

# Vårsleppet 2023

## Erfaringer med svellende bergarter

WERNER STEFANUSSEN

FAGSJEF INGENIØR GEOLOGI RAMBØLL NORGE

**RAMBØLL**

Bright ideas.  
Sustainable change.

# ERFARINGER FRA GUATEMALA, CHILE, DOMINIKANSKE REPUBLIKK OG PANAMA

- Guatemala 1993-95
- Chile 1998-2013 (3 prosjekt)
- Dominikanske republikk (2003-2007)
- Panama (2013)



# Svellende mineraler og bergarter



- **Minerals**

- Smectite (one of the montmorillonites).
- Montmorillonite is one of the main minerals in weathered/desintegrated volcanic ash.

- **Swelling rock types**

- Volcanic ash (red tuff or lutite)
- Sandstone, claystone and conglomerates

# Påvisning og undersøkelser

- **Geological investigations**

- Mapping (geological formations)
- Experience
- Core drillings

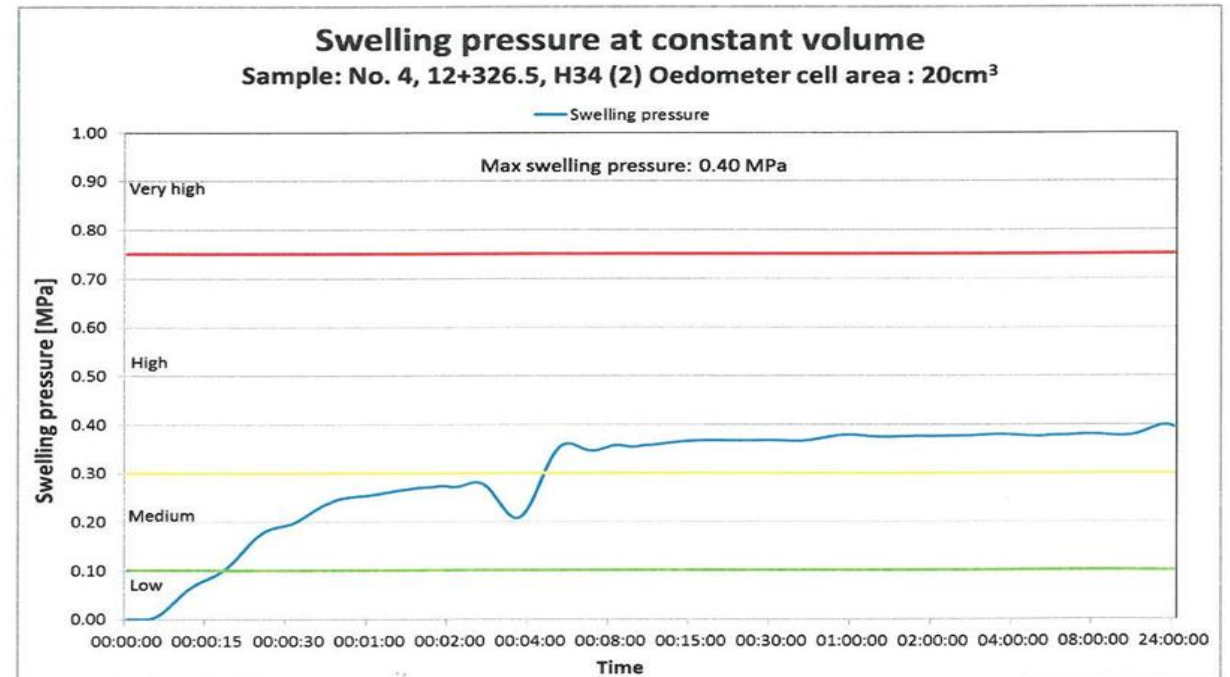
- **Laboratory analysies**

- Mineralogical analysis (XRD to detect smectite, zeolite and hematite)
- Free swelling potential (low, medium, high, very high)
- Ødometer (swelling potential in Mpa)
- Index-testing (Ethylen Glycol +Liquid Limit)
- Cyclic test (several years)



# Svellepotensiale -ødometeretest

- Kjent fra svelleleire
- 20 cm<sup>3</sup> prøve
- Utsettes for ekstrem behandling
- Resultat i MPa (kPa)
- Usikkerheter?
- Dimensjonerende svelletrykk?



Free swelling = 100

# Andre metoder?

- **Praktisk test**

- Hematitt (jernoksyd)
  - Frostvæske (etylenglykol)
  - Zeolitt
- 
- I vann på kontoret



# Ethylenglykol og Atterbergs flytegrense (Liquid Limit)



- Sør-Afrika
- Hematitt
- EG gir aksellererende forvitnings-prosess

# Degradering av berg





# Nivå 3



# Atterberg liquid limit



# EG-LL indeks

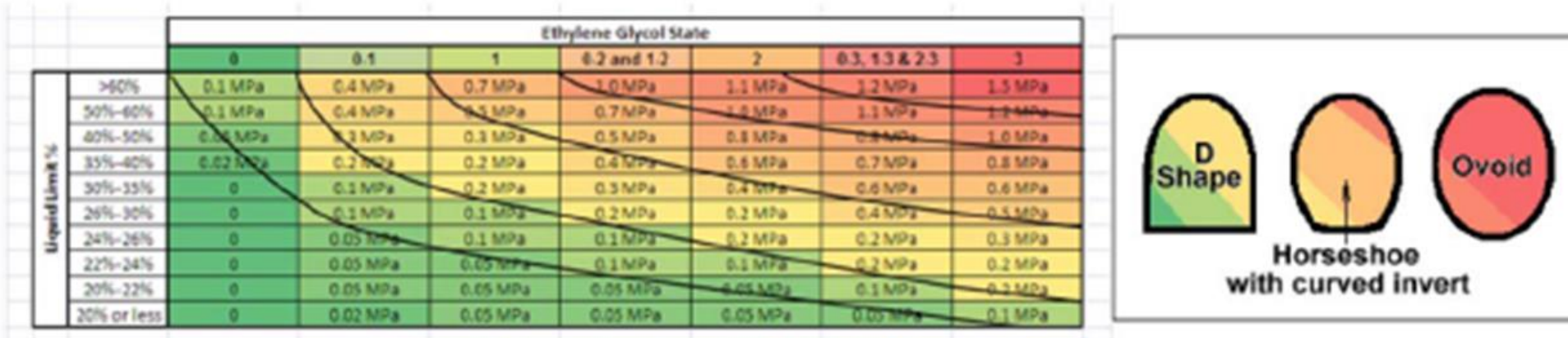


Figure 15: Matrix diagram for estimating design support swell pressure and support design shell shape based upon Ethylene Glycol state and Atterberg Limits determinations (<#100 Sieve size material)

- Standardisert metode?
- Repeterbarhet?
- Design-resultat?

# Zeolitt

- *Zeolitt er først og fremst et helt trygt, basedannende kosttilskudd.*
- *Det kan brukes både innvortes og utvortes. Fordelene øker med kontinuerlig bruk. Ref Altshop.no – mat og matvarer.*
- *Gresk: "Jeg koker sveller og skummer ved oppvarming"*
- **Betydning for svellegenskaper i berg:**
- Aluminiumsilikat som avgir vann ved oppvarming.
- Trekker til seg vann ved fukting, samtidig som det utøver et svelletrykk.

# Forekomst i bergmassen



# Zeolitt

- Zeolitt avgir vann ved tørking, og tar opp vann igjen ved vannmetting og utvikler svelletrykk
- Andel Zeolitt i forhold til Smectitt (Z/S-forholdet) har betydning for svelletrykket.
- $Z/S > 1$  kan medføre at svelletrykket øker opptil 3-4 ganger i forhold til svelletrykket i beegmassen som måles i ødometertesten.

# Dimensjonerende svelletrykk?

- **Mao et all (NTNU 2010) sier (oversatt av forfatteren):**

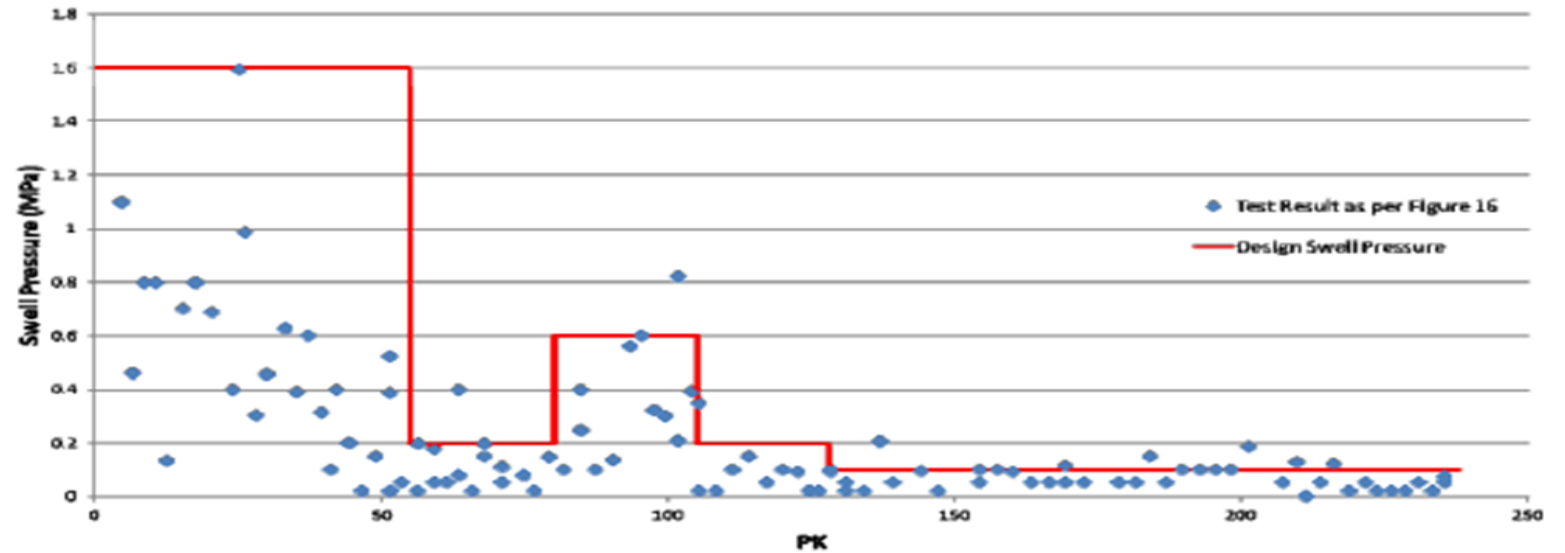
- *“Målt svelletrykk og fri svelling er i prinsippet å benytte som indeks testing. Svelletrykket målt i laboratoriet er ikke representativt for in-situ svelletrykk i bergmassen fordi:*
- *Designtrykket bør også vurderes ut fra at det går en tid fra sprengning til sikringsinstallasjon. Undersøkelser ved NTNU viser at det kan være opptil **50% lavere svelletrykk** in-situ i forhold til lab-resultatet”.*

- **Carter et all (2010) (oversatt av forfatteren):**

- *“Sammenligning av resultater fra syklisk testing og pulvertester i ødometer viser at det kan være en faktor på **1/3 til 1/4 av det som er målt i ødometer**. Hvorvidt dette er anvendelig som et designkriterium er et hovedspørsmål, og betydningen av hematitt som innkapsler mineralene er fortsatt ikke avklart”.*

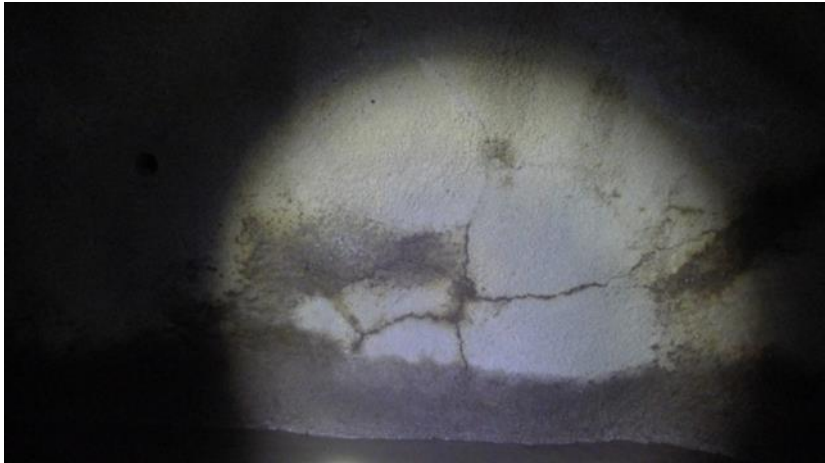
# Hvordan bestemme designtrykket?

- Fri svelling
- Lab-test ødometer
- EG+LL
- Zeolitt
- Erfaringer
- Korreksjonsfaktor?
- Maksimalt svelletrykk?
- Sikringsfilosofi?





# Deformasjon og oppsprekking



# Deformasjon i sålen



# Rasutvikling i vanntunnel



# Reaksjonstid

Umiddelbart

1 mnd

6 mnd

1 år

4 år

8 år

??

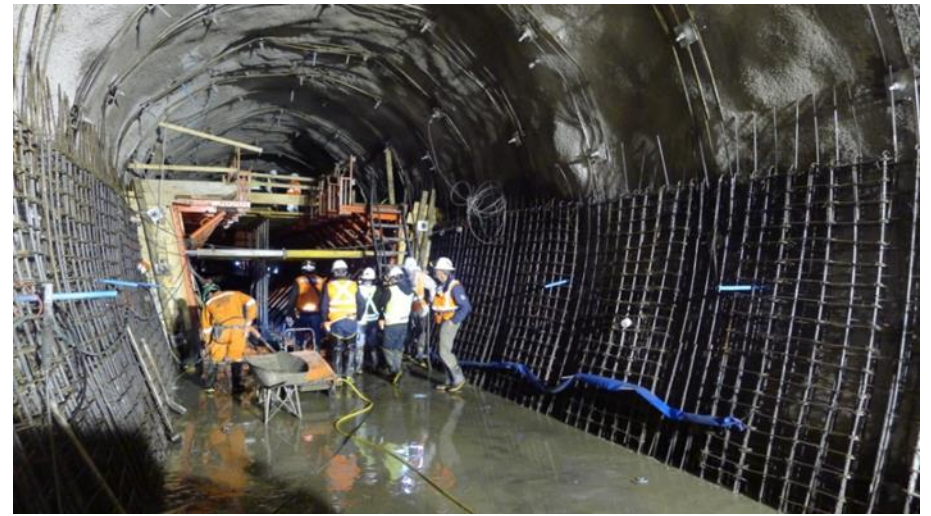


Mov04841.mpg

# Armerte sprøytebetongbuer (P=0,3 MPa)



# Armert såle og vegger for $P=0,6$ MPa



# Kraftig armert såle for $P=1,6$ MPa





# Midlertidig sikring med stålbuer



# Full utstøpning med skinnegående forskalingsmaskin



- 12 meter lange forskalingsformer
- 12 m/døgn

# Hurtig forvitring

- Bergprøver som har vært utsatt for forvitring i dagen under normale tropiske forhold.
- Byggelederen har grunn til å se bekymret ut.
- **Takk for oppmerksomheten!**

