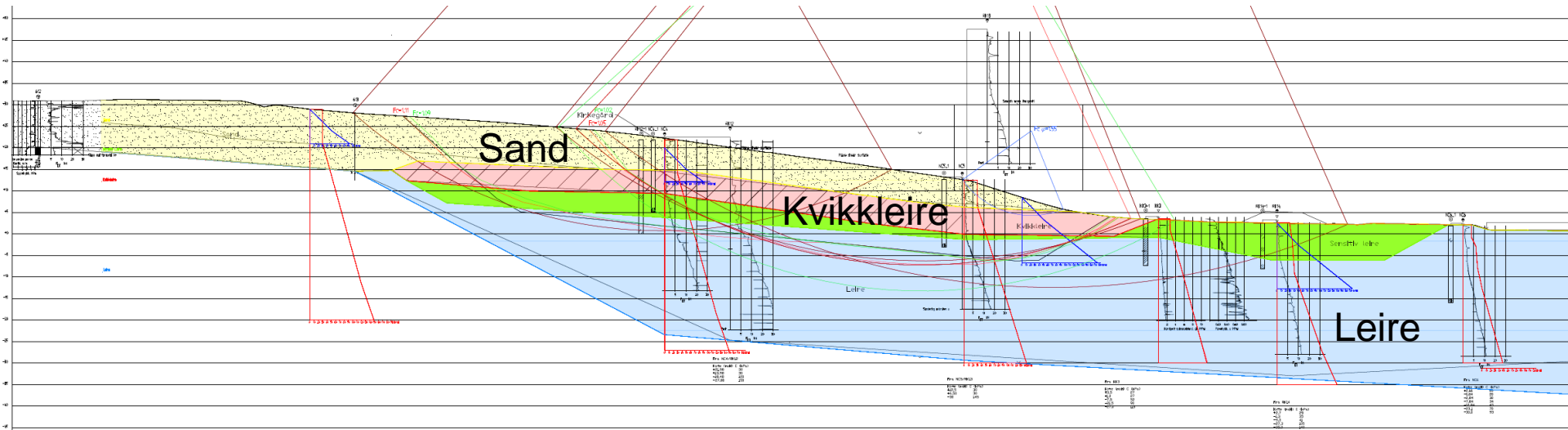


# Eksempel fra Rissa



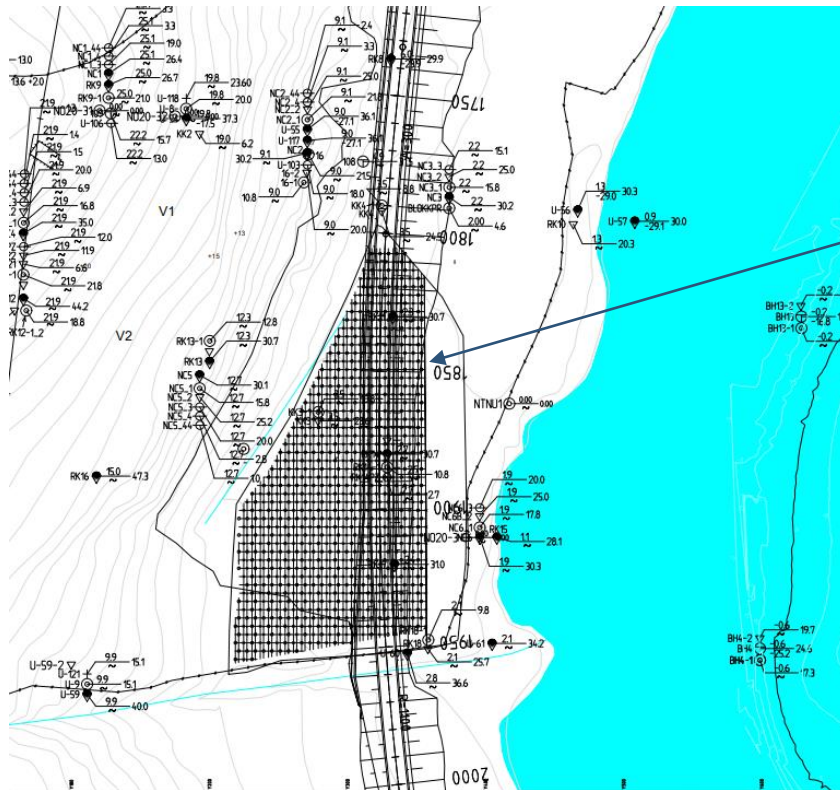
- ▶ Det skal legges ut en 3-5 m høy motfylling på nedsiden av skråningen ved Rein kirke. Det er ønskelig å begrense poretrykkoppbygging mest mulig i kritisk område. Tykke leirlag viste at å legge ut lagvis å vente tar for lang tid.

# Grunnforhold



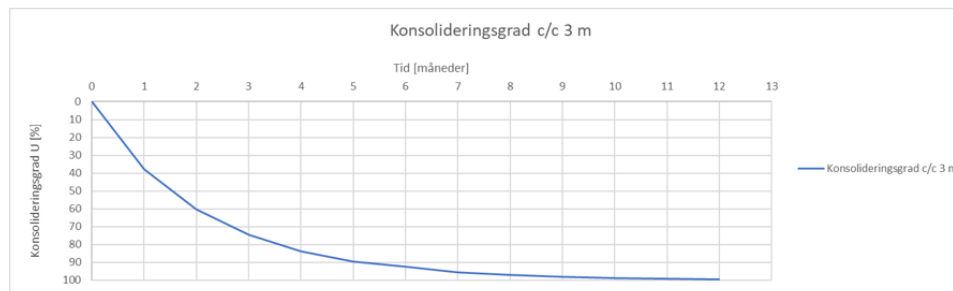
Sandlag i øverst i skråningen over kvikkleire og leire til stor dybde

# Avstand mellom vertikaldren C/C 3 m

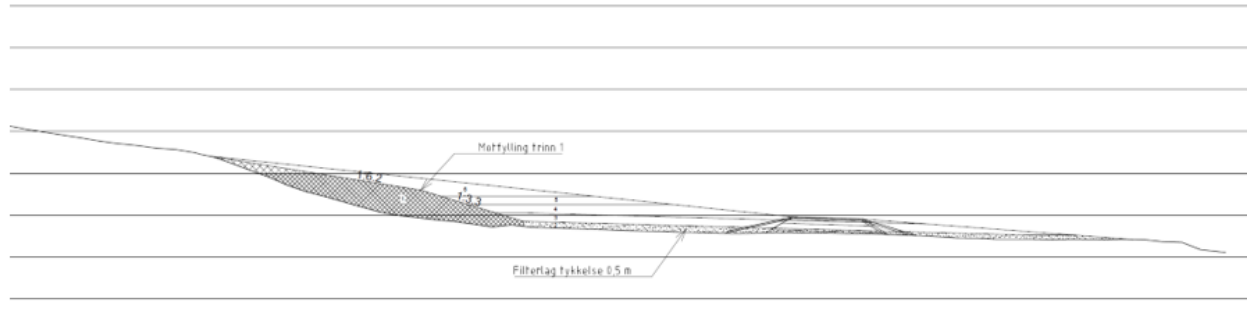


Område med vertikaldren

Beregningene viser at med en senteravstand på 3 m vil konsolideringsgraden være 90 % etter ca. 5 måneder, se figur 5.



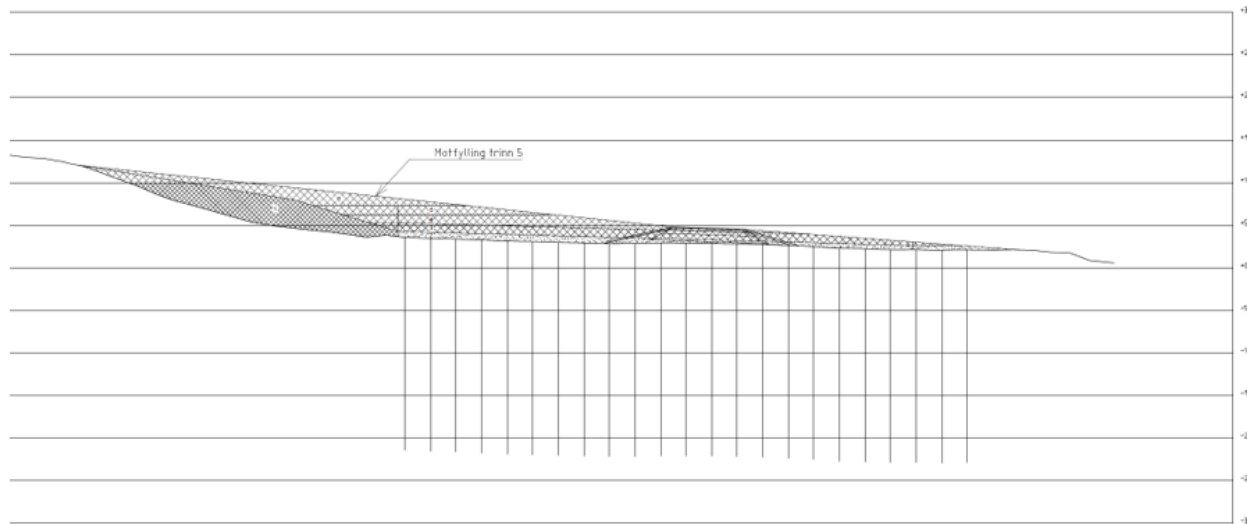
Trinn 1:  
Utlegging av motfylling i skråningsfot  
Utlegging av filterlag 0.5 m tykkelse  
Fjerning av matjord



Figur 7 Etablering av motfylling og filterlag

Når dette er etablert kan vertikaldrenene installeres og motfyllingen etableres trinnvis om ca. 1 m tykke lag av gangen, se figur 8.

Trinn 6:  
Utlegging av motfylling lagvis, 1 m tykke lag



Figur 8 Ferdig utlagt motfylling med vertikaldren.




# Filterlag



Teknisk avklaring (TA)				
Info	Prosjekt		Entreprenør	
	Kontraksnummer		Byggherre	Trøndelag Fylkeskommune
			Byggeleder	
			TRFK	
	Kontraksnavn			
	Løpenr fra eRoom	A-04		
Tittel / sak	Filtersand Finnlian			

## Steg 1 - Henvendelse fra entreprenør

Referanse (tegn.nr. etc)	RIG09 + mengdebeskrivelse B-B2.27.11		
Svar innen:	Dato:	18.08.2021	
Spørsmål for avklaring:	<p>Vedlagt i dokumentet ligger kornfordelingskurven på naturgrusen fra Finnlian som er tenkt brukt som filtersand i vertikaldreneringsområdet. Det søkes avklaring på om denne har filtreringsegenskaper som er gode nok, eller om massen må bearbeides før bruk.</p> <p> P21315A.pdf</p>		
Eventuelle forslag:	<p>For å kunne følge opp og verifisere funksjonen i filterlaget med den forsøtsatte fraksjonen er det ønskelig at det blir tatt opp prøvehull eller satt ned rør på noen steder for å se hvordan vannet dreneres i filterlaget.</p>		
Sendt av entreprenør:	Dato:	13.08.2021	Sign: Vebjørn Karlsaune
Mottatt byggherre:	Dato:		Sign:

## Steg 2 - Svar fra byggherre

Svar fra byggherre:	<p>Vi har gått igjennom og vurdert ev. konsekvenser for dreneringsevnen i filterlaget med hensyn på at fraksjonen fra naturgrusen ikke er innenfor intervaller som var gitt. Fra erfaringer i andre sammenligningsbare prosjekter har det blitt brukt fraksjoner med nedre grense lik 0,5 mm, ser man til dette er det 5,3 % som er mindre enn dette. Finstoffinnholdet i prøven er vurdert til å være lavt 0,58 %, også dette er lavere enn referanseprosjekter vi har vurdert det oppimot.</p> <p>At det er valgt et 0,5 m tykt filterlag vil gi noe ekstra margin for at en viss variasjon i massene likevel vil gi god nok drenering.</p> <p>Samlet er dette faktorer som medfører at massene fra Finnlian kan brukes som filterlag i vertikaldrensområdet.</p>		
Besvart av byggherre:	Dato:		Sign:

► Her ble vi utfordret på om vi kunne bruke stedlig sand/grus til filterlag

# Filterlag og bærelag



## Teknisk avklaring (TA)

Info	Prosjekt		Entreprenør	
	Kontraksnummer		Byggherre	Trøndelag Fylkeskommune
			Byggeleder	
			TRFK	
	Kontraksnavn			
	Løpenr fra eRoom	A-01		
Tittel / sak	Marktrykk vertikaldreneringsrigg			

### Steg 1 - Henvendelse fra entreprenør

Referanse (tegn.nr. etc)	RIG09, tegning V206		
Svar innen:	Dato:	30.06.2021	
Spørsmål for avklaring:	<p>I RIG09 er det satt øvre vektbegrensning på 30 tonn på maskiner som skal inn før motfyllingen er fylt opp 2 meter. Vertikaldreneringsriggen som er av nødvendig størrelse for å installere vertikaldren på 26 meters dybde har en totalvekt på 52 tonn, i tillegg til ekstra belastning når stikkrøret dras opp. Det ønskes undersøkt og bekreftet at dette er innenfor de geotekniske toleransene gitt forutsetningene i tegning V206 fra RIG09.</p> <p>Se tekst fra UE under:                  Ja vi har räknat med vår Liebherr R 944 V med 90 cm belter. Totalvikten är 52 ton inklusive rigg. Längden på belter mot mark är 4,4 m. Detta ger ett marktryck på ca <math>52 \text{ t} / 0,9/4,4/2 = 6,6 \text{ ton} / \text{m}^2</math>. Man måste också räkna med tryck och drag kraften vid nedpressning och uppdragning av stikkrøret med en kraft motsvarande max ca 15 ton, vilket ger en ökad kantbelastning under belterna.</p>		
Eventuelle forslag:			
Sendt av entreprenør:	Dato:	23.06.2021	Sign: Vebjørn Karlsaune
Mottatt byggherre:	Dato:		Sign:

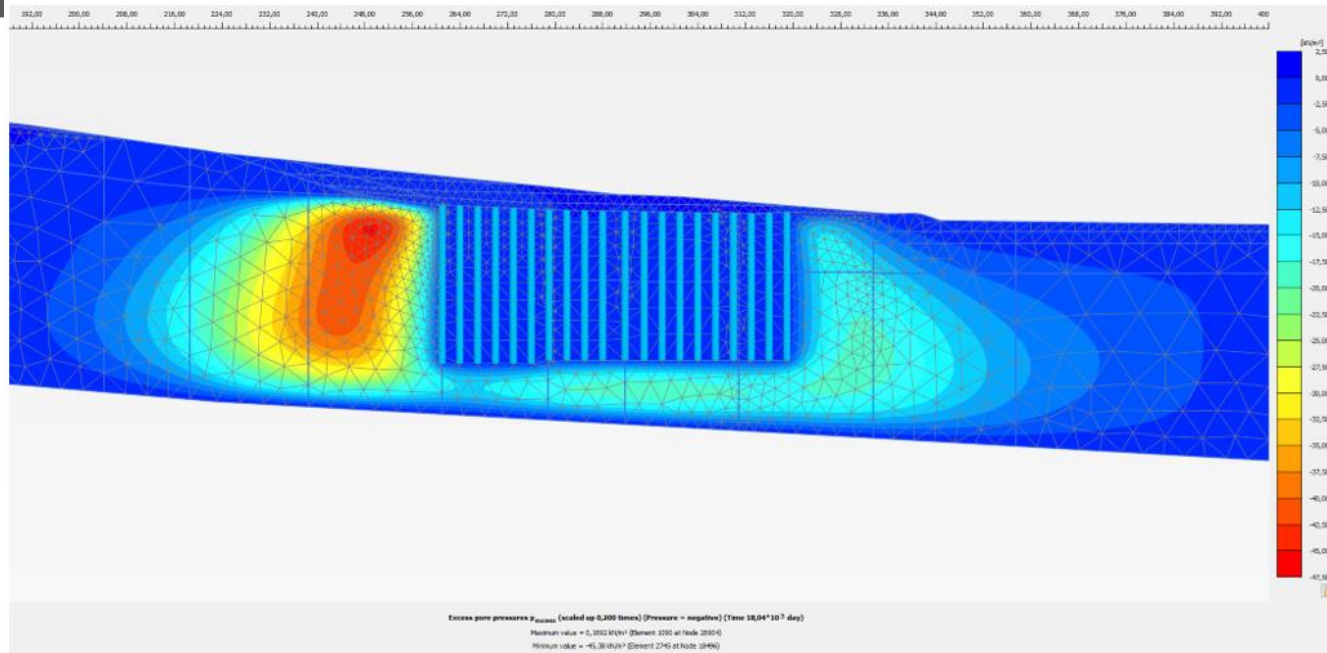
### Steg 2 - Svar fra byggherre

Svar fra byggherre:	<p>Det er utført bæreevneberegninger for vertikaldreneringsriggen med oversendte laster fra entreprenør. Beregningene viser at bæreevnen er tilfredsstillende for den gitte riggen i det aktuelle området ved skråningsfoten. I beregningene er det forutsatt 90 cm belter samt at det er lagt opp minimum 1,0 m sand/filterlag.</p> <p>For øvrig må tidligere vektbegrensninger opprettholdes.</p>
---------------------	---

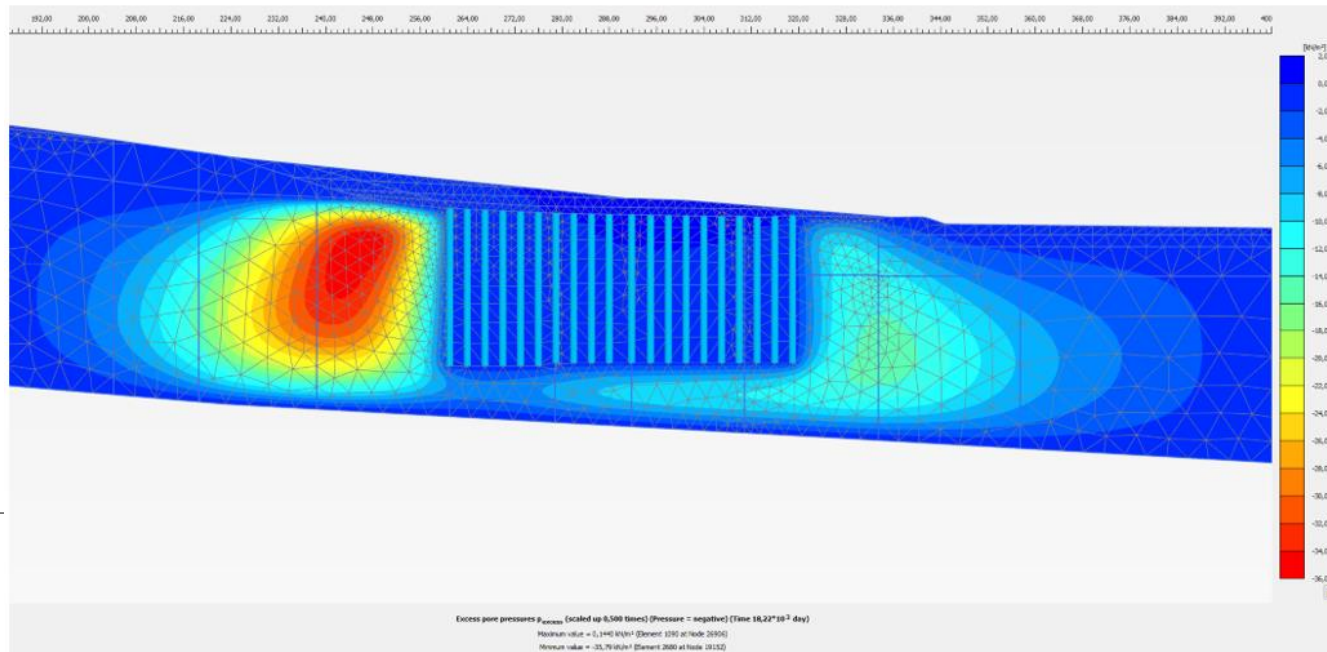
- ▶ Siden vi hadde mye morenemasser tilgjengelig fra avlastningsområde ble dette lagt ut som bærelag over filterlaget.



## Fase 10 Ventetid 180 dager



## Fase 11 Ventetid 1 år

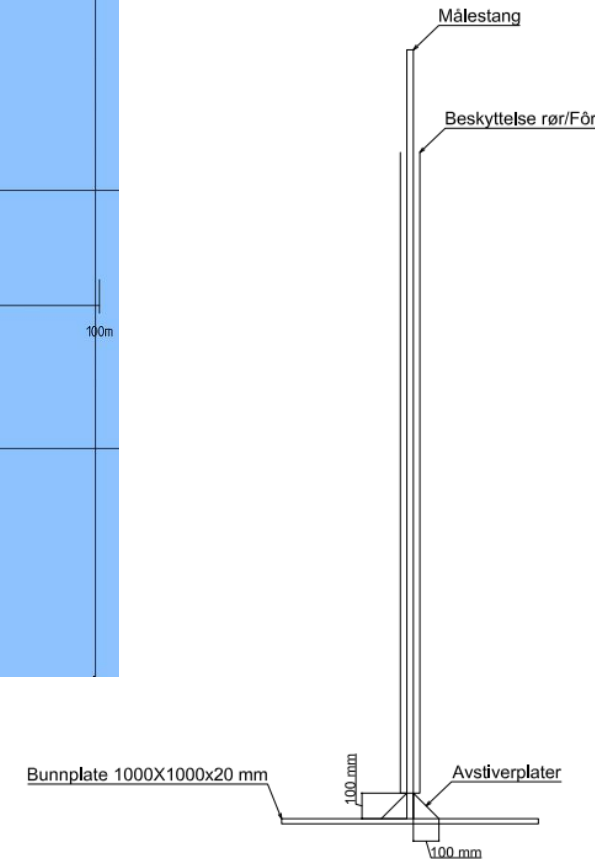


# Oppfølging

## Poretrykksmålere

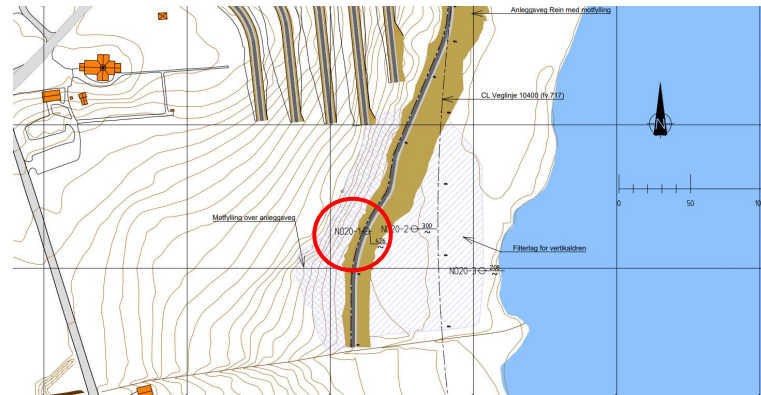


## Setningplater

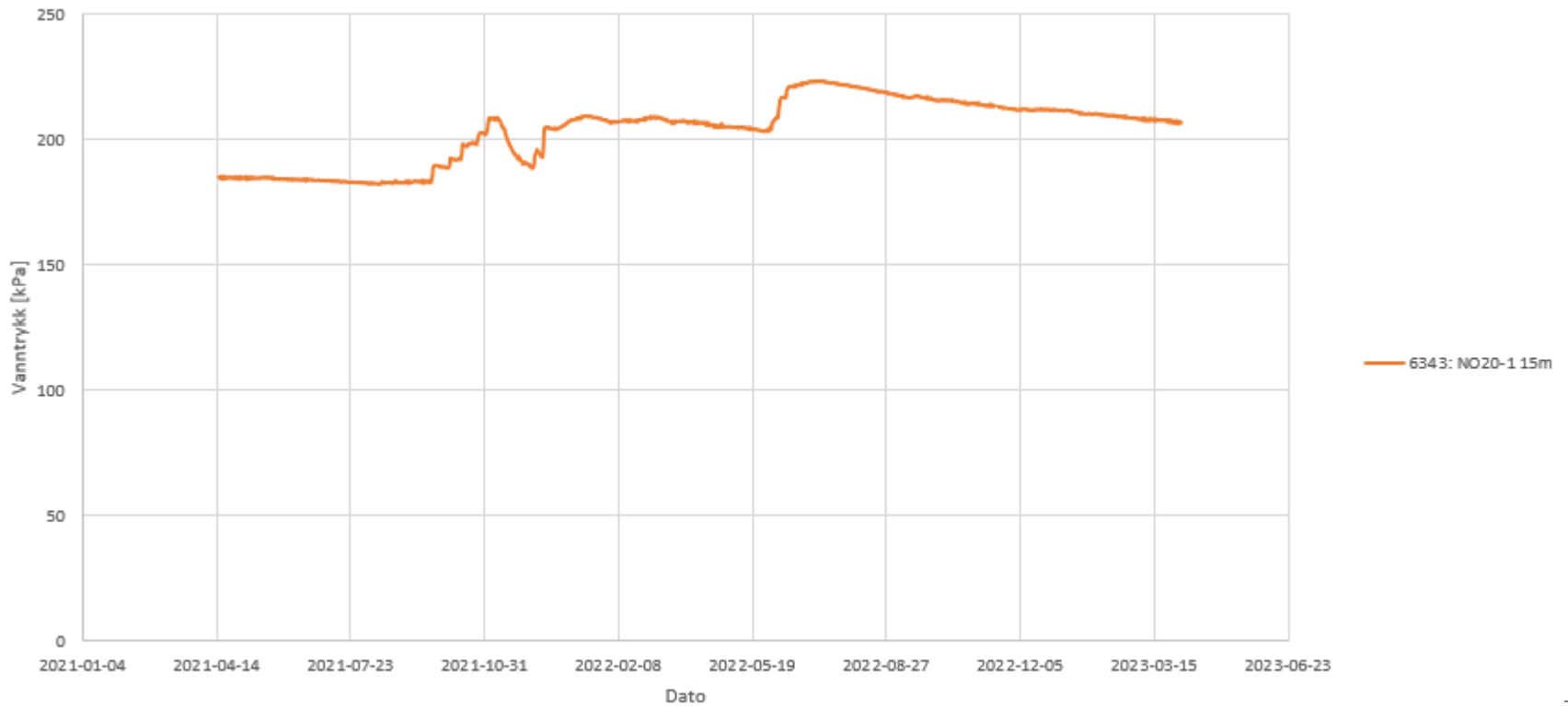


- ▶ Det er installert poretrykksmålere i 5 bp. på 2 nivåer.
- ▶ Etablert grenseverdier for maksimal poretrykksøkning før man går under krav til sikkerhet.

# Poretrykksutvikling



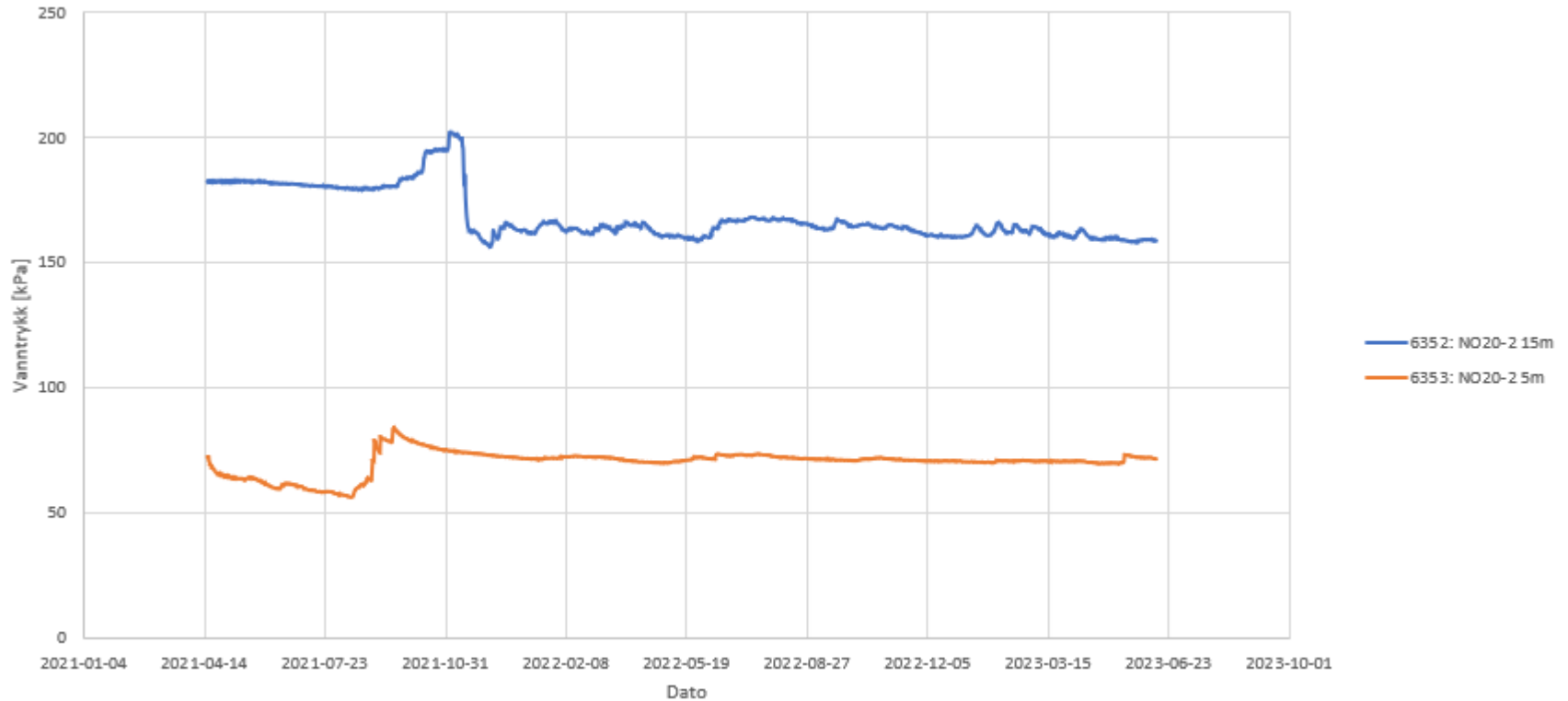
Utenfor vertikaldrensområde



# Poretrykksutvikling



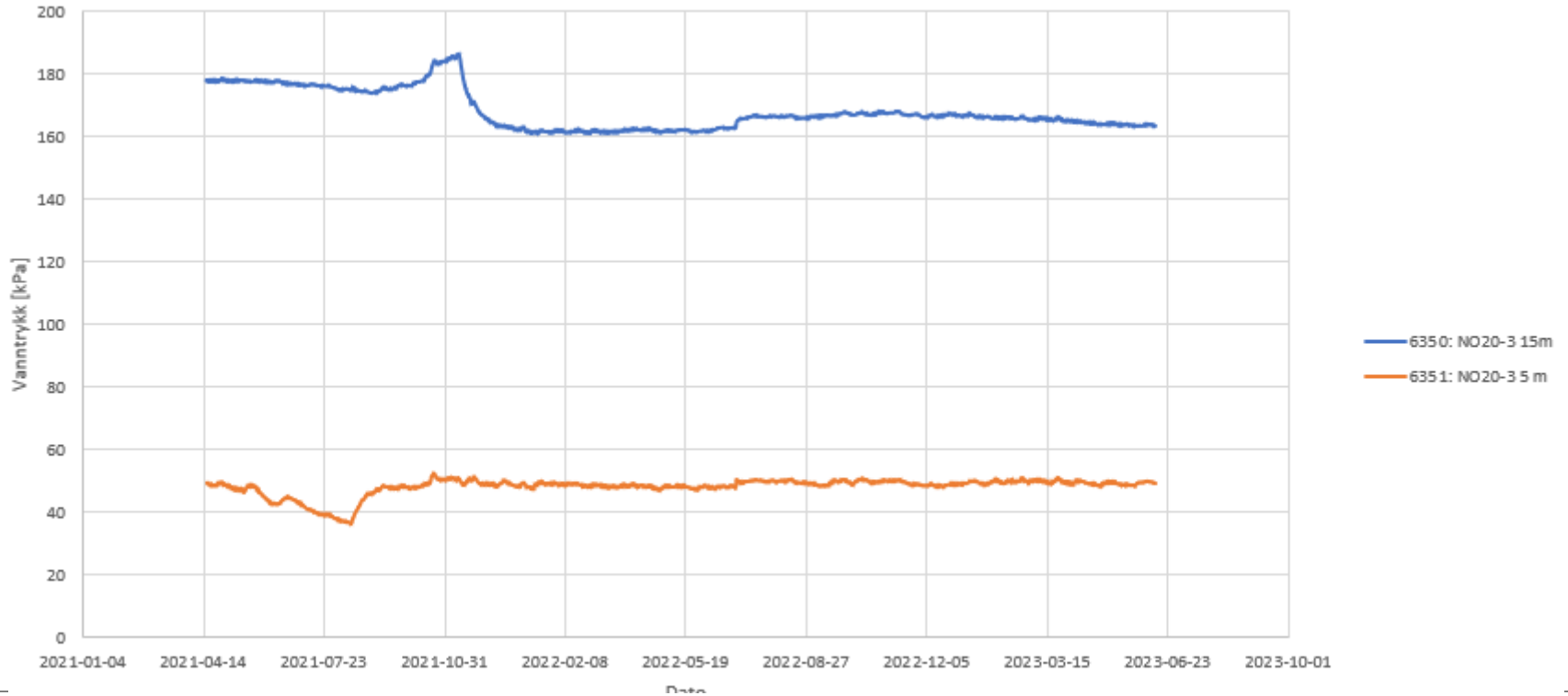
## Under vertikaldrensområde



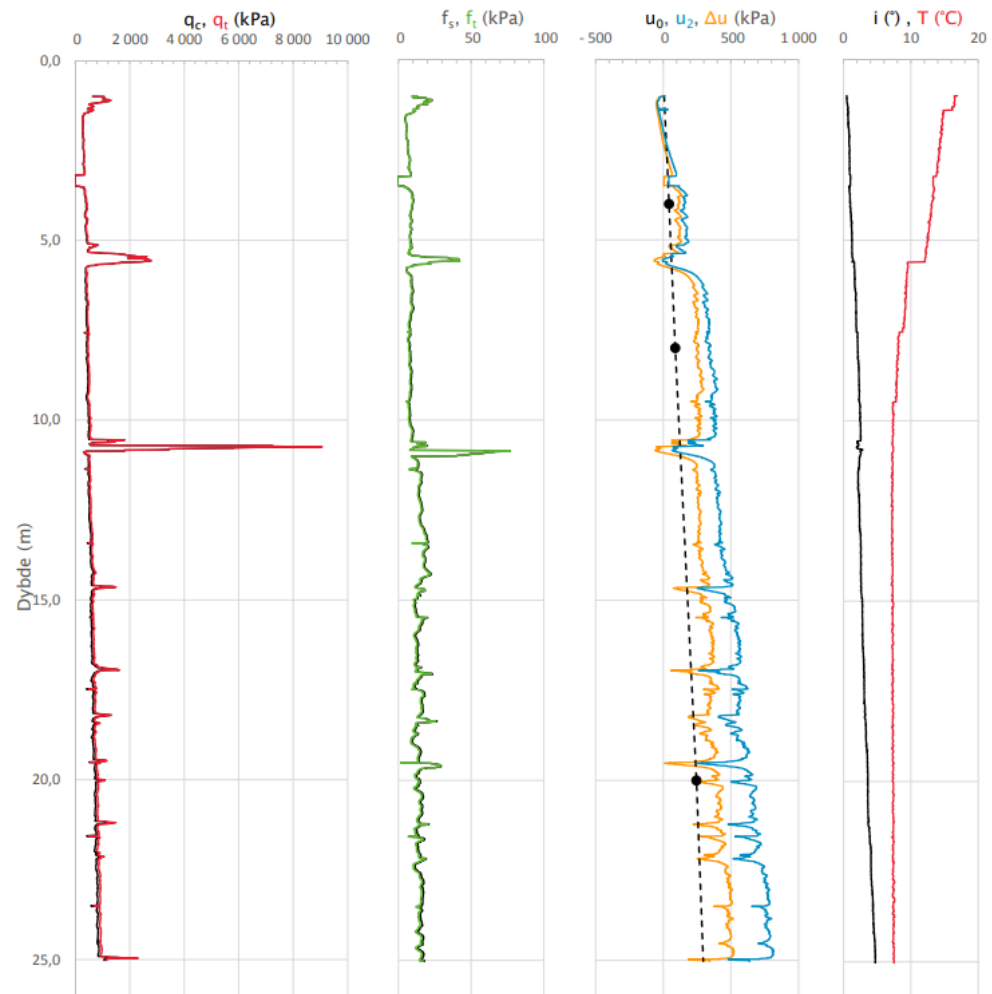
# Poretrykksutvikling



Utenfor vertikaldrainsområde



- Tynne åpne lag har påskyndet effekten





# Ferdig vertikaldrenering





Norconsult 

**Takk for meg!**