



Tettekrav til tunneler og byggegropar

Geoteknikk - Setningsfare

Jenny Langford, NGI

NBG Årsmøte og Vårsleppet 2019, torsdag 7. mars



Dype utgravinger og effekt på naboområder



På synkende grunn

Bjørvika synker, uten at det ble forutsett av fagkyndige. Det er det flere grunner til.

Teknisk Ukeblad

(2. mai 2014)

Aftenposten

(12. mai 2014)

Debatt. Oslos raske vekst krever utbygging. Likevel overses betydningen av systematisk oversikt over byens undergrunn.

Beretninger om en varslet katastrofe?

Hans de Beer
Con Sollefors
Kjell Blomdahl
Knut Hjeltnes

Ulike typer risikoen og sikkerhet må i større grad vurderes i byggingen, slik utbygging som utløst grunn i Bjørvika (Bjørvika), der kommunen i tillegg vil bygge ut i landets dårligste byggegrunn.

I 1993 gikk en skred og fjellkløv i Oslo. Det var en stor motorbåt og tok med seg tre personer i dødsstrid. Det skjedde da det ikke var noen planer om å bygge ut i landets dårligste byggegrunn. Det skjedde da det ikke var noen planer om å bygge ut i landets dårligste byggegrunn.



Den tidligere byggegrunnen i Bjørvika har blitt gjort utgravninger som viser at det er en stor risiko for å bygge ut i landets dårligste byggegrunn.

Ubygging er ansvarlig for å redusere risikoen for å bygge ut i landets dårligste byggegrunn. Det er en stor risiko for å bygge ut i landets dårligste byggegrunn.

Ubygging er ansvarlig for å redusere risikoen for å bygge ut i landets dårligste byggegrunn. Det er en stor risiko for å bygge ut i landets dårligste byggegrunn.

Da nabotomten ble bygd på, fikk Elisabeth sprekker i sin leilighet

Når det graves dypt eller bygges nytt i nærheten av gamle bygårder, kan det gi store skader.

Aftenposten

(28. okt 2017)

Bygg.no

(9. sep 2018)



Hus nær Jordal Amfis anlegg har fått sprekker

tu.no
(12. mai 2014)



En ny bussterminal over sporområdene på Sentraltasjonen i Oslo vil kunne ta unna den økende persontrafikken ut og inn av byen. Illustrasjon: MADPlacebo

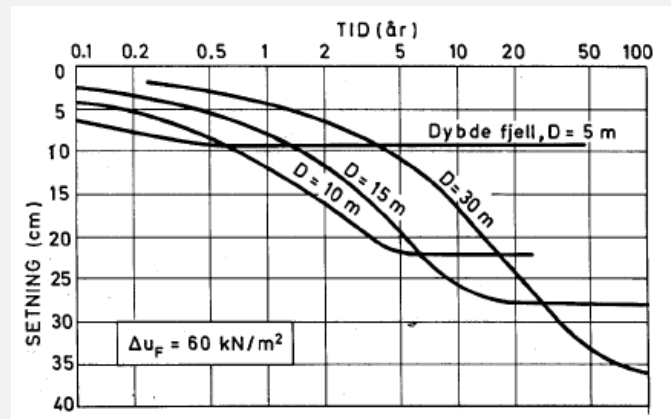
BUSSTERMINAL OVER OSLO S

Et synkende Bjørvika kan stoppe Oslos nye superstasjon

Svikende grunn kan velte drømmen om en ny og lekker bussterminal på stytter over jernbanesporene.

Setningsskader: Ansvar og konsekvenser

- Setningsutvikling kan ta lang tid (kan oppstå etter at byggeprosjektet er ferdig)
- Setninger er permanente (ikke reverserbare)
- Ansvarsforsikringer dekker ikke setningsskader
- Årsak vanskelig for eier å påvise i ettertid
- Tiltak er kostnadskrevenende – undersøkelser og vurderinger må inn i tidlig fase



(Ref: SVV Publikasjon 103)

Veiledninger

- Finnes retningslinjer og veiledning for tettekrav til tunneler (SVV 2003, Håndbok 103)
- BegrensSkade sluttrapport (2015)
- NGFs Byggegruperveiledning (2019)
- BegrensSkade II/REMEDY (2017-2022)
 - Eget DP på hydrogeologi og drenasje til byggegrupp



<https://www.ngi.no/nor/Prosjekter/BegrensSkade-II-REMEDY-Risk-Reduction-of-Groundwork-Damage>



MILJØ OG SAMFUNN/TJENLIGE
TUNNELER
Undersøkelser og krav
til innlekkasje for å
ivareta ytre miljø

BegrensSkade



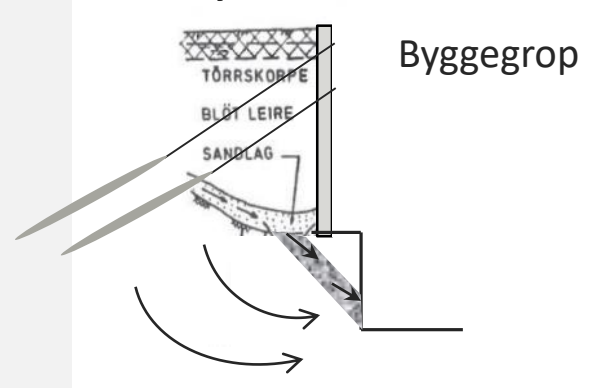
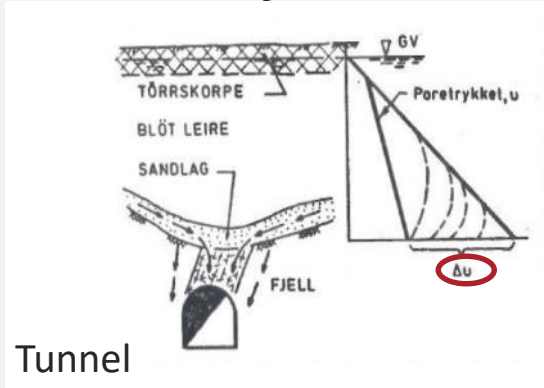
**BYGGEGROP-
VEILEDNINGEN
2018**



Norsk Geoteknisk Forening
Norwegian Geotechnical Society

Tunneler vs. byggegrop (skjæringer)

Poretrykksreduksjon ved berg som er styrende for setningsfare

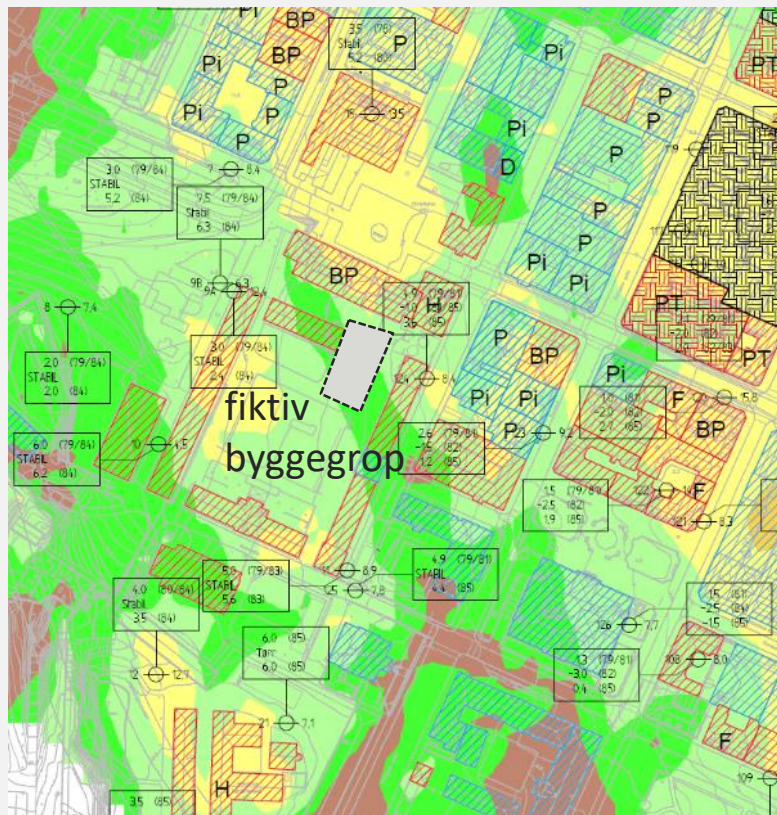


Vurdering av “tettekrav” mht setningsfare

(Etter SVV Publikasjon 103)

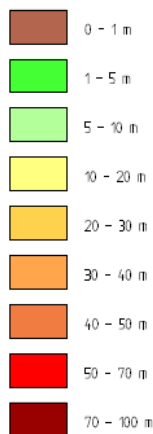
1. Akseptkriterie mht setning på bebyggelse (skjevsetning)
2. **Beregne setninger for ulike poretrykkscenarier**
3. Maksimal tillatt redusjon av poretrykk ved berg
4. Fastsettelse av tetthetskrav q [l/min/100 m] for tunnel (ikke byggegrop)
5. Vurdering av omfang av forinjeksjon
6. Vurdering av behov for vanninfiltrasjon
7. Program for oppfølging med poretrykksmåling ved berg, alarmnivåer og beredskap

Fremgangsmåte - Eksempel

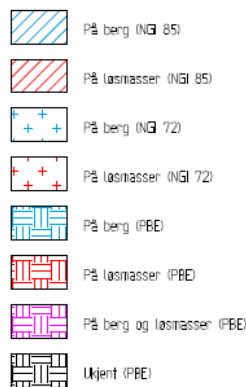


TEGNFORKLARING

Dybde til berg:



Fundamentering:



D Direkte på berg
P Peler til berg
Pi Piller til berg
PT Trepeler
F Treflate
H Heller
BP Hel plate

Vurdering av setningsfare

- Kartlegging dyprenner
- Setningsegenskaper leire (grunnund.)
- Fundamentering nabobygg
- Tilstandsregistrering
- Kontrollprogram
- Plassering infiltrasjonsbrønner

HUSK: Influenssone flere hundre meter!

Forundersøkelser – setningsvurderinger

Utføres i detalj-/reguleringsplan eller forprosjekt

↗ Kartlegging dyprenner

- Omfang ✓ Undergrunnsarkivet/NADAG
- Dybde berg ✓ Geofysikk
- Type løsmasser ✓ Totalsonderinger / trykksondering (CPTU)

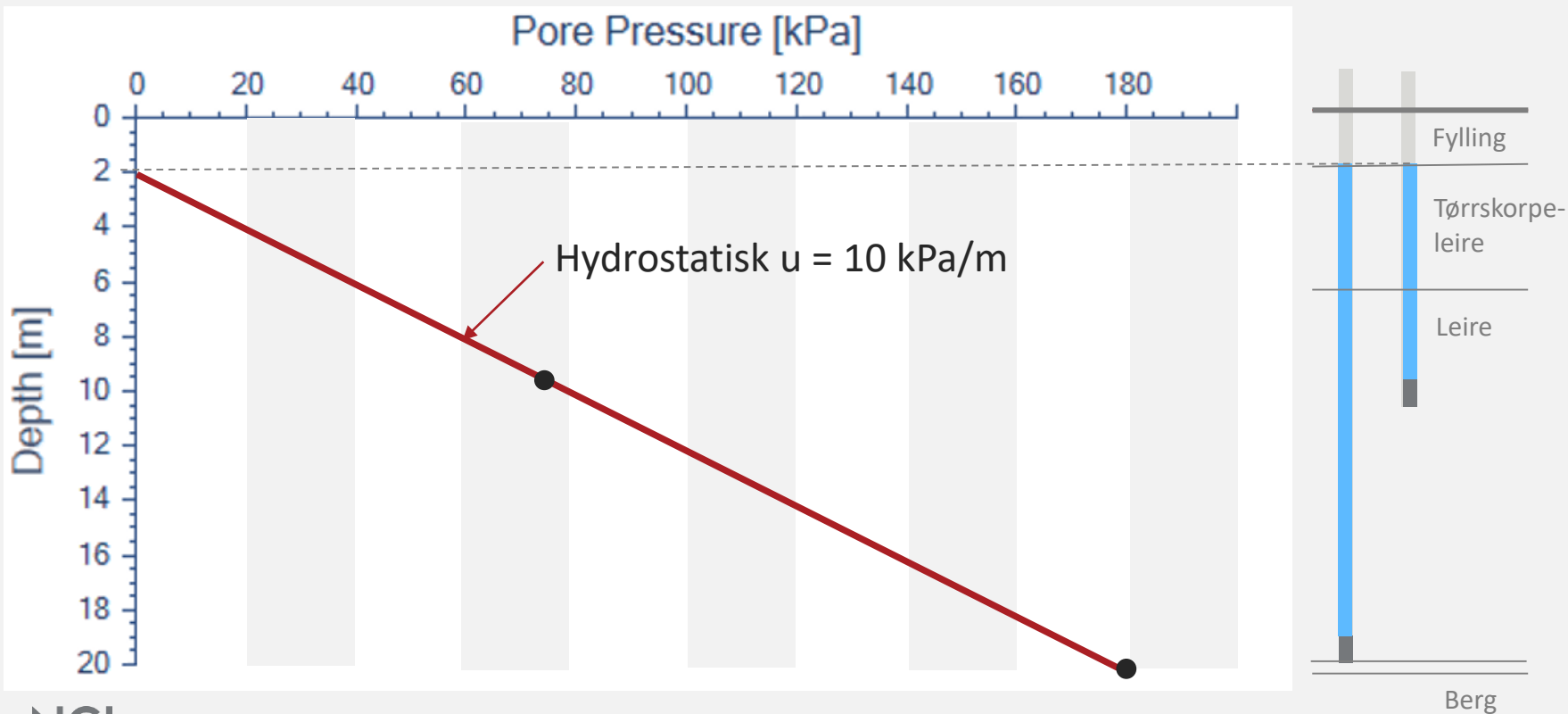
↗ Setningsegenskaper

- Forkonsolideringstrykk/overkonsolideringsgrad ✓ CPTU-sondering
- Stivhet, permeabilitet ✓ Prøvetaking (72 mm)
- ✓ Lab.undersøkelser (rutine, CRS)

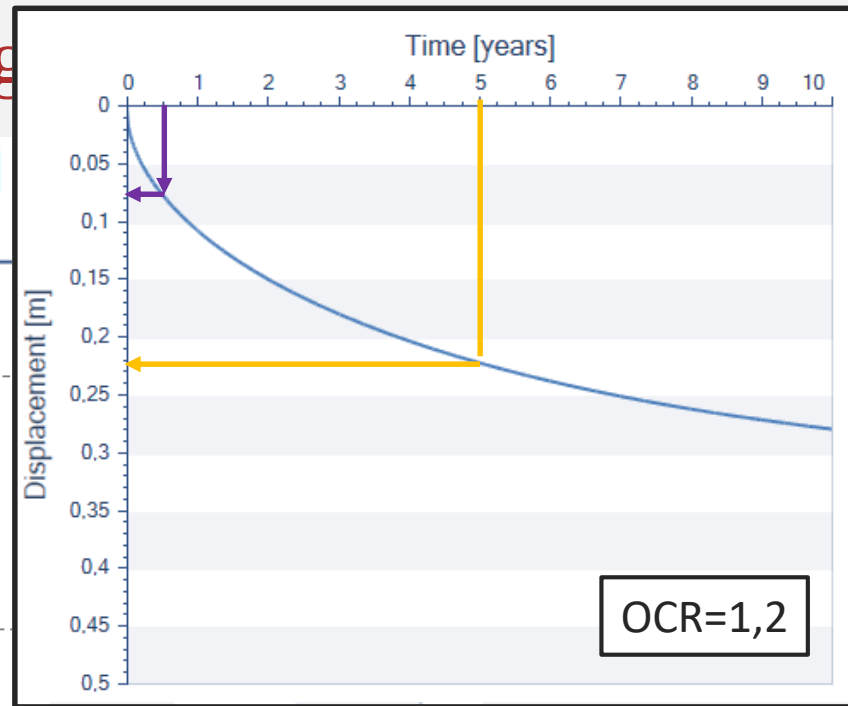
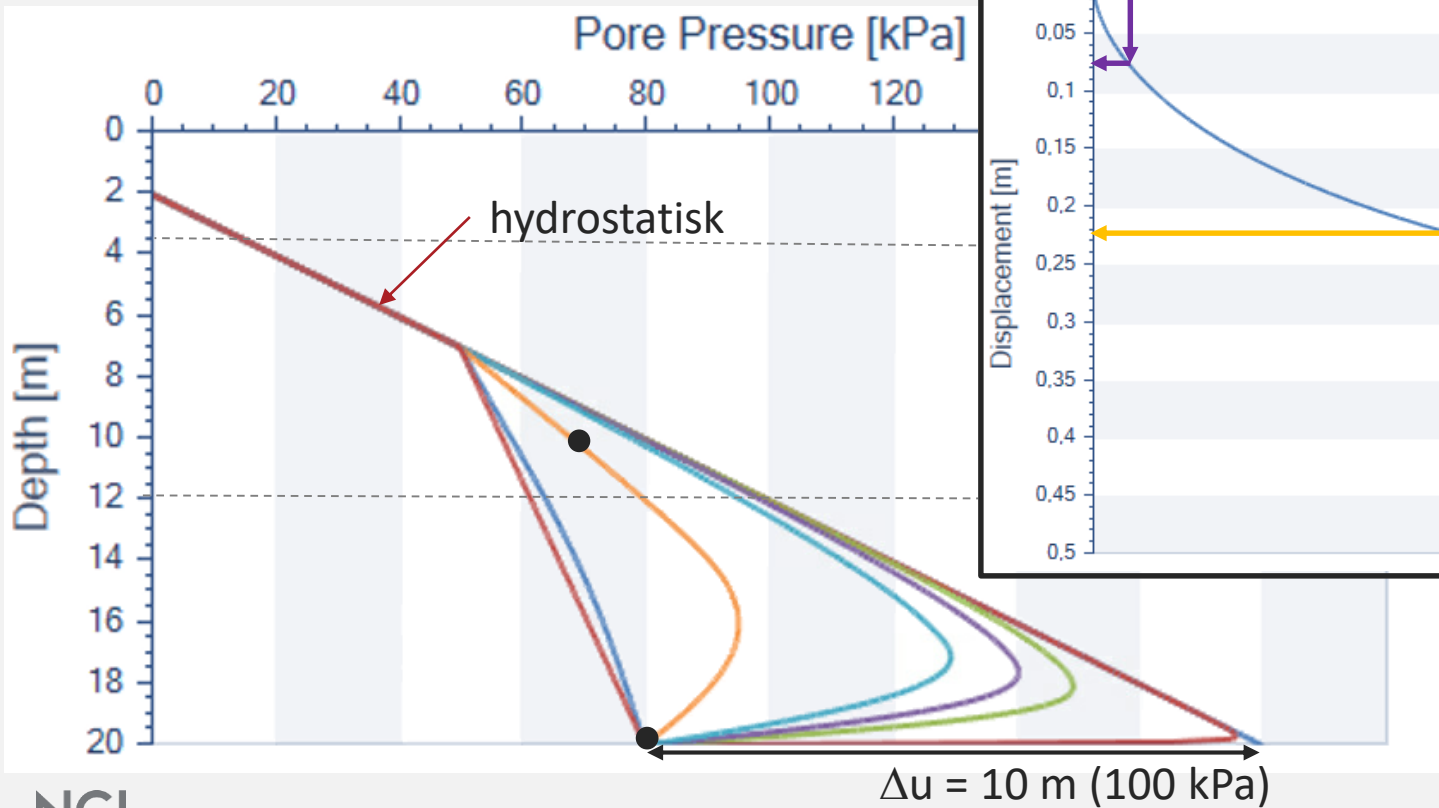
↗ Poretrykksmåling

- In-situ poretrykksfordeling → in-situ effektivspening ✓ Elektriske målere med logging
- Overvåking i anleggsperioden - alarmgrenser ✓ Må måle ved berg!

Eksempel: Poretrykksmåling – in-situ

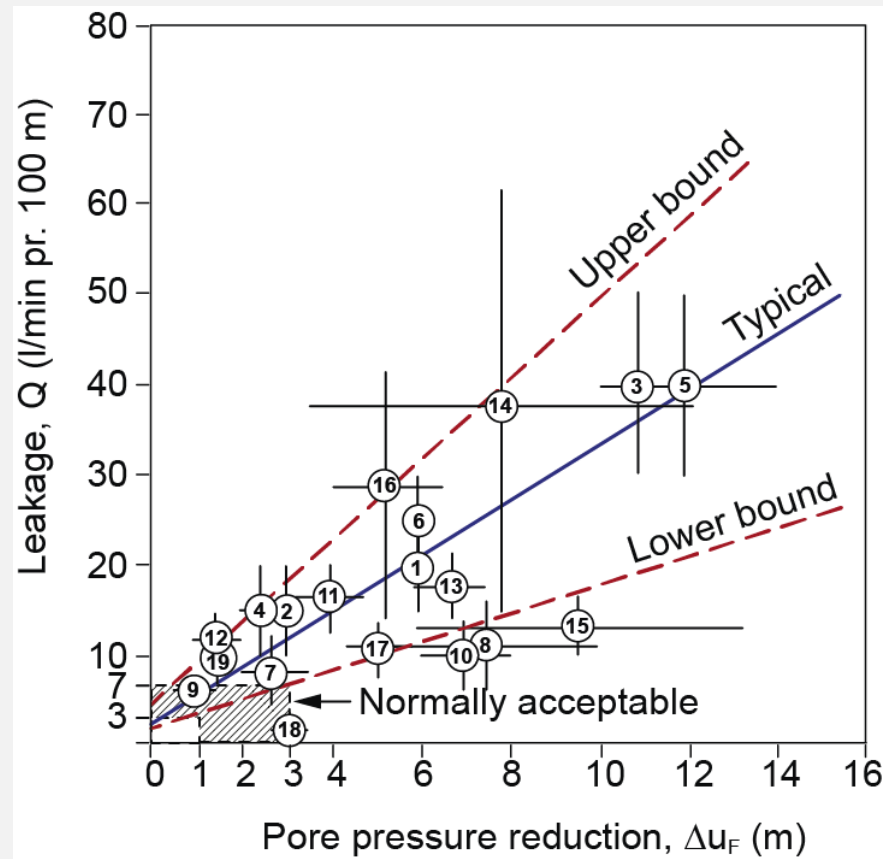


Eksempel: Poretrykksmåling



Tettekrav til tunneler – hvor stor poretrykksreduksjon Δu ?

- Erfaringsdatabase $q - \Delta u$
 - Tunneler frem til 2003
 - Stor spredning i data (q)
 - Δu ved berg rett over tunnelen
 - Lokale hydrogeologiske forhold
- Strenge krav til innlekkasje
 $q < 3-7$ l/min/100 m tunnel



(Ref: SVV Publikasjon 103)

Tettekrav til byggegrop og skjæringer

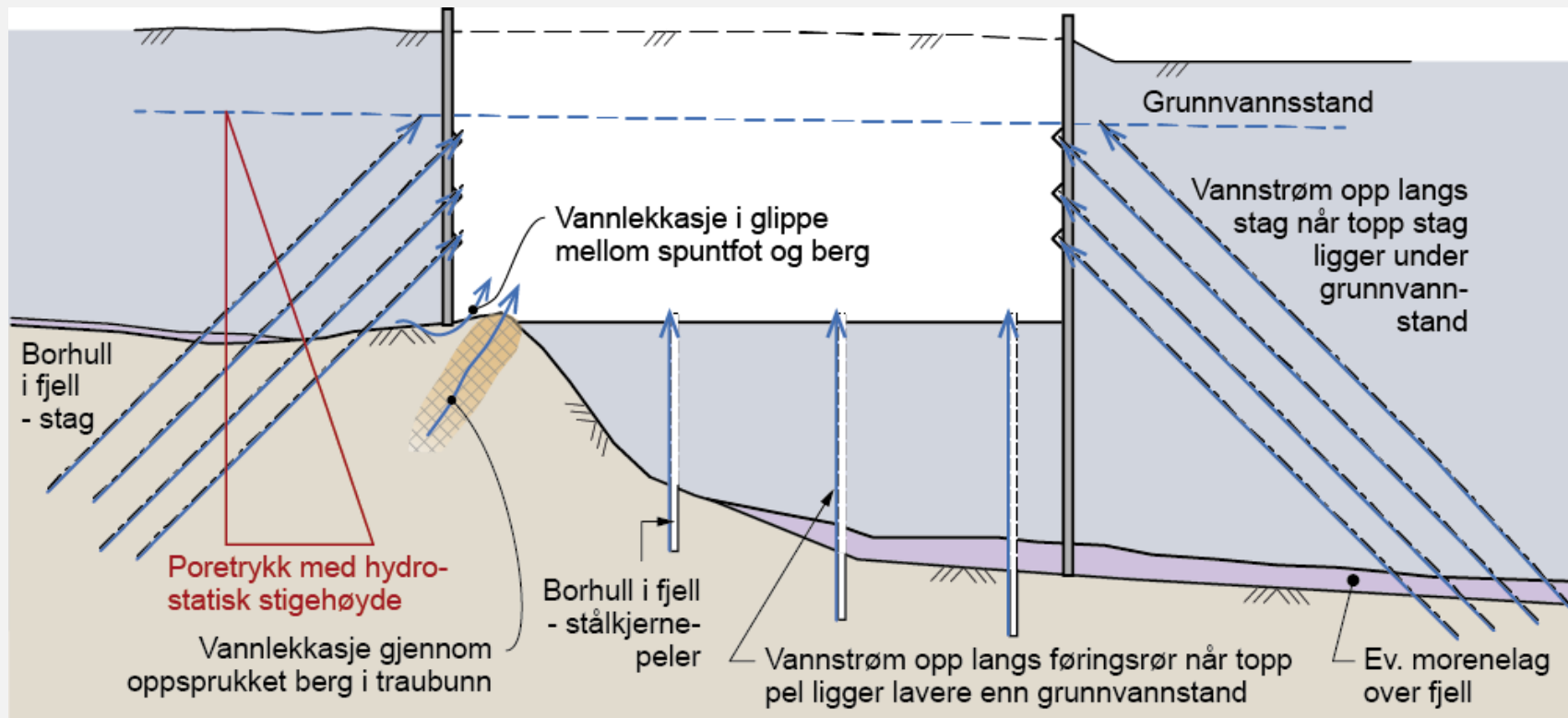
Bevisstgjøring:

Samme strenge innlekkasjekrav som for tunneler = ingen synlige lekkasjer

Utfordringer:

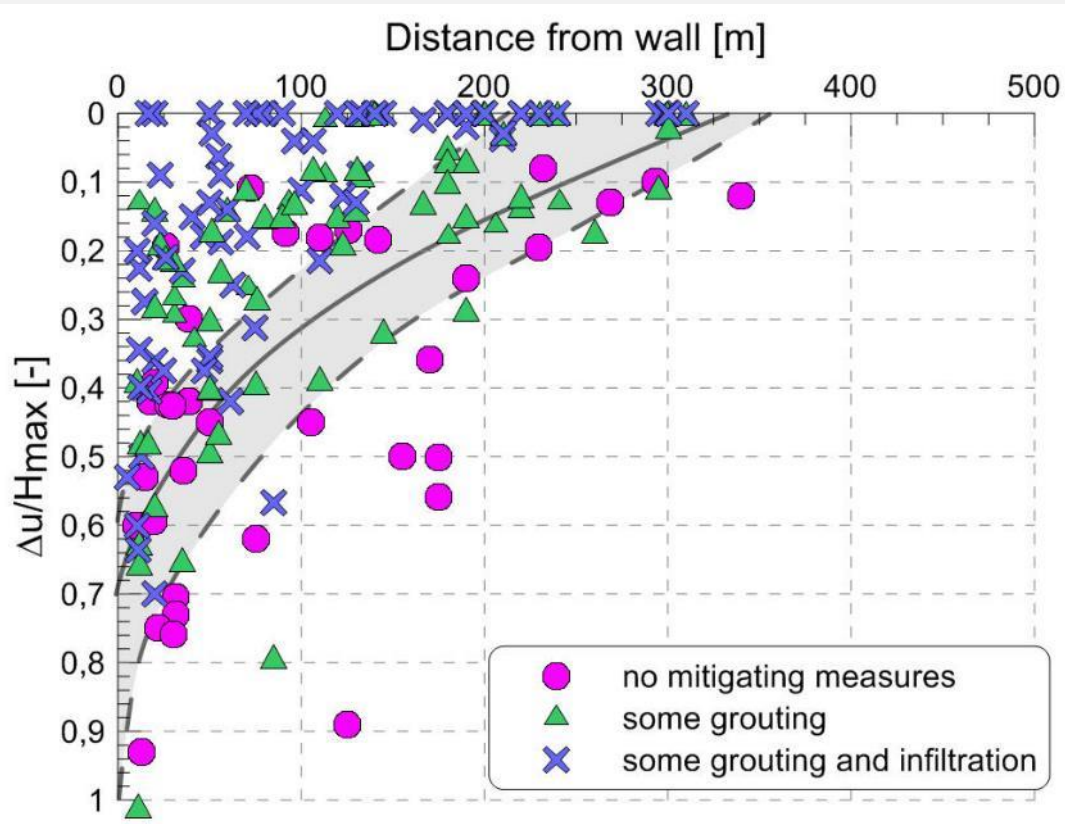
- Mange lekkasjepunkter (stort potensiale for drenasje)
- Vanskelig å måle vannmengder inn til byggegrop
 - Nedbør
 - Vann fra øvre akvifer
 - Vann fra anleggsmaskiner
- Akseptkriterier må baseres på poretrykk ved berg

Drenasjescenarier byggegrop

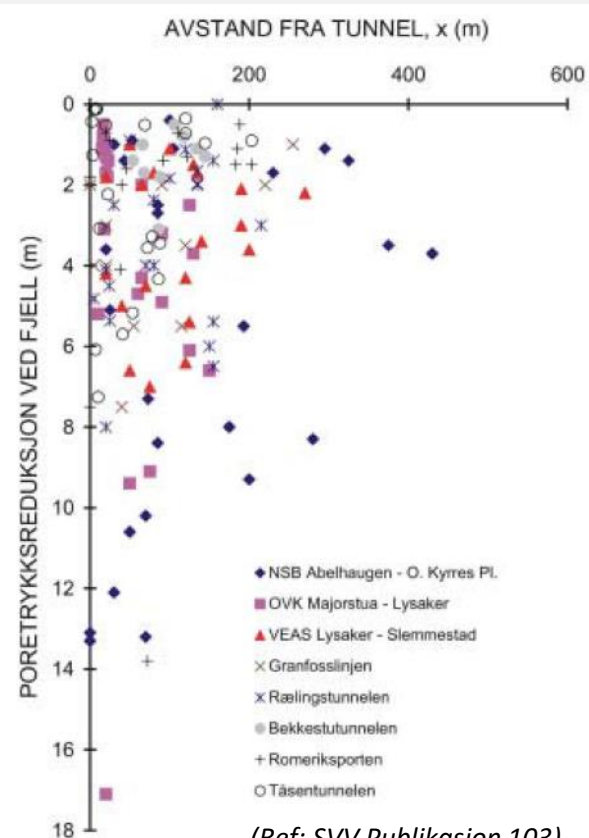




Byggegrøper – hvor poretrykksreduksjon Δu ?



Data from Braaten et. al (2004), Johansen (1990), Karlsrud (1990) and BegrensSkade (2015)



(Ref: SVV Publikasjon 103)

Eksempel på poretrykksreduksjon – Innføring Oslo S

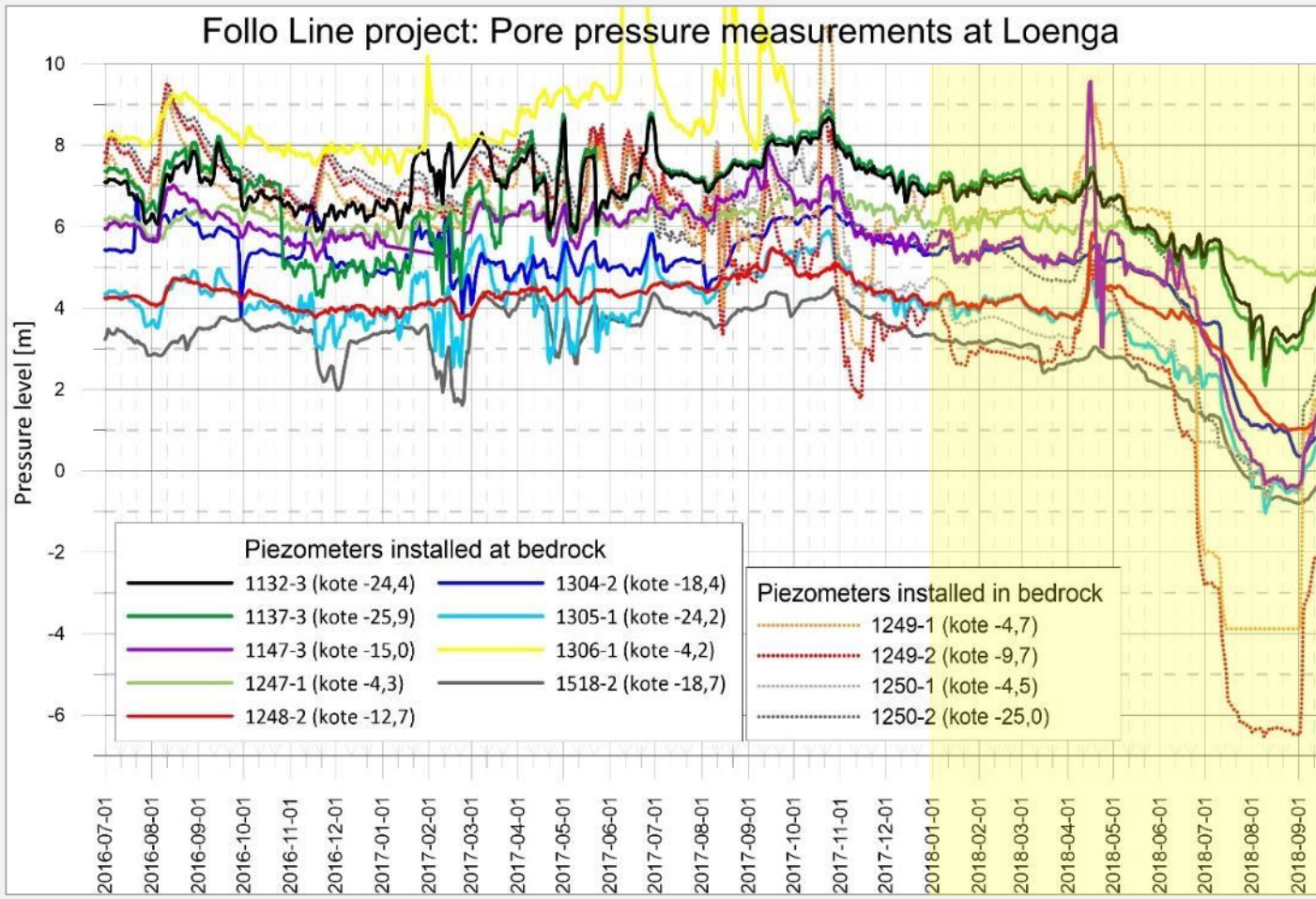


*Ref: Carsten Hauser, Fjellsprengnings-
/Bergmekanikk-/Geoteknikkdagen 2018*

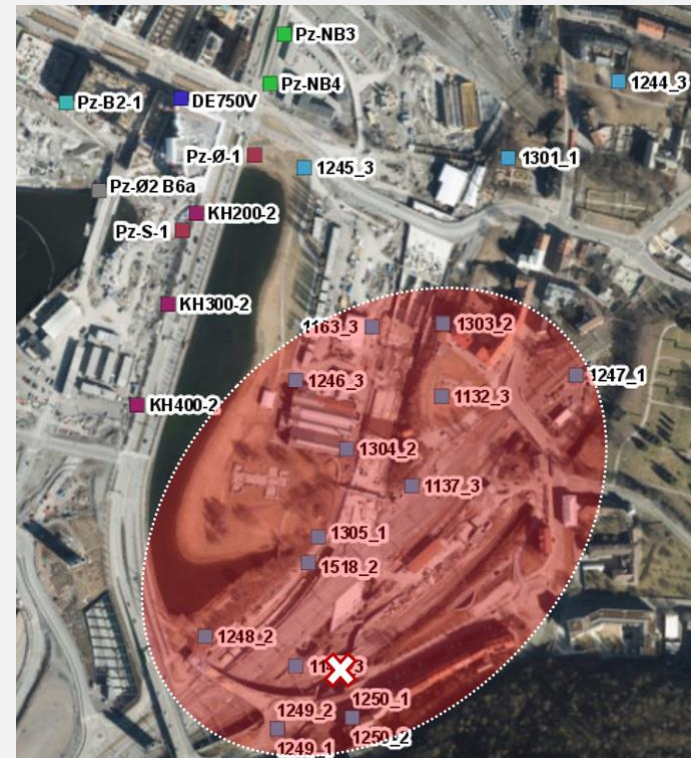
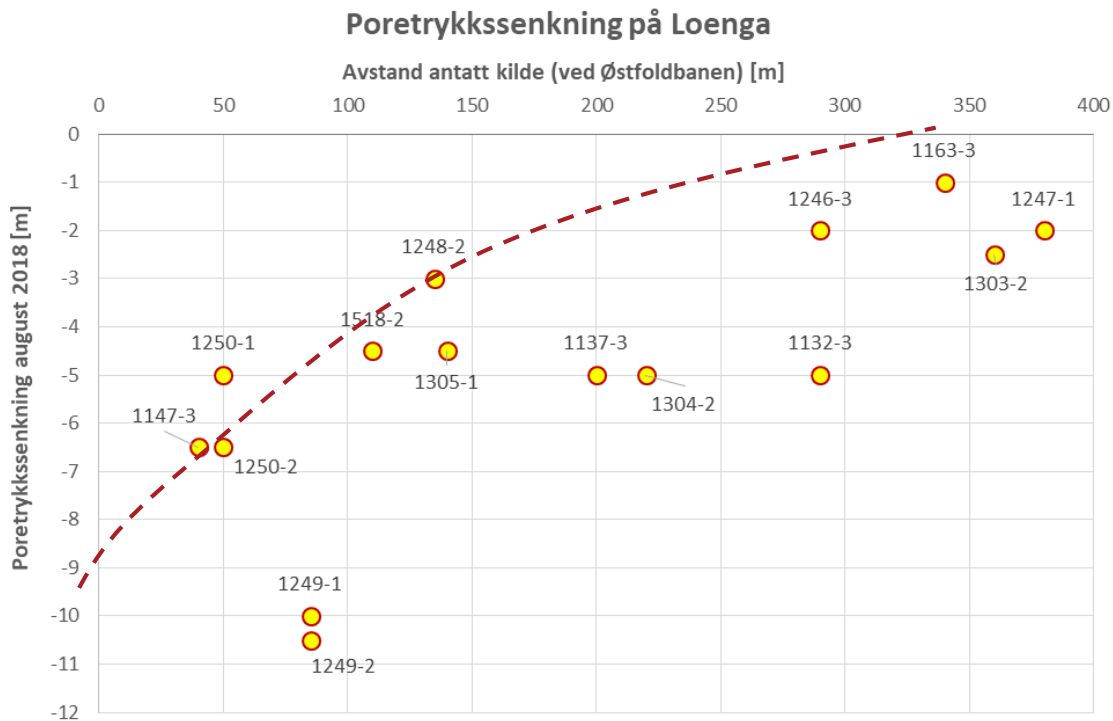


Poretrykksnivåer ved berg 2016 to 2018

Follo Line project: Pore pressure measurements at Loenga



Poretrykksreduksjon ved berg sommeren 2018



Oppsummering - geoteknikk

- Poretrykksreduksjon ved berg pga drenasje til tunnel eller byggegrop kan forårsake skader på omgivelsene – tidsforløp viktig
- Influensavstanden er opp mot 300-400 m (kan være enda større)
- Nødvendig med tilstrekkelig omfang geotekniske undersøkelser for å vurdere setningsfaren i tidlig prosjektfase
- Alle aktiviteter som kan forårsake drenasje må overvåkes med poretrykksmåling ved berg (tidlig varsel)
- Tiltak for å opprettholde poretrykksnivåer må prosjekteres på forkant (forinjeksjon, vanninfiltrasjon)

Tverrfaglig problemstilling!

Geoteknikk

- Setningsvurderinger (hvor stor blir Δu)
- Størrelse influensområde
- Behov for tiltak
- Overvåking

Hydrogeologi

- Effekter på naturmiljø
- Følsomhet akvifer (hvor stor blir Δu)?
- Størrelse influensområde

Ingeniørgeologi

- Risiko for vanninntrengning
- Hvilken tetting kan oppnås?
- Størrelse influensområde
- Retning injeksjonshull (byggegrop)
- Plassering/retning hull for vanninfiltrasjonsbrønner
- Valg av TBM-maskin

↗ **Hvor stor blir Δu ?**

↗ **Hvor tett kan man få det?**

↗ **Overvåking - tid**

↗ **Infiltrasjonsbrønner plassering**

↗ **Valg av TBM**

Spennende prosjekter fremover i bymiljø – behov for tverrfaglig kompetanse!



(Ref: Skøyen stasjon, Rute





#påsikkergrunn

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
NGI.NO



Bilde: Jernbaneverket, Jong-Asker



Bilde fra Geovita