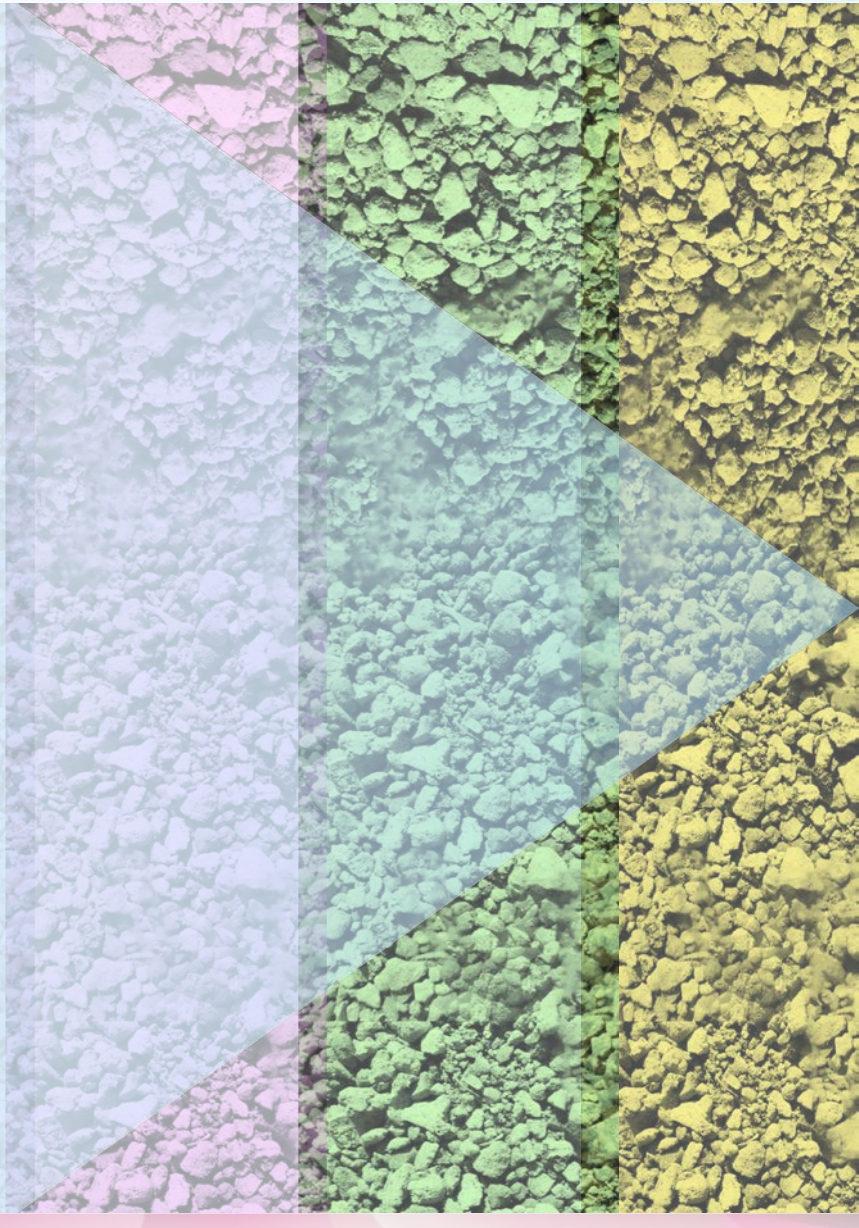
SR-Gruppen A/S JUN HEJLESEN HANSEN

Kalkstabiliseret lerjord i vejkassen

anvendelse og dimensionering



VEJFORUM 07.12.2022
ml@sr-gruppen.dk &
hej@junh.dk

Fra noget en bæltemaskine ikke kan køre i, til kørestabilt underlag for lastbiler

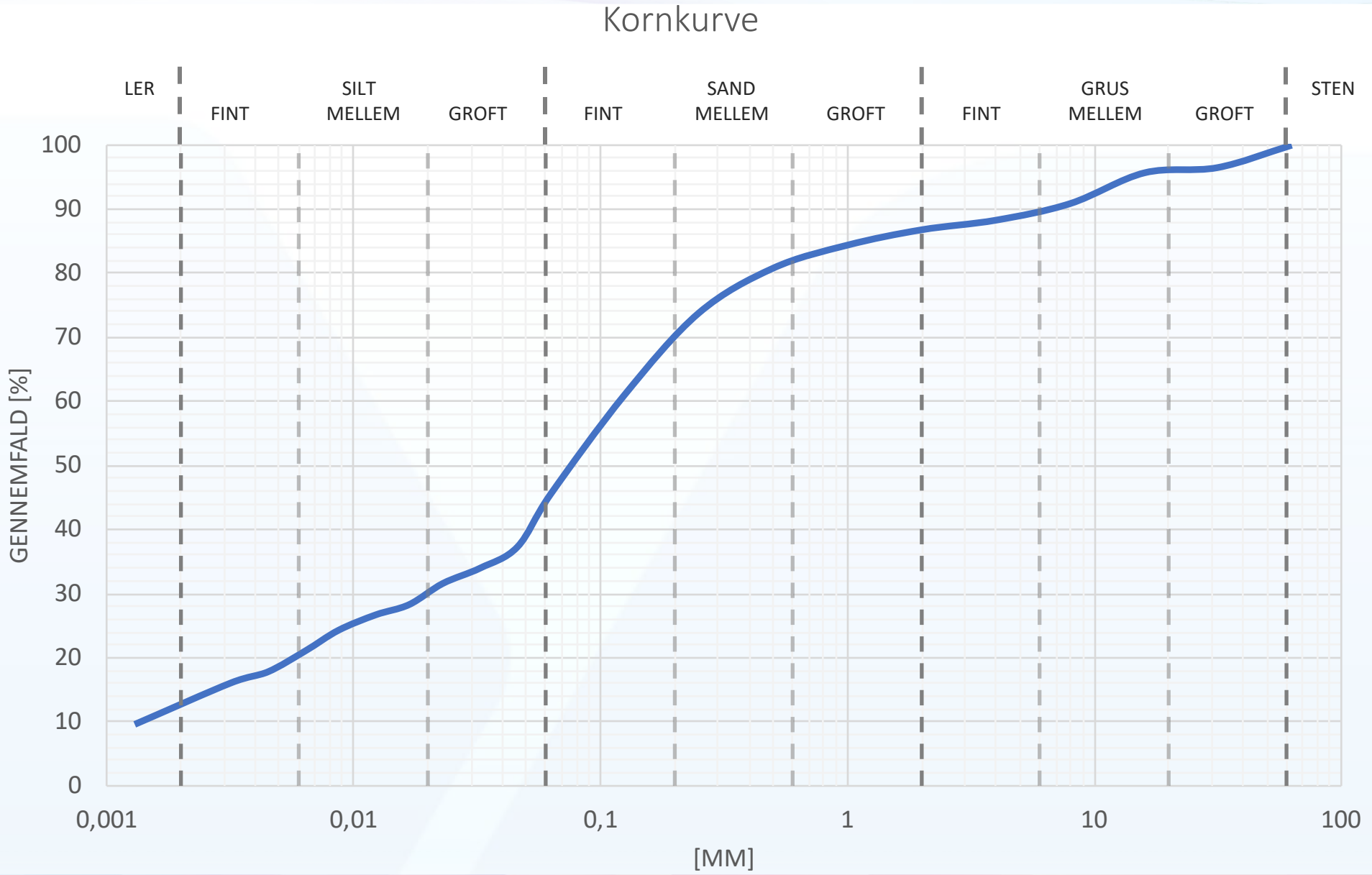
I 2020 byggede vi 3,5 km vej i Sønderborg med 50 cm
kalkstabiliseret lerjord, 25 cm BSM og 5 cm SMA 11

Påvisning af egenskaber for kalkstabiliseret lerjord

Pilotprojekt udført i 2022

- Kapillær stighøjde
- Frostfarlighed
- E-modul

- ca. 13 % ler
- ca. 32 % silt
- Samlet 45 % filler
- ca. 25 % fint sand
- Samlet 57 % silt og fint sand
- Ip = 9 %
- Farve: brun
- Moræneler siltet/sandet eller moræneler stærkt siltet/sandet



Frosthævnings risiko	Mindste koblingshøjde		
	Frostsikker	Frosttvivlsom	Frostfarlig
Materiale-typer / Trafik-klasse	Sand og grus uden betydende partier af silt og siltholdigt ler	Moræneler, ler og stabiliseret underbund[2)]	Silt og meget siltholdige jordarter med mulighed for vandtilførsel, forbrændingsslagge og flyveaske[1)] og stabiliseret underbund[2)]
T0, T1	Som bestemt ud fra Analytisk-Empirisk Dimensionering	400 mm	500 mm
T2		500 mm	700 mm
T3		600 mm	800 mm
T4, T5, T6, T7		700 mm	900 mm

1) Aktuel frosthævningsrisiko bør fastlægges ved laboratorieundersøgelse.

2) Se afsnit 5.4.

Figur 5.3 Mindste koblingshøjder under hensyn til frosthævningsrisiko og trafikklasse.

Stabilisering og fremstilling af prøveemner

- Naturligt vandindhold 15,2 %
- 1 % kalk
- Materiale udtaget efter fræsning i marken
- Prøveemner indbygget med vibrationshammer
- Prøveemner lagret ved 20°C i 90 døgn pakket ind i plast

Kapillærestighøjde

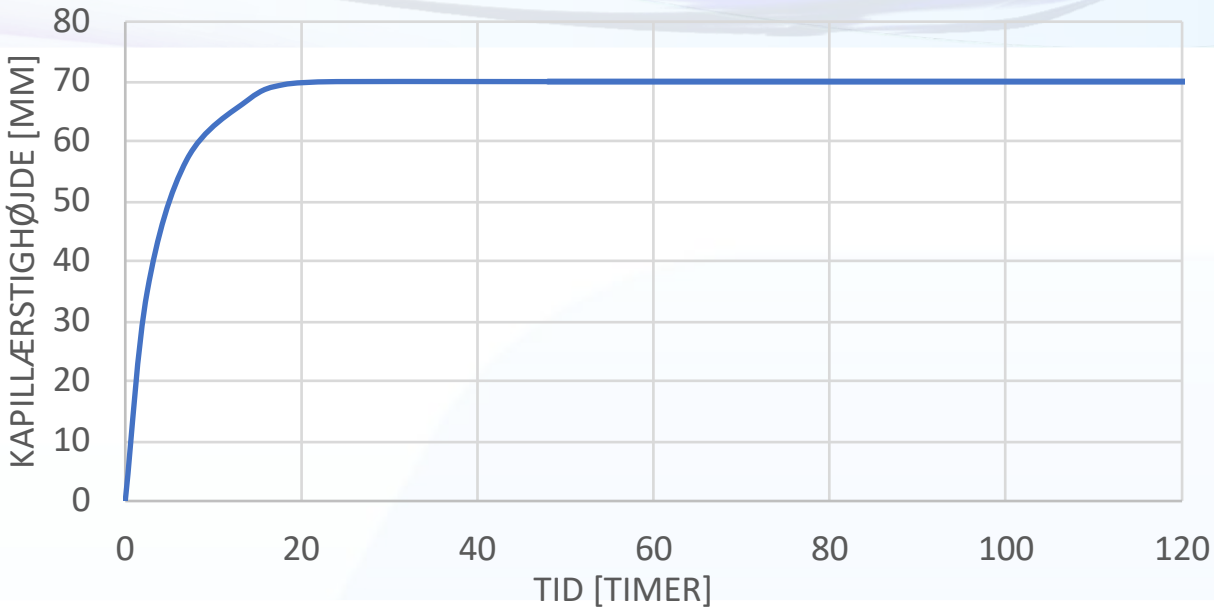
- **Bulletin No. 5, Ellen Louise Mertz, Geoteknisk institute , 1959**
- ***"Siltsedimenterne … Permeabiliteten er kendeligt ringere end for sand og grus, og stærkt aftagende indenfor selve gruppen. Den kapillærestighøjde er relativt stor, og vandopsugningen relativt hurtig, hvorfor siltjordarterne er særdeles opfrysningsfarlige"***

- ***"Lersedimenterne er kohæsions jordarter med så ringe permeabilitet, at jorden snarest må kaldes vandstandsende. Den kapillære stighøjde er overordentlig stor, men vandopsugningen sker så langsomt gennem de fine porer, at ler kun under ugunstige forhold (såsom lange frostperioder og højt grundvandsspejl) er opfrysningsfarlig. "***

Kapillærestighøjde

- 70 mm inden for 1 døgn
- 70 mm efter 11 døgn

- Vasket sand 30 – 210 mm
- Vasket grus < 30 mm
- Coated Leca 100 mm
- Opskummet glas 120 mm



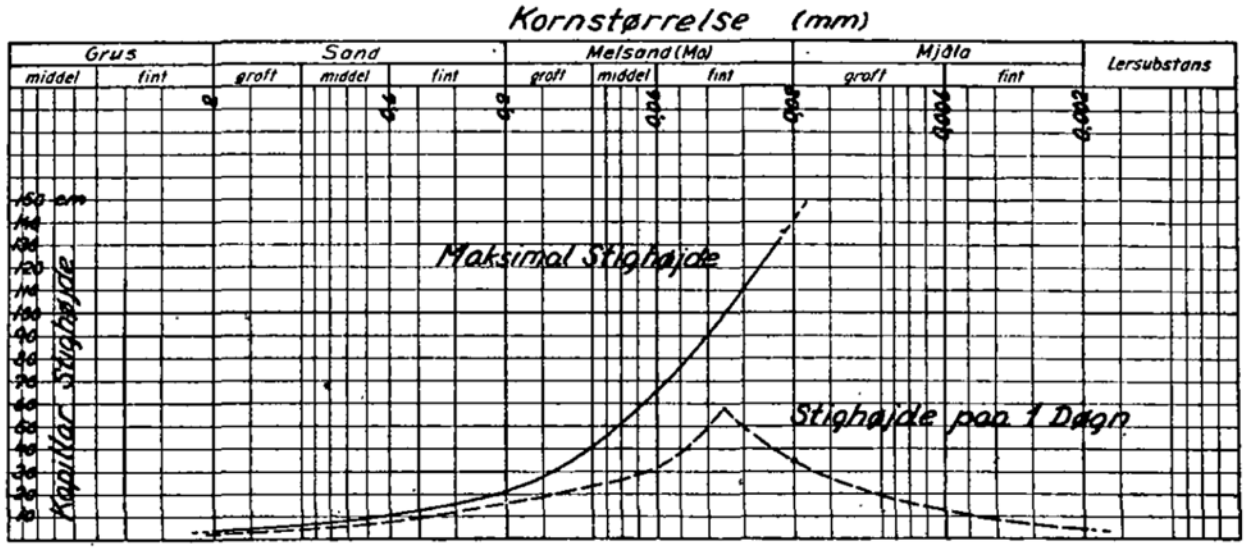
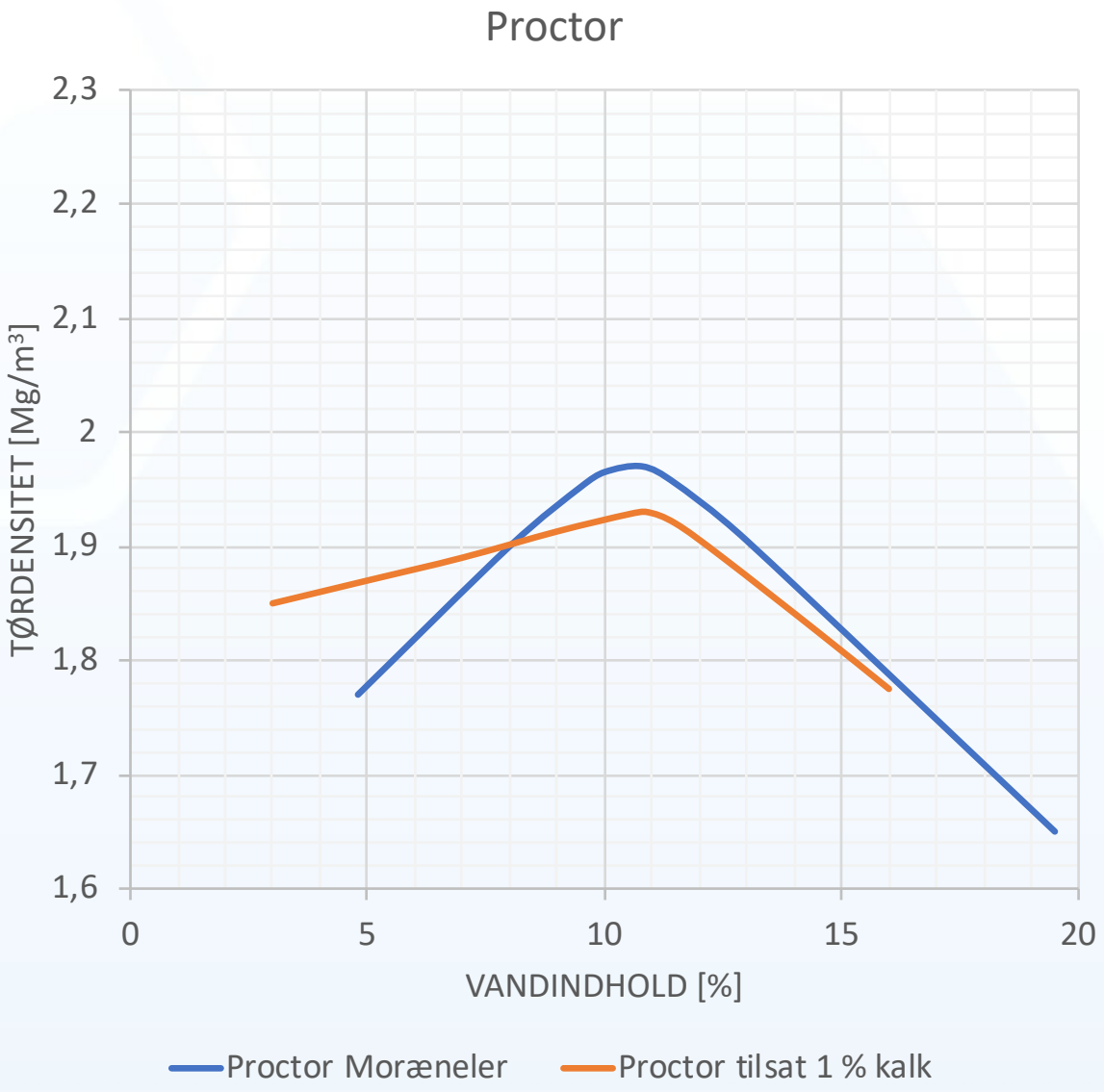
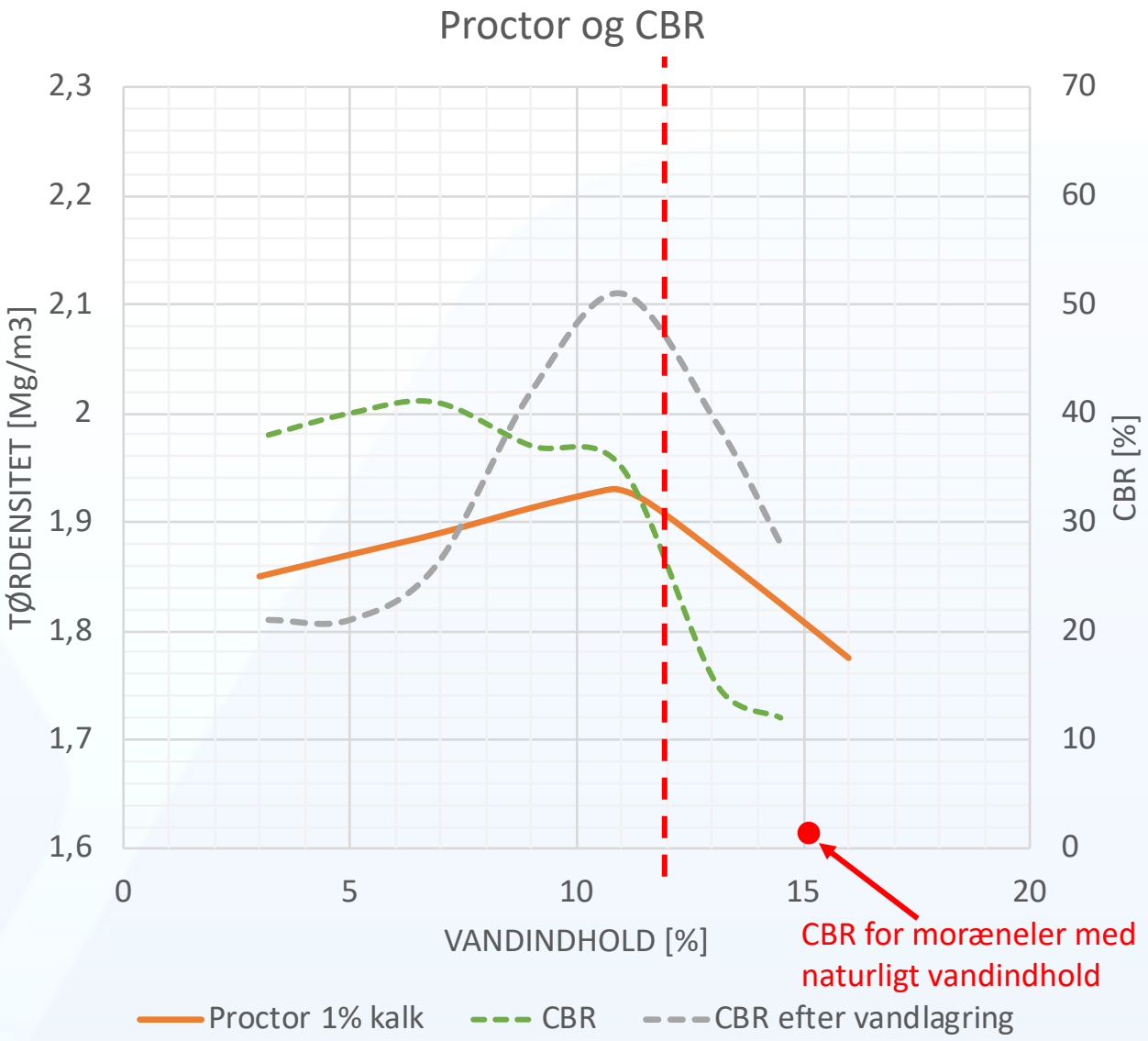
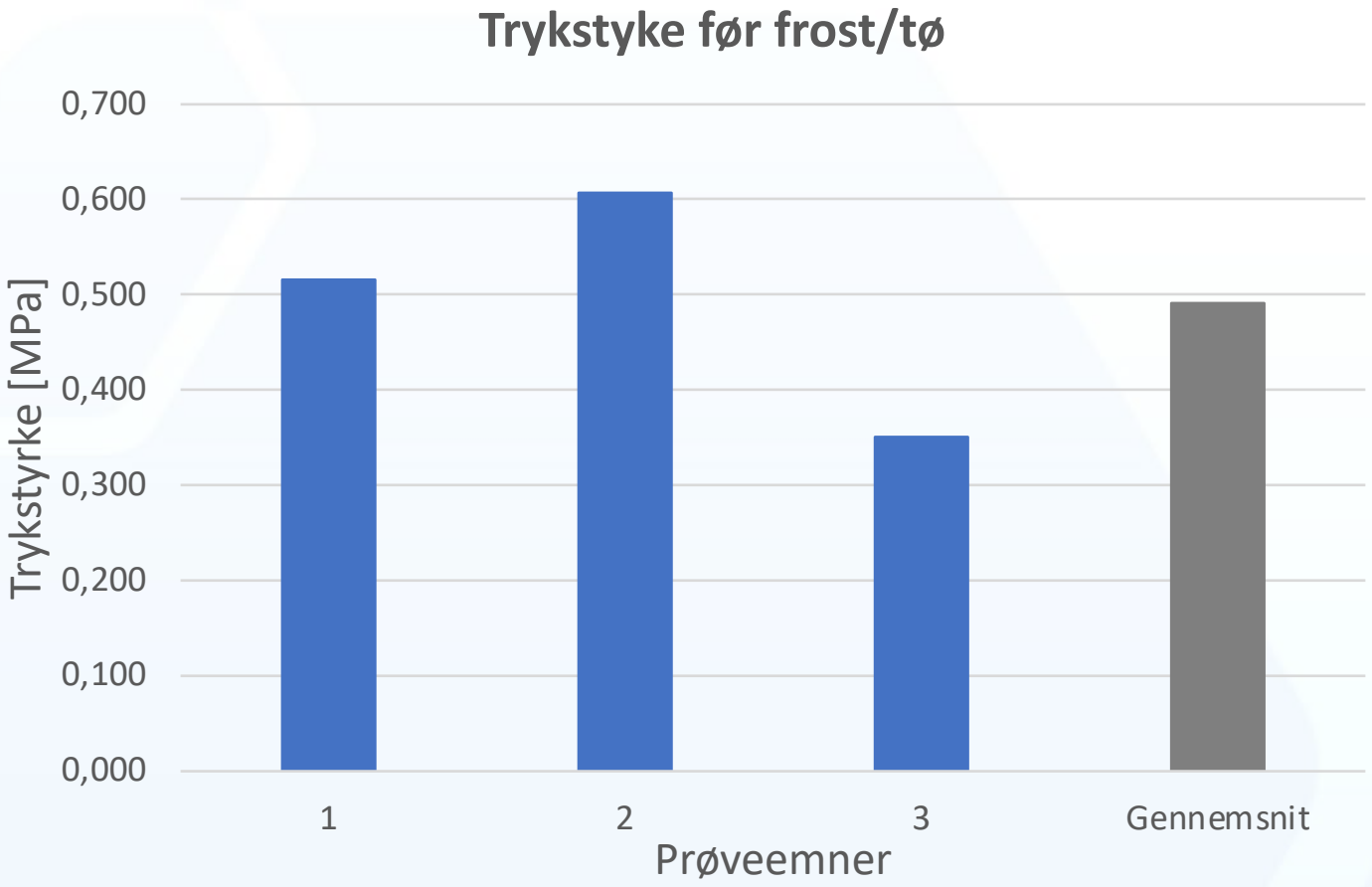


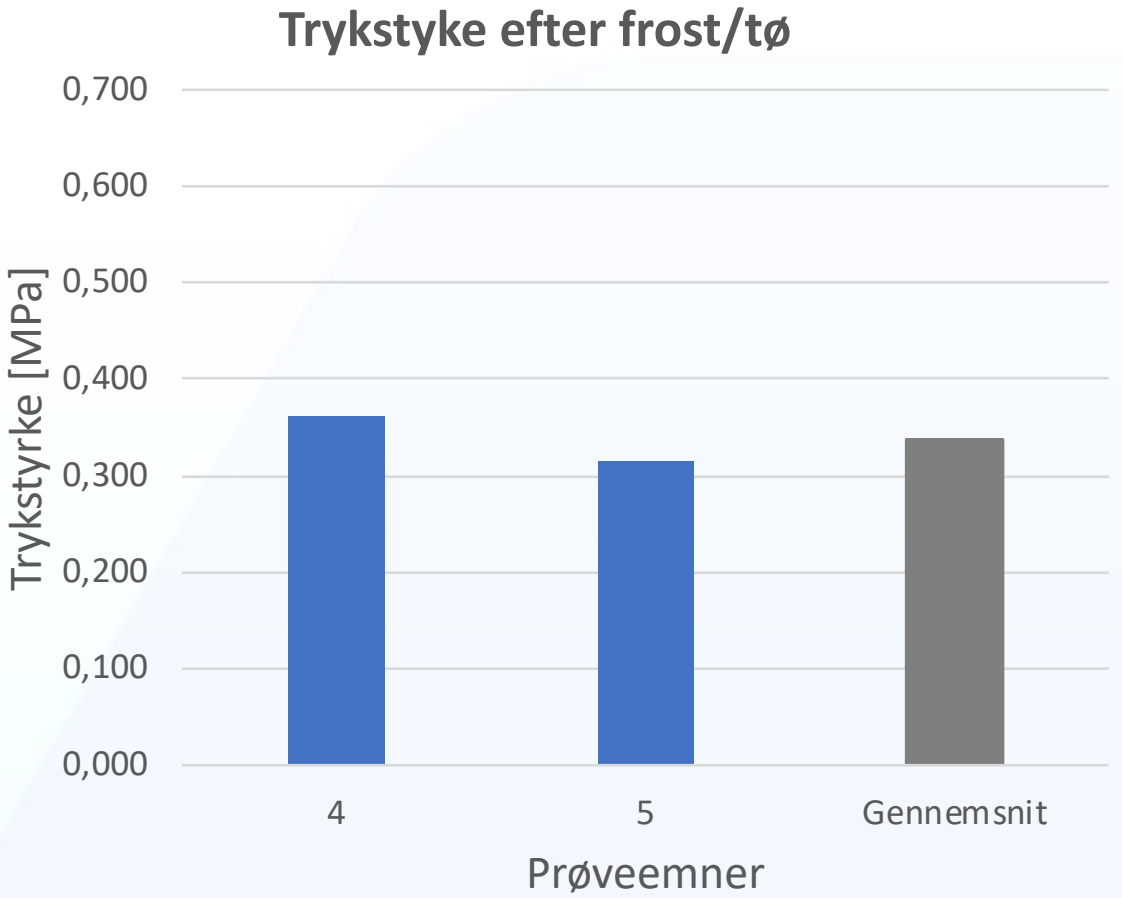
Fig. 3. Kurver for kapillaritet samt kapillær stighøjde for et døgn (efter G. Ekstrøm).

Fra: **Bulletin No. 5, Ellen Louise Mertz, Geoteknisk institute , 1959**


Proctor
2,3
2,2
2,1
2
1,9
1,8
1,7
1,6
TØRDENSITET [Mg/m³]
0
5
10
15
20
VANDINDHOLD [%]
Proctor Moræneler
Proctor tilsat 1 % kalk


Proctor og CBR
2,3
2,2
2,1
2
1,9
1,8
1,7
1,6
TØRDENSITET [Mg/m3]
70
60
50
40
30
20
10
0
CBR [%]
0
5
10
15
20
VANDINDHOLD [%]
CBR for moræneler med naturligt vandindhold
Proctor 1% kalk
CBR
CBR efter vandlagring


Trykstyke før frost/tø
0,700
0,600
0,500
0,400
0,300
0,200
0,100
0,000
Trykstyrke [MPa]
1
2
3
Gennemsnit
Prøveemner


Trykstyke efter frost/tø
0,700
0,600
0,500
0,400
0,300
0,200
0,100
0,000
Trykstyrke [MPa]
4
5
Gennemsnit
Prøveemner

Trykstyrker

- Gennemsnit før frost/tø: 0,491 MPa
- Forst/tø-cykler udført på naturfugtige prøver (opbevaret i plastposer)
- Gennemsnit efter frost/tø 0,338 MPa
- Reststyrkeforhold: 69 %

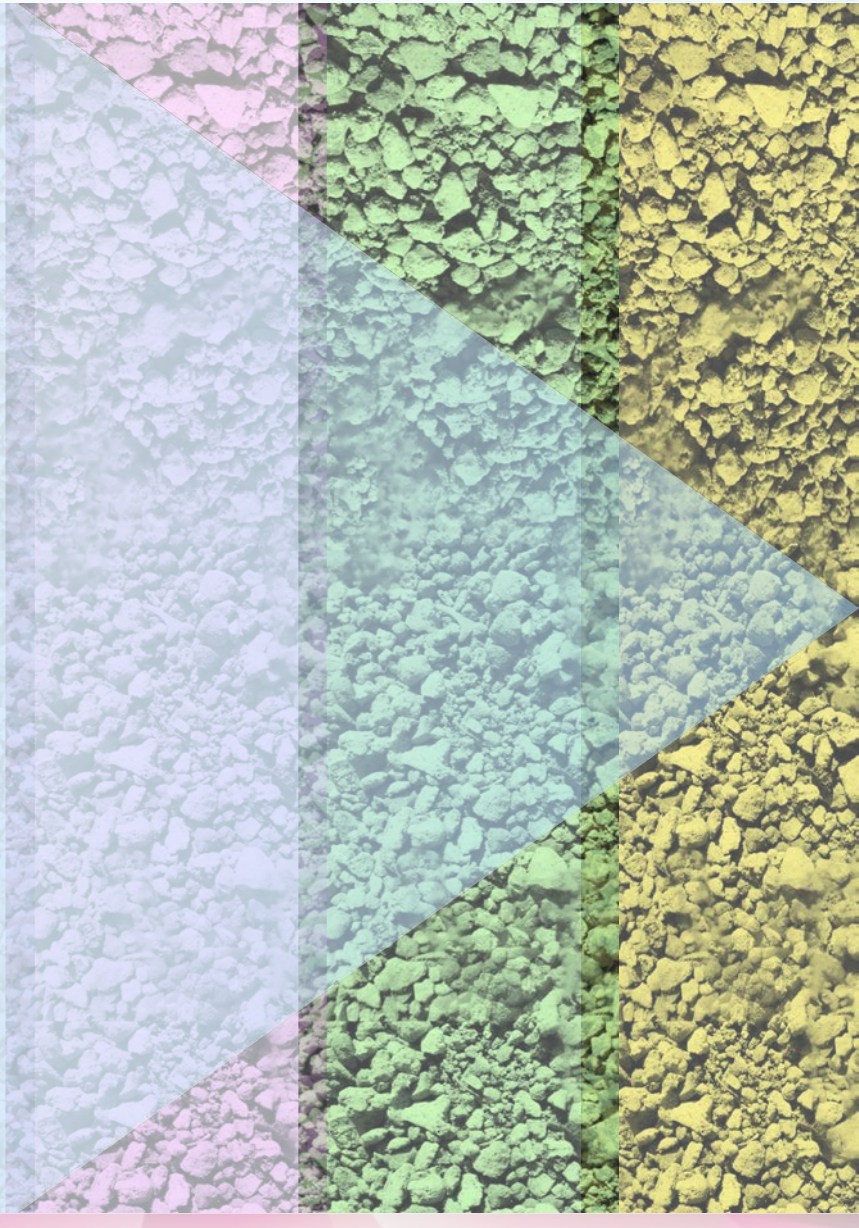
E-modul og dimensionering

- $E = 17{,}6 \cdot CBR^{0{,}64}$ (MPa) eller $E = 10 \cdot CBR$ (MPa)
- CBR før vandlagring = 26 => E-modul ≈ 142 - 260 MPa
- CBR efter vandlagring = 47 => E-modul ≈ 207 - 470 MPa
  - Trykstyrke ≈ vingestyrke og $E_{oed} = \frac{1000 \cdot c_u}{w}$ eller $E_{oed} = \frac{4000 \cdot c_u}{w}$ og $E = 3 \cdot E_{oed}$
- Trykstyrke før frost/tø = 0,491 => E ≈ 123 - 491 MPa
- Trykstyrke efter frost/tø = 0,338 => E ≈ 85 - 338 MPa
- Dimensionering:
  - Bundsikring af sand og grus E-modul = 100 – 150 MPa
  - Stabilt grus ved dimensionering: 300 – 350 MPa

Hvad så herfra?

- Flere forsøg med kalkstabiliseret lerjord, som bekræfter:
  - Kapillærestighøjde lille
  - Trykstyrke før frost/tø ca. 0,5 MPa
  - Reststyrkeforhold efter frost/tø ca. 70%
  - E-modul svarer til bundsikring (selv ved lave kalk mængder)

- Fremtiden
  1. Kalkstabiliseret lerjord kan erstatte bundsikring af sand og grus
  2. Kalkstabiliseret lerjord kan erstatte bærelag af stabilt grus

Tak for jeres opmærksomhed

Spørgsmål