DTU

Udvikling og test af støjskærme i stampede lerkonstruktioner af overskudsjord

Projekt med Region Hovedstaden

Ida Bertelsen, Postdoc, DTU Sustain
imgber@dtu.dk

Agenda

- Min baggrund
- Projektinfo og –idé: Støjmure af overskudsjord
- DTU's arbejdspakker
- Byggematerialer i ubrændt lerjord
- Byggematerialer i stabiliseret lerjord
- Case med støjmur omkring Landerslev Grusgrav
- Karakterisering af råmaterialer
- Cylinderprøver i lerjord
- Demonstrationsvæg

Min baggrund

- Civilingeniør i byggeteknologi fra Ingeniørhøjskolen i Århus (2010) og Danmarks Tekniske Universitet (2015)
- Rådgivende ingeniør ved Oluf Jørgensen A/S (2010-2012) og Jørgen Nielsen A/S (2014-2015)
- Ph.d. kandidat ved DTU Byg (2015-2019). Titel: "Evaluation of fibres recycled from fishing nets and methods for quantifying plastic shrinkage cracking". Vejleder: Lisbeth M. Ottosen
- Postdoc ved DTU Byg (2019-2022) og DTU Sustain (2022-)

Projektinfo

- Titel: Udvikling og test af støjskærme ved anvendelse af stampet lerjord
- Projektperiode: 2021-2024
- Projektet er finansieret af Region Hovedstaden. Projektpartnere:

DTU

REGION H Region Hovedstaden

Vejdirektoratet

THI DENCKER ARKITEKTER

Holbøll

REMCO® RESSOURCECENTER

Projektidé – overskudsjord som byggemateriale

Projektet er initieret og finansieret af Regin Hovedstaden. Læs mere på Region Hovedstadens hjemmeside

Overordnet målsætning: Fremme indfasning af cirkulær økonomi og udbrede viden, uddannelse og erfaring om ubrændt lerjord som byggemateriale i dansk kontekst

Projektidé: Udvikling og test af støjskærme opført i komprimeret ler (råjord/overskudsjord)

Baggrund: Overskudsjord, 15 mio. tons/år i bygge- og anlægsarbejder

Output: Design, recepter, fastlæggelse af tekniske parametre, test ift. tilsætningsstoffer og armering, fundering, automatisering, test af akustiske egenskaber, protokol til VD.

Milepæl 2023: 200 m fuldskala prototype(r) i Landerslevvej Grusgrav

DTU's arbejdspakker

- **Karakterisering** af forskellige fraktioner af overskudsjord på Sjælland
- **Produktion og test** af lab-skala prøver i komprimeret/stampet lerjord
- **Opskrift** for blandinger af råmaterialer til støjmure i komprimeret/stampet lerjord
- **Fundament** i stabiliseret lerjord

DTU Sustain

- **Automatisering** af produktionsmetoden
- Udvikling af **mobilt produktionsudstyr** til blokke i komprimeret/stampet lerjord
- **Dimensionering** af støjmur

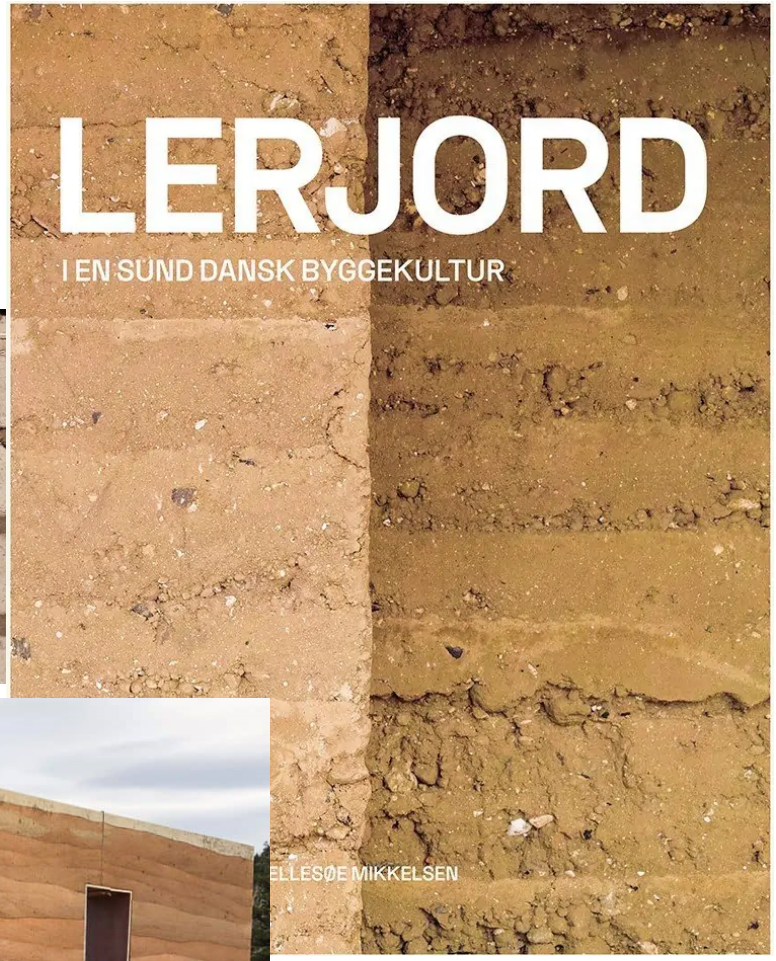
DTU Construct

DTU’s arbejdspakker

- Indtil nu i alt 26 studerende til bachelor-, diplom- og kandidatprojekter samt specialkurser
- I alt 455 ECTS svarende til 12740 timer
- Projektfamilier
- Studerende ansat som studentermedhjælpere 1-2 dage pr. uge
- Karakterisering af råmaterialer suppleres af laboranter og vip

- Ida Bertelsen, DTU Sustain
- Varvara Zania, DTU Sustain
- Gunvor M. Kirkelund, DTU Sustain
- Per Goltermann, DTU Construct
- Jon Spangenberg, DTU Construct

Byggematerialer i ubrændt lerjord

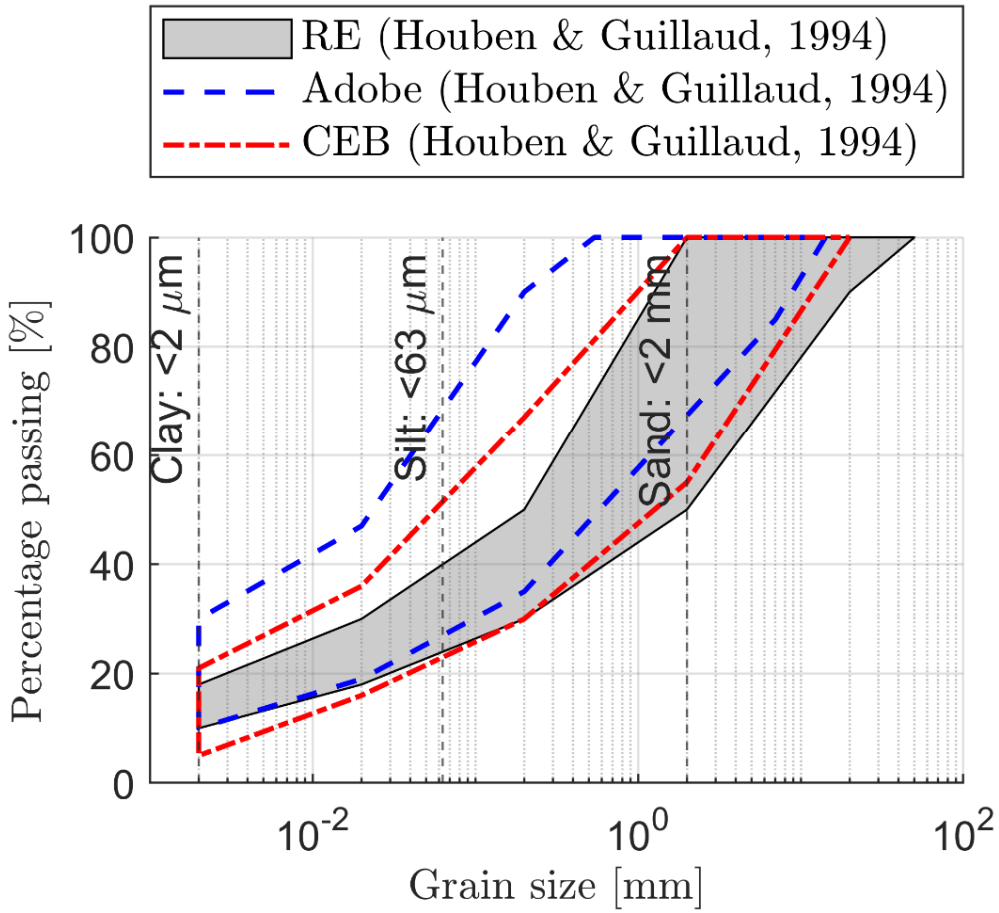


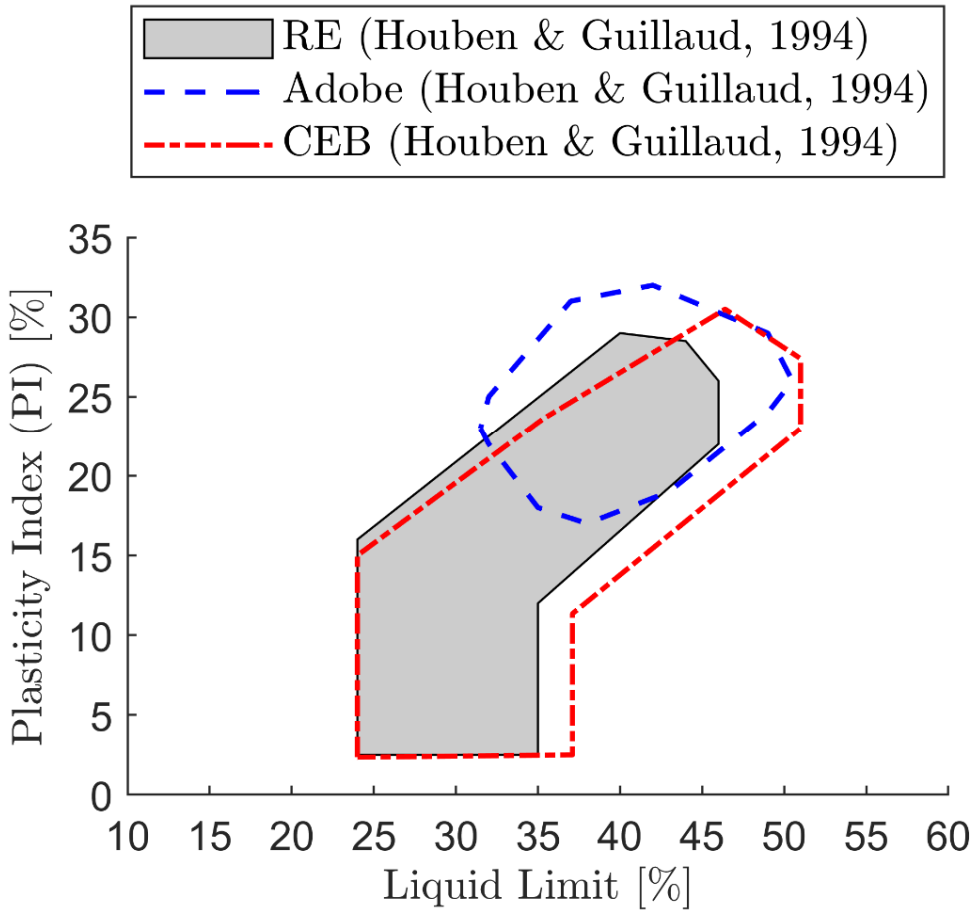
http://arizonaadobe.com/products
https://www.archaeologysouthwest.org/2018/11/04/hands-on-archaeology-how-to-make-adobe-bricks/
https://www.structuralguide.com/compressed-earth-block/
https://www.coloradohardscapes.com/rammed-earth-walls/
https://www.gucca.dk/lerjord-i-en-sund-dansk-byggekultur-bog-p587815

Automatisering af produktionsmetoden

- https://www.youtube.com/watch?v=z5M7KG5EnB0
- Lehm Ton Erde, Østrig
- Martin Rauch

Anbefalinger ift. råmaterialer





Byggematerialer i stabiliseret lerjord

- Typiske bindere: cement, brændt kalk

<u>Fordele:</u>

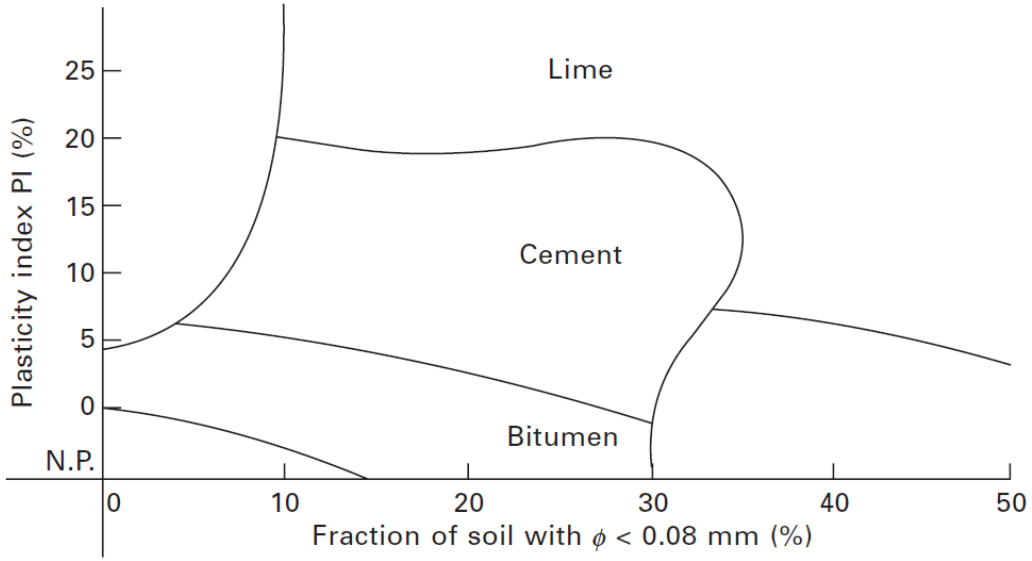
- Øget holdbarhed og modstandsdygtighed overfor vandpåvirkning
- Styrkeegenskaber i ”våd tilstand”
- Reducering af svind og svindrevner

<u>Ulemper:</u>

- Øget CO_2-aftryk
- Ekstra trin i produktionsproceduren
- Genanvendelighed?

Byggematerialer i stabiliseret lerjord

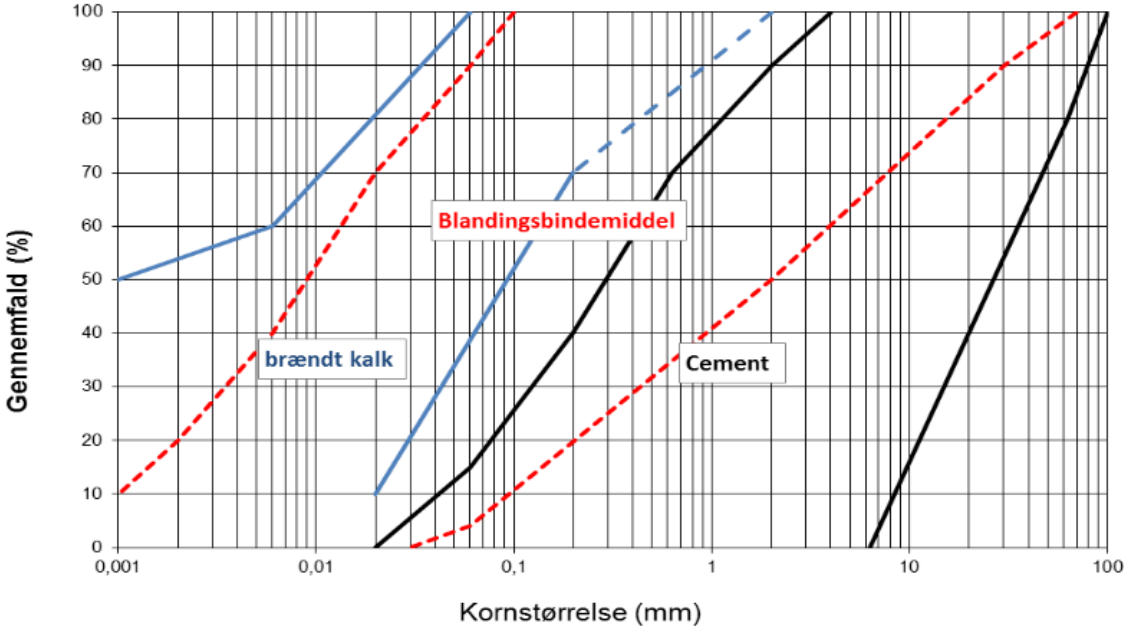
- Anbefalinger baseret på:
  - plasticitet
  - Kornstørrelsesfordeling
  - (lineært svind)



	Ler/ Moræneler, fedt/meget fedt	**Ler/ Moræneler**, ret fedt	**Ler/ Moræneler**, siltet/ stærk siltet/sandet **Silt**, stærkt leret	**Silt**, leret/sandet	**Sand**	**Grus**
Ip [%]	>25	10 - 25	4 - 10	0 – 4	-	-
BK						
BK/C						
BK/SL						
BK/FA						
C/SL						
C/FA						
C						

Ip = plasticitetsindeks BK= brændt kalk C= cement SL= højovnsslagge FA = flyveaske
Grøn = velegnet gul = undertiden anvendelig

Tabel 1. Anvendelsesområder for bindemidler.



Hall et al. (2011)
Vejregelgruppen for Jord grus og brolægning (2018)

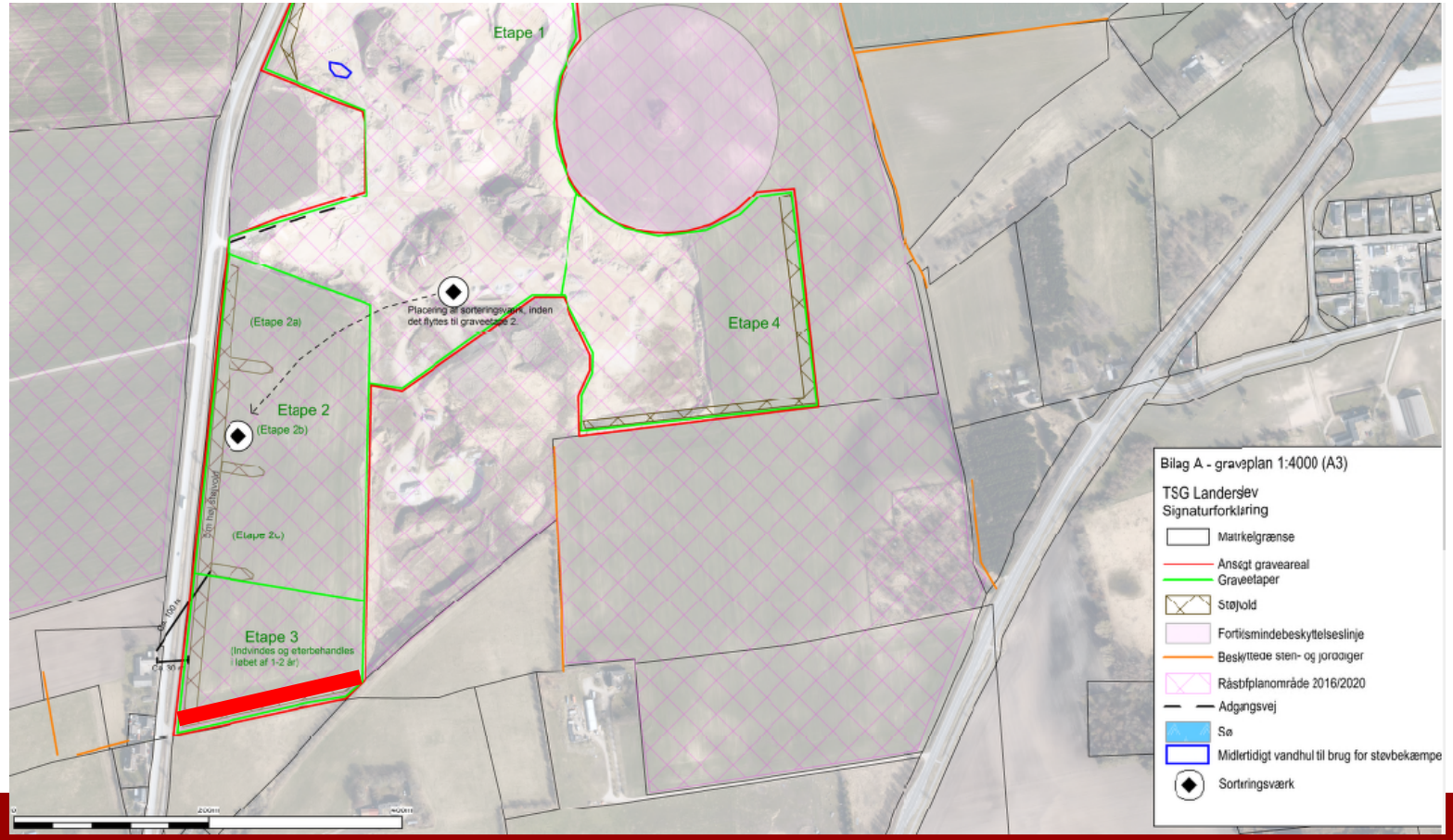
Overskudsjord

- **Vinge, Frederikssund:** Stort byudviklingsprojekt med en forventet mængde overskudsjord på 1.9 mio. ton

- **Landerslev Grusgrav:** Grusgrav ved Jægerspris, hvor der skal opføres ca. 200 m støjmur som skal stå i 5-10 år

Støjmur ved Landerslev grusgrav

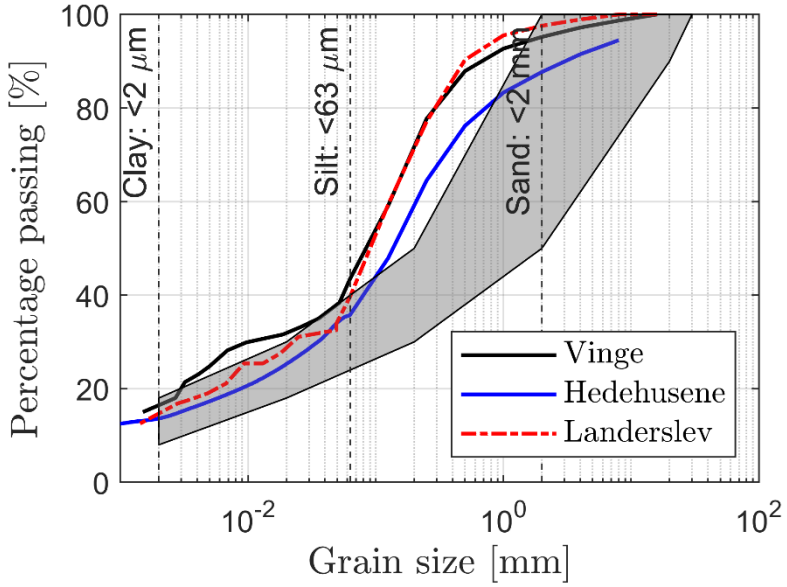
- Produktion af byggeklodser on-site
- Fundament af komprimeret, stabiliseret lerjord

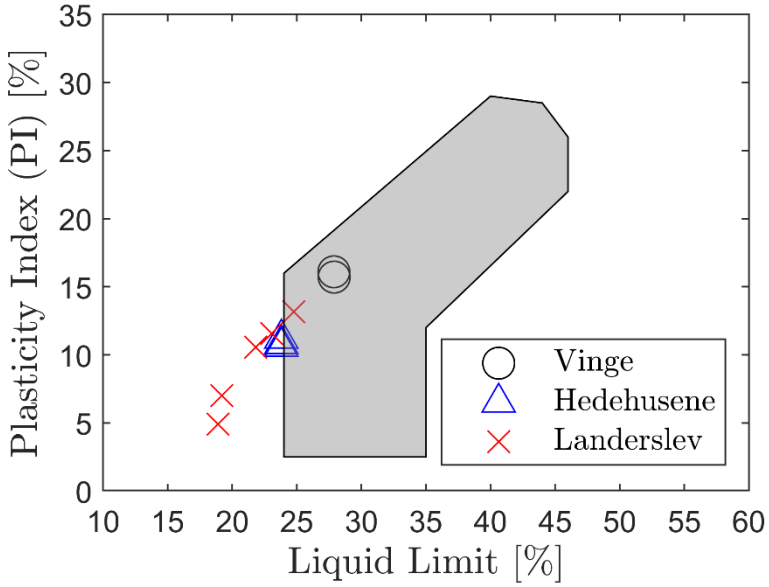


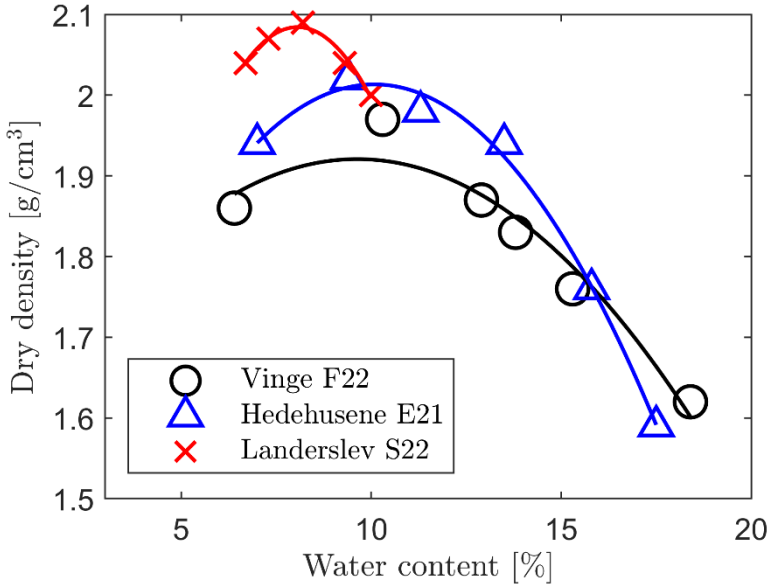
Støjmur ved Landerslev grusgrav

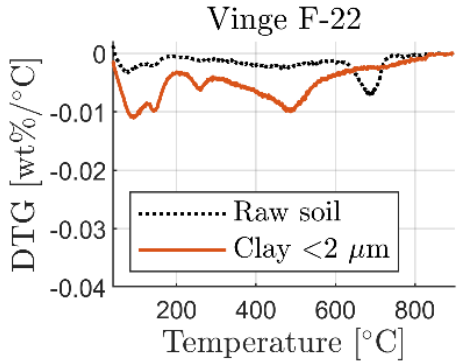
https://gubismedeteknik.dk/

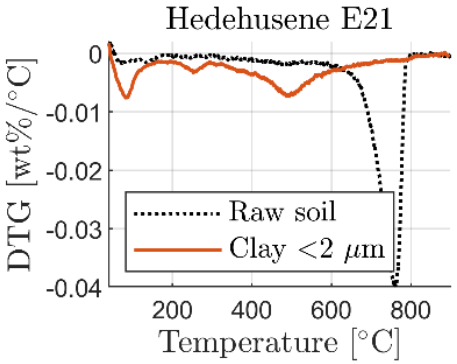
Karakterisering af råmaterialer

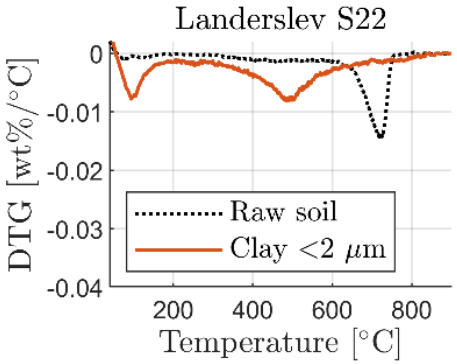








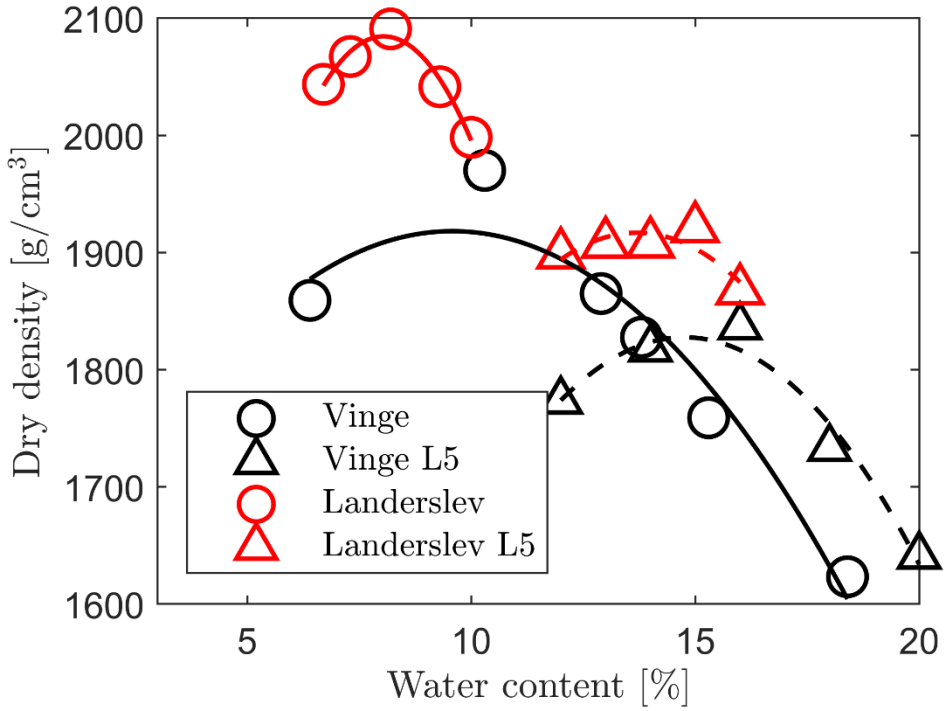


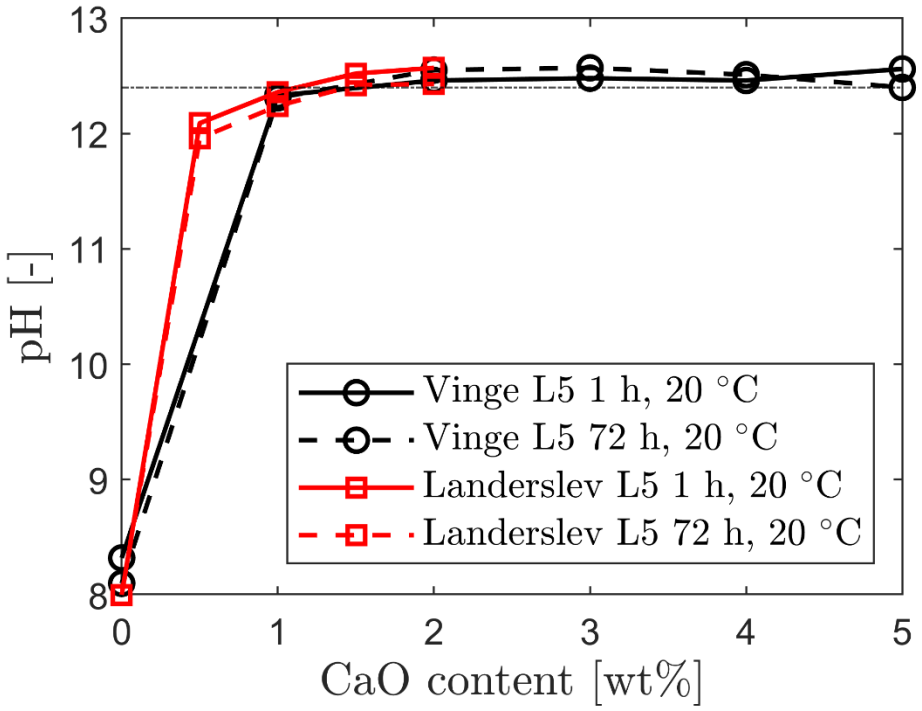


Glødetab	Lol 550 °C	Lol 950 °C
Hedehusene E22	1.27	8.81
Vinge F22	2.42	6.23
Landerslev S22	1.56	5.00
Walker et al. (2005)	<2.00	

Karakterisering af råmaterialer – med kalk

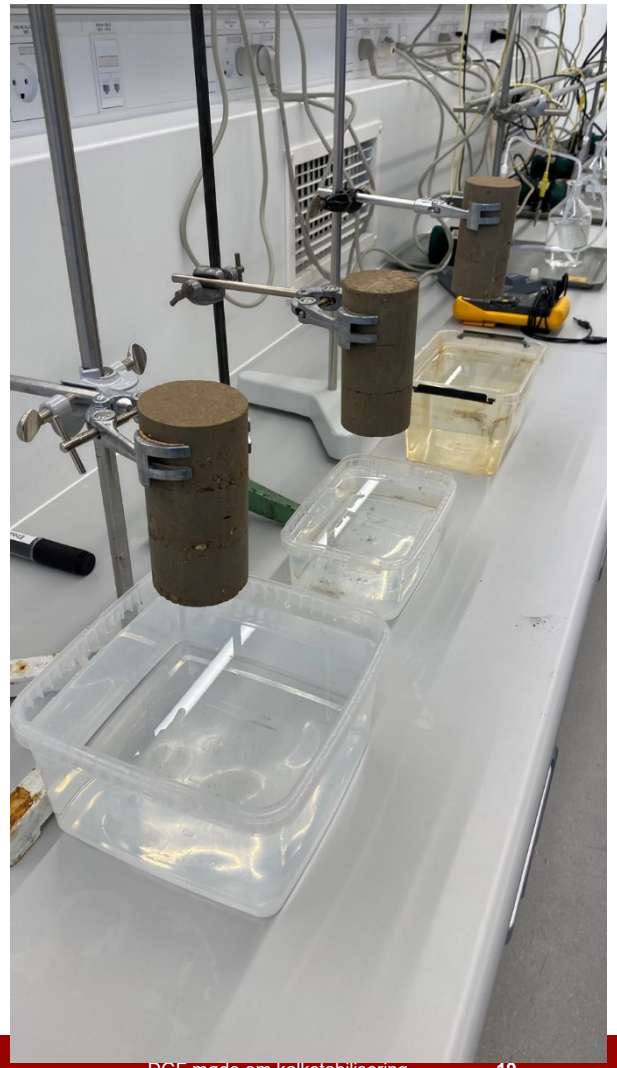
- Proctor test med 5% brændt kalk (Vinge og Landerslev)
- Optimalt kalkindhold på 1-2% ved pH-test iht. Eades & Grim (1966) (fraktion <0.425 mm)
- Faseudvikling for prøver med binder – bundet vand og mineralogi





Cylinderprøver i komprimeret lerjord

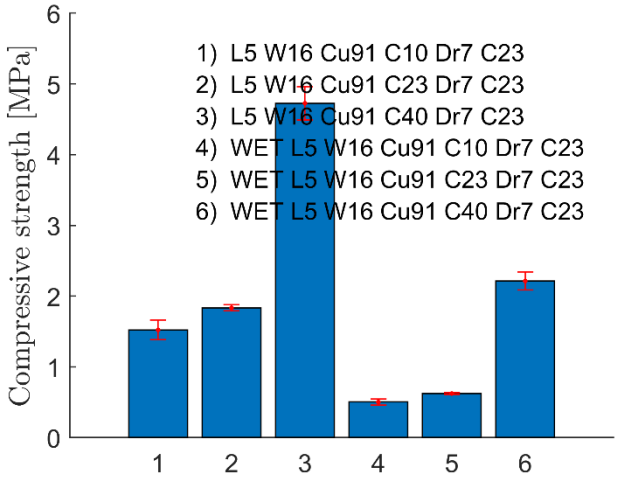
- Hærde-tørreforhold
- Tryktest i tør og våd tilstand
- Lineært svind
- Stivhed
- Spaltetræktest (i gang)
- Vandeksponeringstest
- Kapillarsugning (i gang)

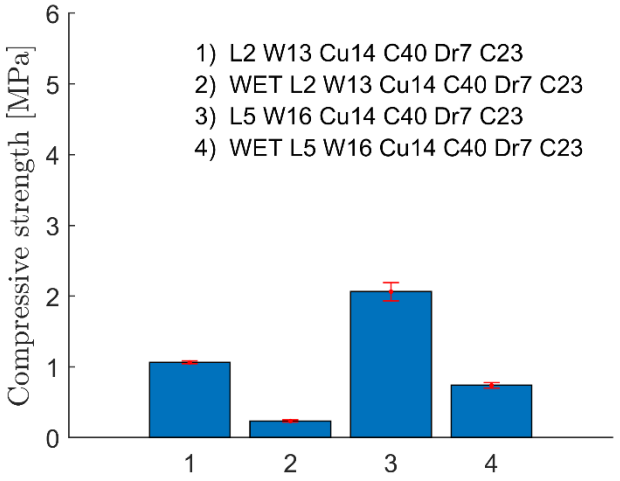


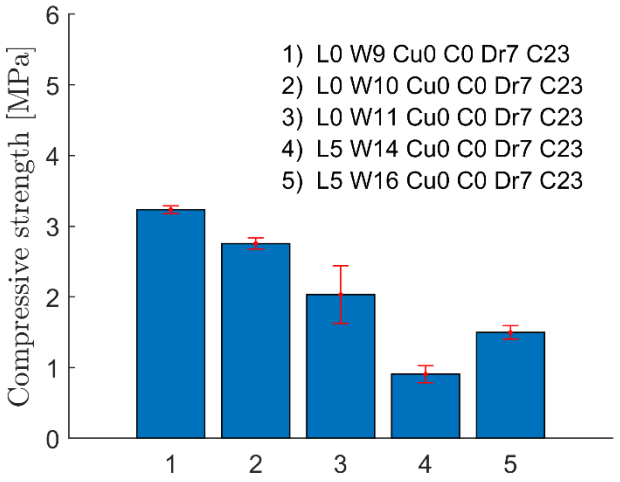
Cylinderprøver i komprimeret lerjord - trykstyrke

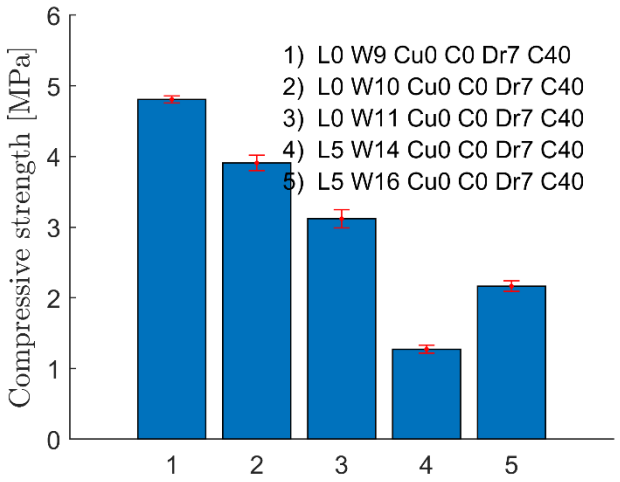
Resultater kun vist for Vinge

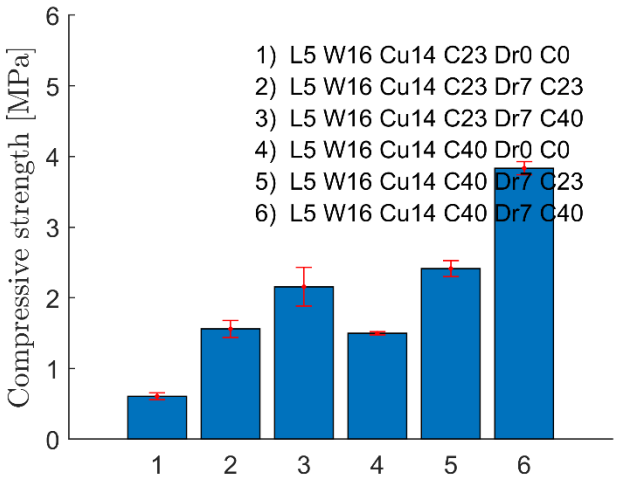
- Vandindhold (OWC og OWC-2)
- Tørretemperatur (23, 40 °C)
- Tørreperiode (0, 7 d)
- Hærdeperiode (0, 14, 91 d)
- Hærdetemperatur (10, 23, 40 °C)
- Kalkindhold (2% og 5%)











Demonstrationsvæg

Juli 2022

Juli 2022

Januar 2023

November 2022

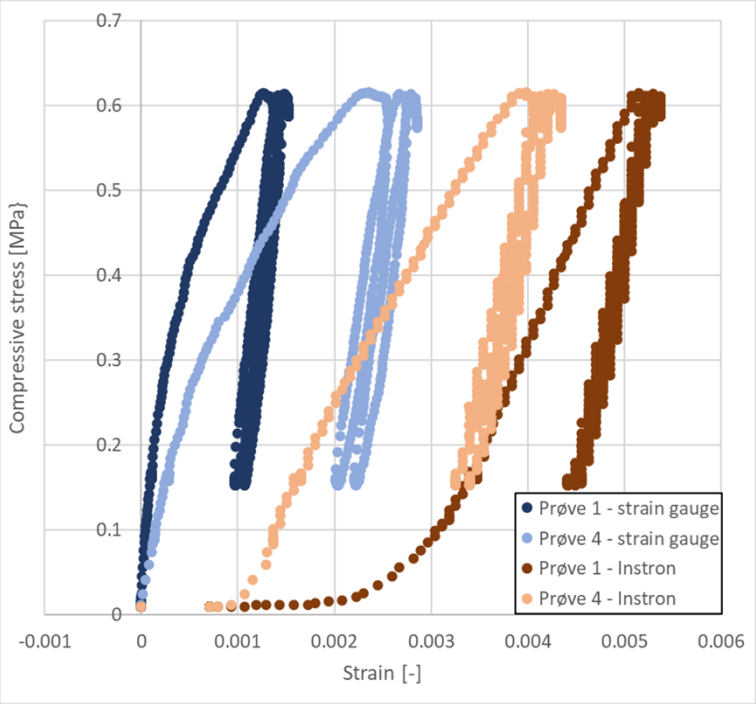
Februar 2023

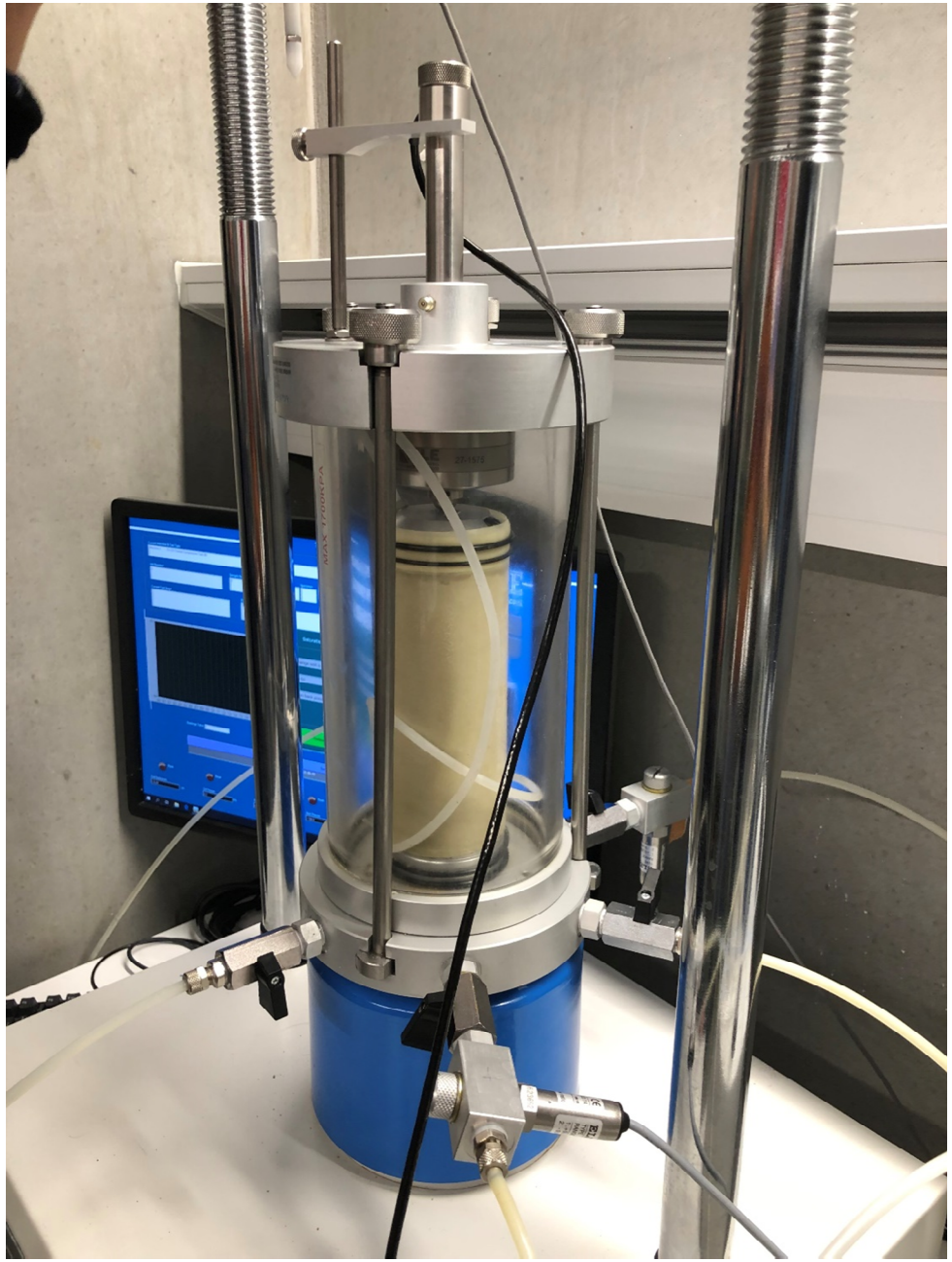
Produktionsmetode til lab-skala prøver i stampet lerjord

Foto af Lau, Christian, Adrian, Marius

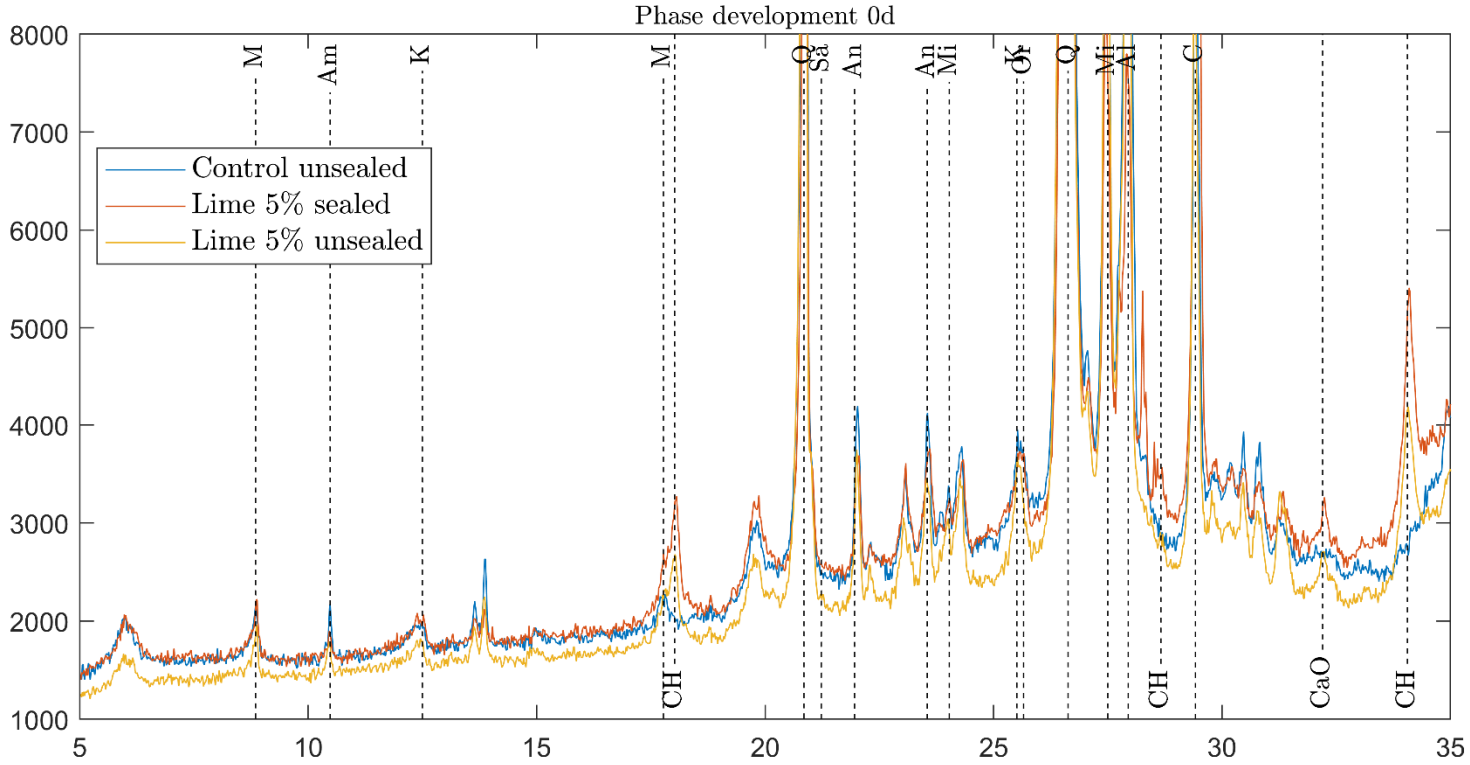
Måling af E-modul

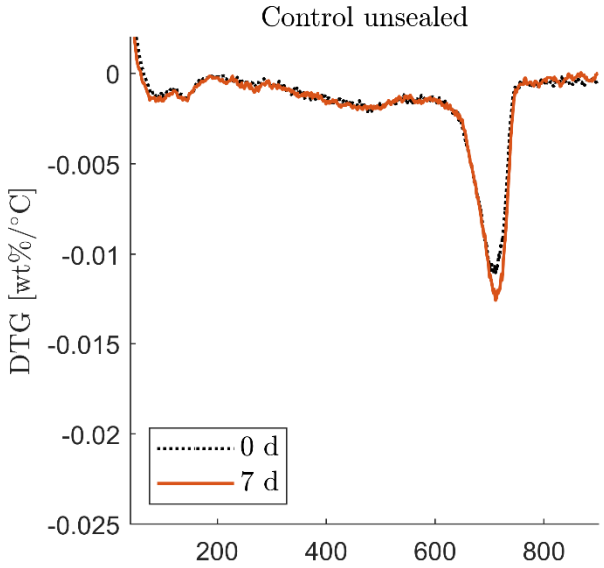
- Stivhedsmålinger af tørret prøve med strain gauges
- Stivhedsmålinger af prøve ved forskellige vandmætningsgrader

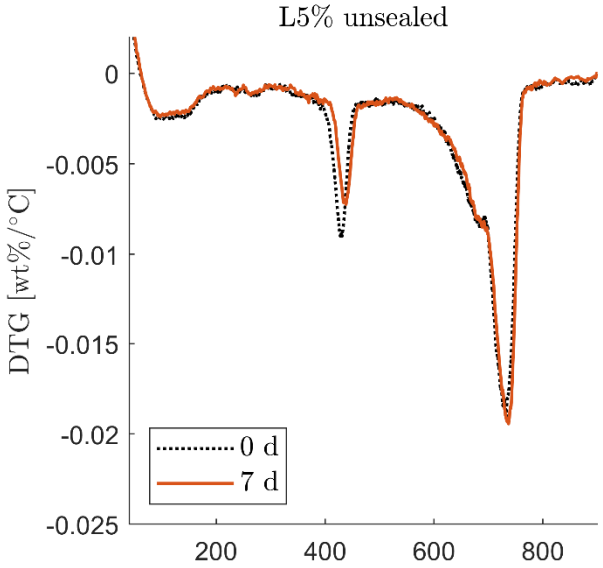


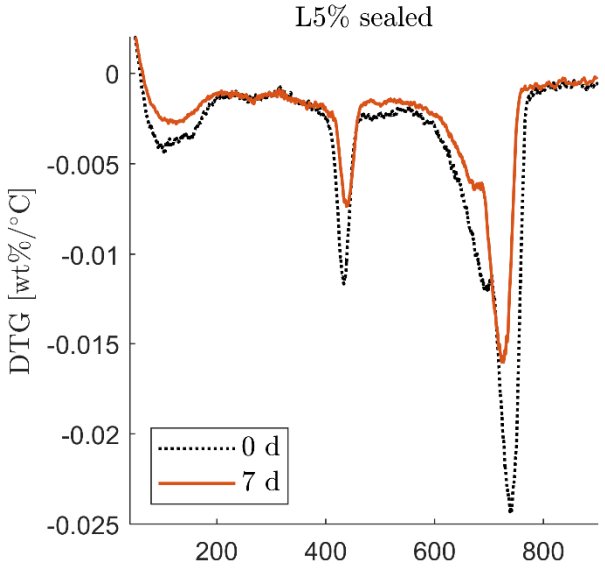


Faseudvikling









Anerkendelse

- Tak til Region Hovedstaden for finansiering af projektet samt øvrige projektpartnere
- Tak til de studerende for deres store stykke arbejde
- Tak til Ebba Schnell, Ditte Juul og Natasja Dueholm for hjælp til laboratoriearbejdet
- Tak til Klaus Bræmer, Klaus Myndal, Jørn Lykke Jensen og Allan Espensen fra DTU Construct
- Tak til Per Goltermann, Gunvor M. Kirkelund og Varvara Zania