

SLAGG I MIDDELALDERENS KALKMØRTLER

Per Storemyr





En gang kjørte vi temperaturen i
kalkovnen for høyt opp

Avfall på gamle
kalkovnsplasser vitner
om høy temperatur



Smilla (1890-1950)





ELSEVIER

Materials Characterization 53 (2004) 181–186

**MATERIALS
CHARACTERIZATION**

High-temperature slag formation in historic Scottish mortars: evidence for production dynamics in 18th–19th century lime production from Charlestown

Alick B. Leslie^{a,*}, John J. Hughes^b

^aBritish Geological Survey, Murchison House, West Mains Road, Edinburgh, Scotland EH9 2LA, UK

^bAdvanced Concrete

Sölve Johansson

Slutrapport postdocforskning 2006-16:

HYDRAULISKA BRUK I NORDEN

- FRÅN 1000-TALET TILL NUTID

2017

Blast furnace slag in historic mortars of Bergslagen, Sweden

Jan Erik Lindqvist¹, Kristin Balksten², Birgit Fredrich¹

(1) RISE CBI, Ideon Lund, janerik.lindqvist@ri.se, birgit.fredrich@ri.se

(2) Conservation, Uppsala University, Campus Gotland, kristin.balksten@konstvet.uu.se

Abstract

Water cooled granulated blast furnace slag is today commonly used as a binder mixed with cement. Since the late 18th century blast furnace slag was used as an additive in

Ovnstemperaturer og urene kalker

Temperaturer i kalkovner og kalkmiler i gamle dager:

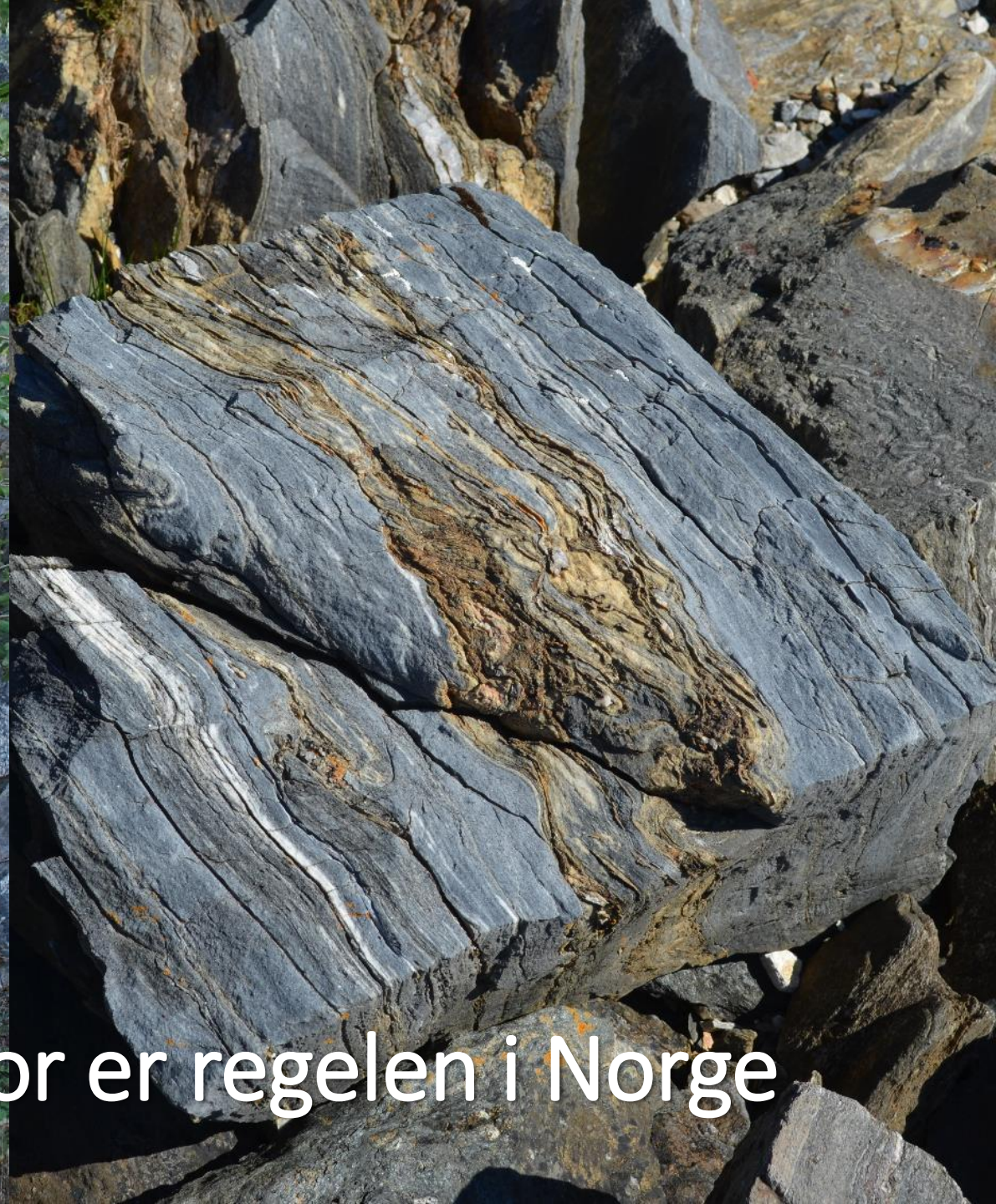
+/- **600-700** til **1200-1400** grader

På de **høye** temperaturene:

- Rene kalker smelter ikke (...men de blir ikke nødvendigvis gode...)
- Bestanddeler i urene kalker sintrer og smelter, med hjelp av kalk
- Det skapes ulike slag- og klinkermineraler

Urene kalker inneholder:

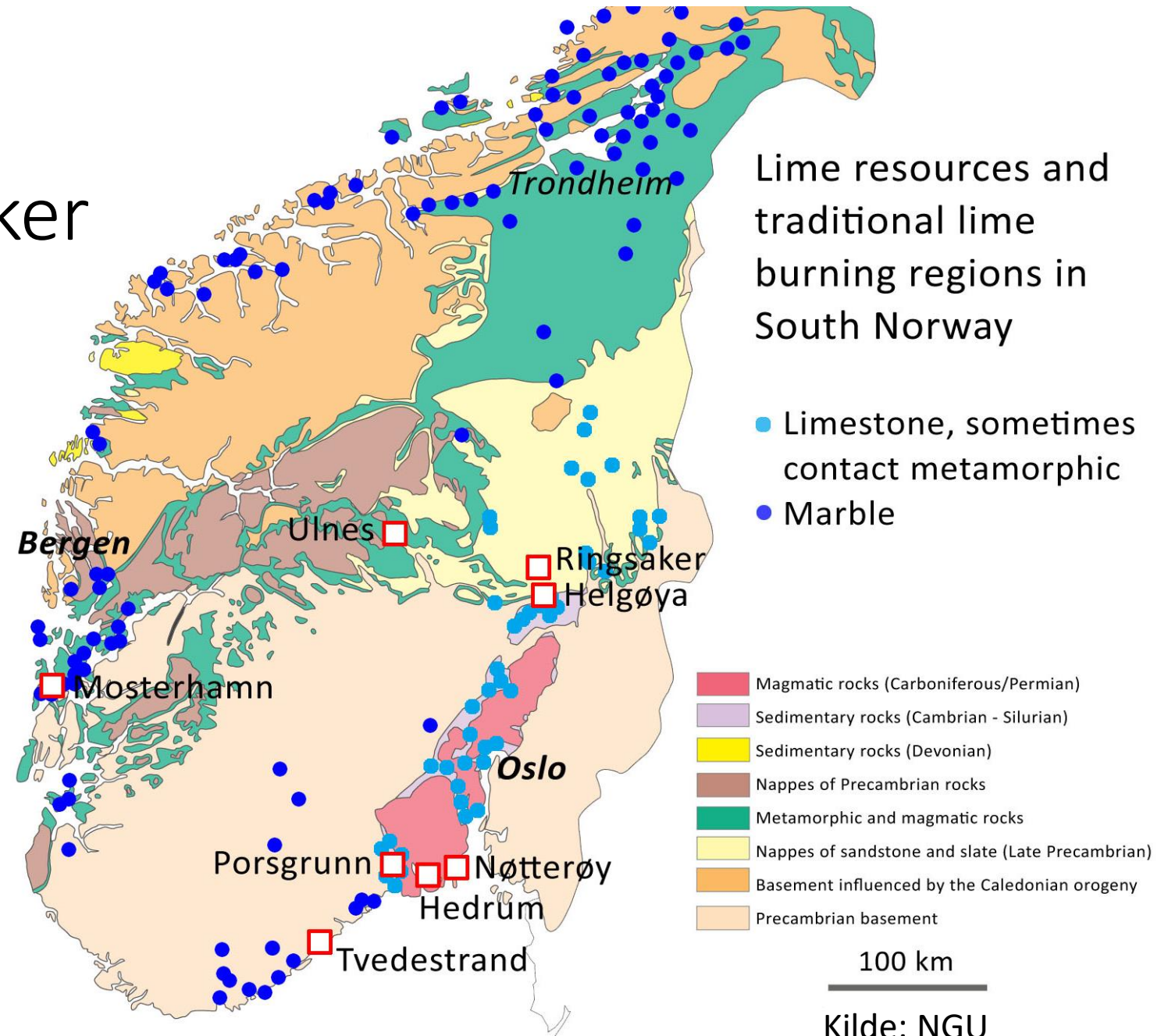
- Silikatmineralene kvarts, feltspat, glimmer, amfibol o.a.
- I kalkstein: Skiferlag og «leire» mellom fossiler o.a.
- I marmor: Skiferlag, årer og mineraler mellom kalkkrystaller o.a.



Uren kalkstein og marmor er regelen i Norge

Det finnes ikke veldig mange svært rene kalker

- De reneste har drøyt 90 til 98% CaCO_3 (evt. med Mg)
- Typisk de få som forble i drift til moderne tid – industrien etterspurte rene kalker.
- **De hundrevis i drift fra middelalderen av var sjelden rene – de hadde 60-90% CaCO_3 (evt. Mg)**



12 undersøkte middelalderbygninger 2021-2024

Middelaldermørtler med slagg:

- Hedrum kirke (1100-t)
- Ulnes kirke (1200-t)
- Nøtterøy kirke (1100-t)

Middelaldermørtler med sannsynlig slag:

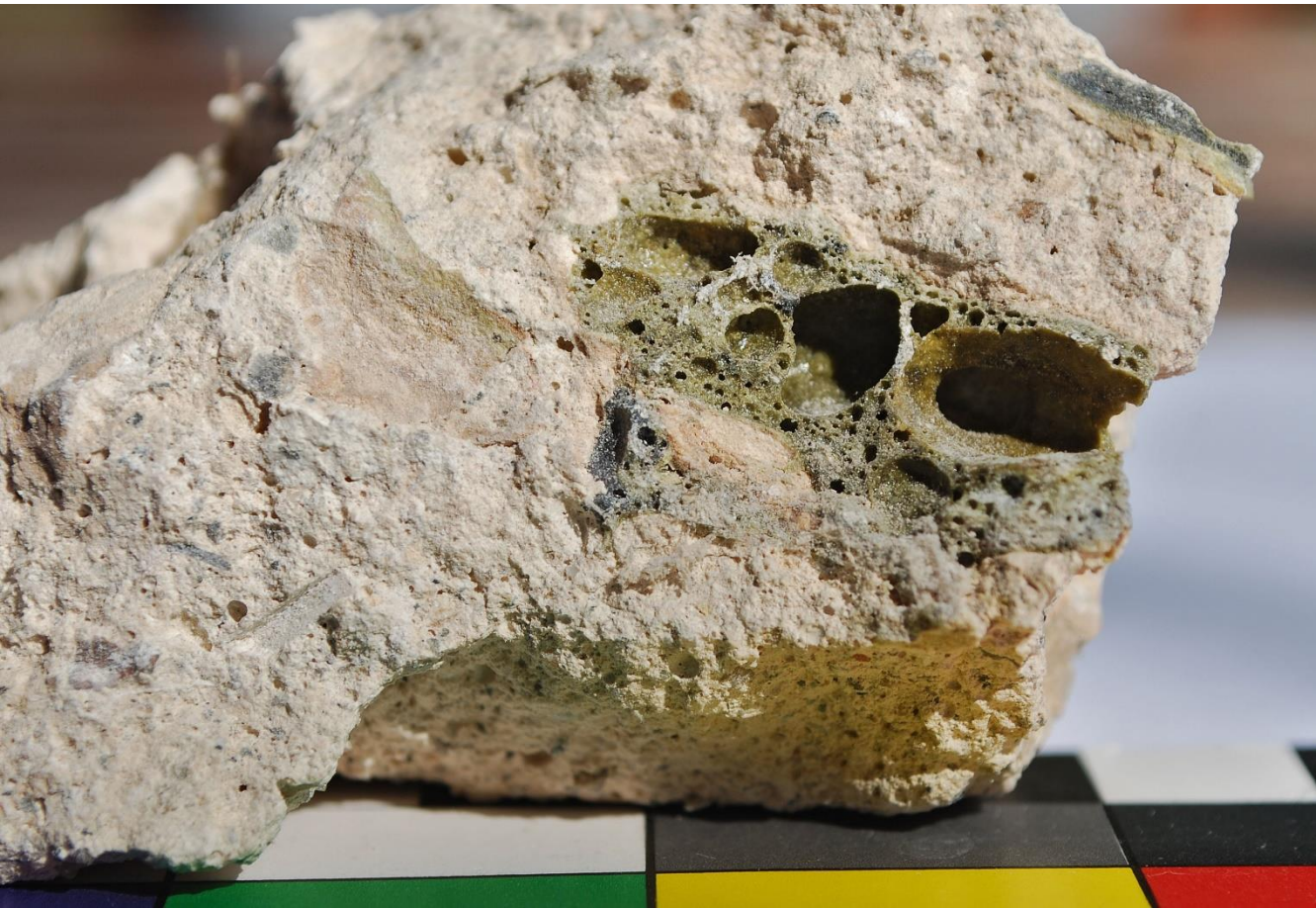
- Tingvoll kirke (1100-t)
- Nikolaikirken (1100-1400-t)
- Oslo bispegård (1200-t)



Hedrum kirke ved Larvik, Vestfold (1100-tallet)

Murkjerne:

Hard, porøs kalkmørtel med mye slagg



Utefuger:

BEINHARD kalkmørtel med mye slagg.
Ødelagt av frost/fukt (dels pga. sement)



Tynnslip
Mørtel med slag
Hedrum kirke, skipet
1100-tallet

SI

SI

SI

SI

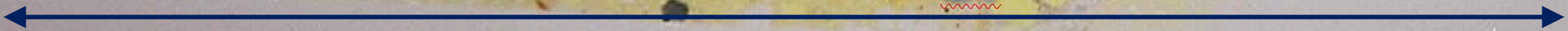
SI

SI

SI

SI

4 cm



Slagg og «brente silikater»

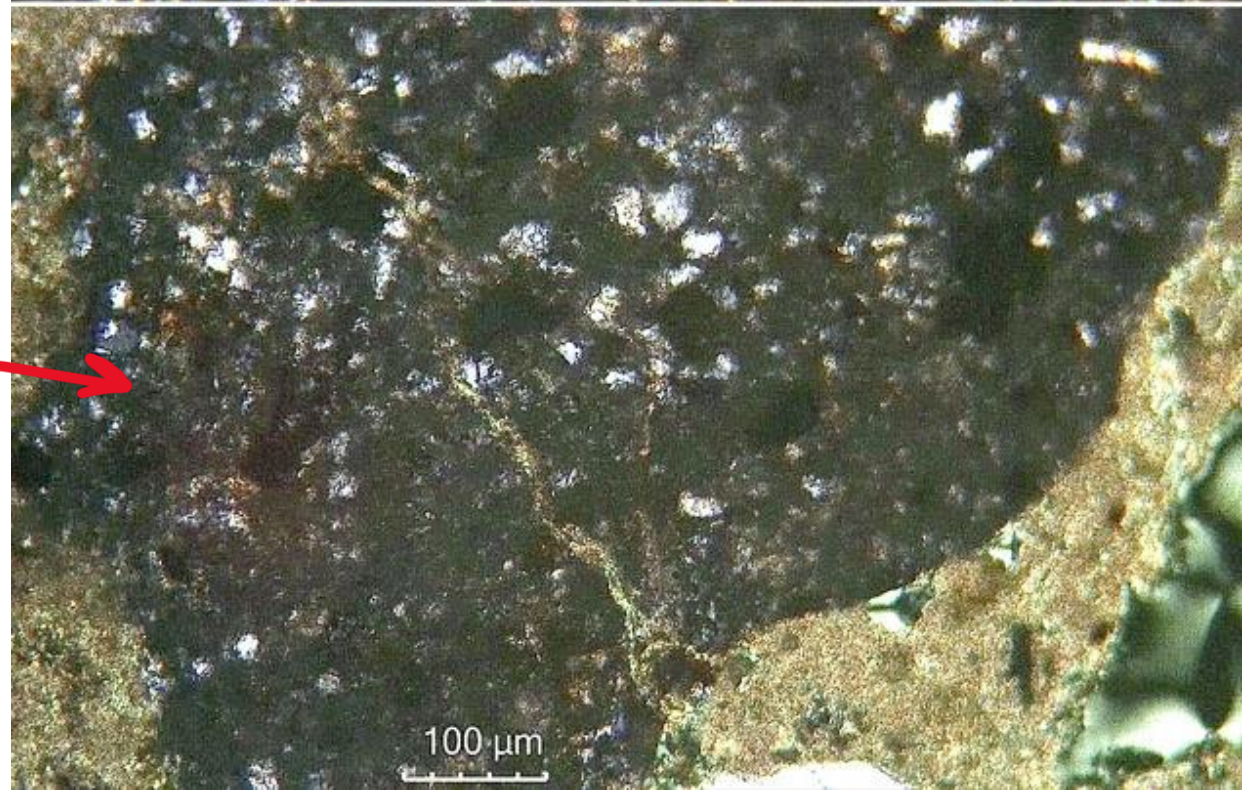
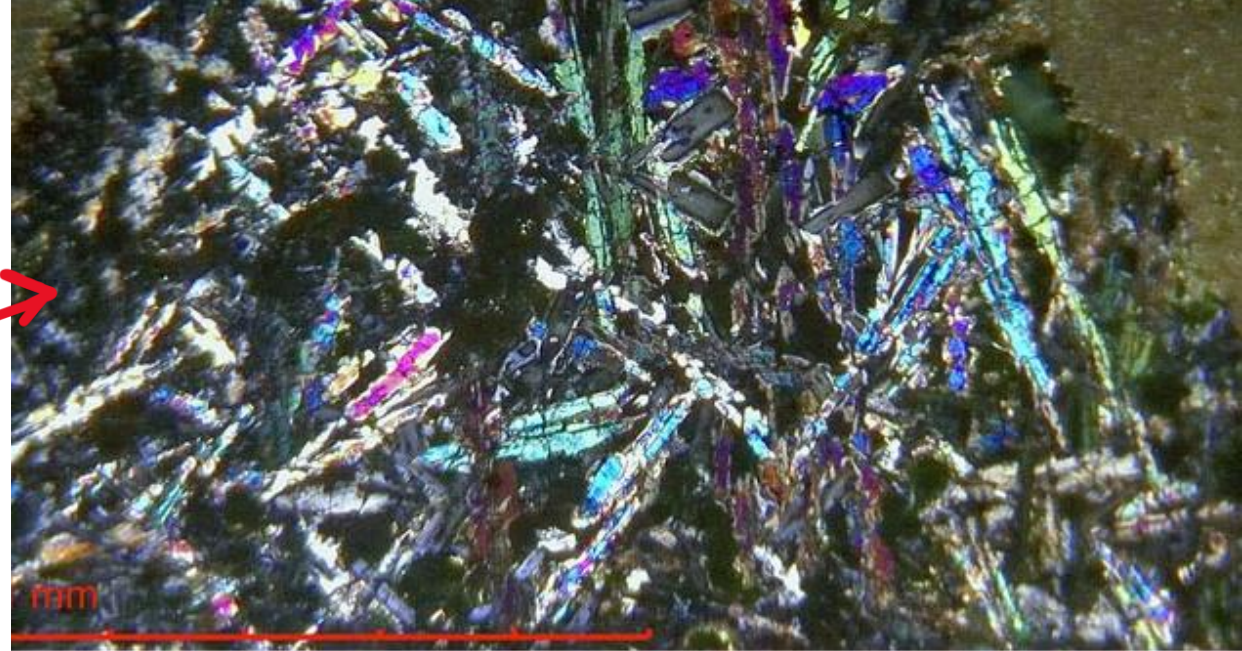
Kalsium-rikt slagg:

- Glassaktig grunnmasse
- Pyroksen (Ca-Mg-Fe-Al-+-silikat)
- Melilitt (Ca-Mg-silikat)

Brent/sintret silikat-rik «klump»

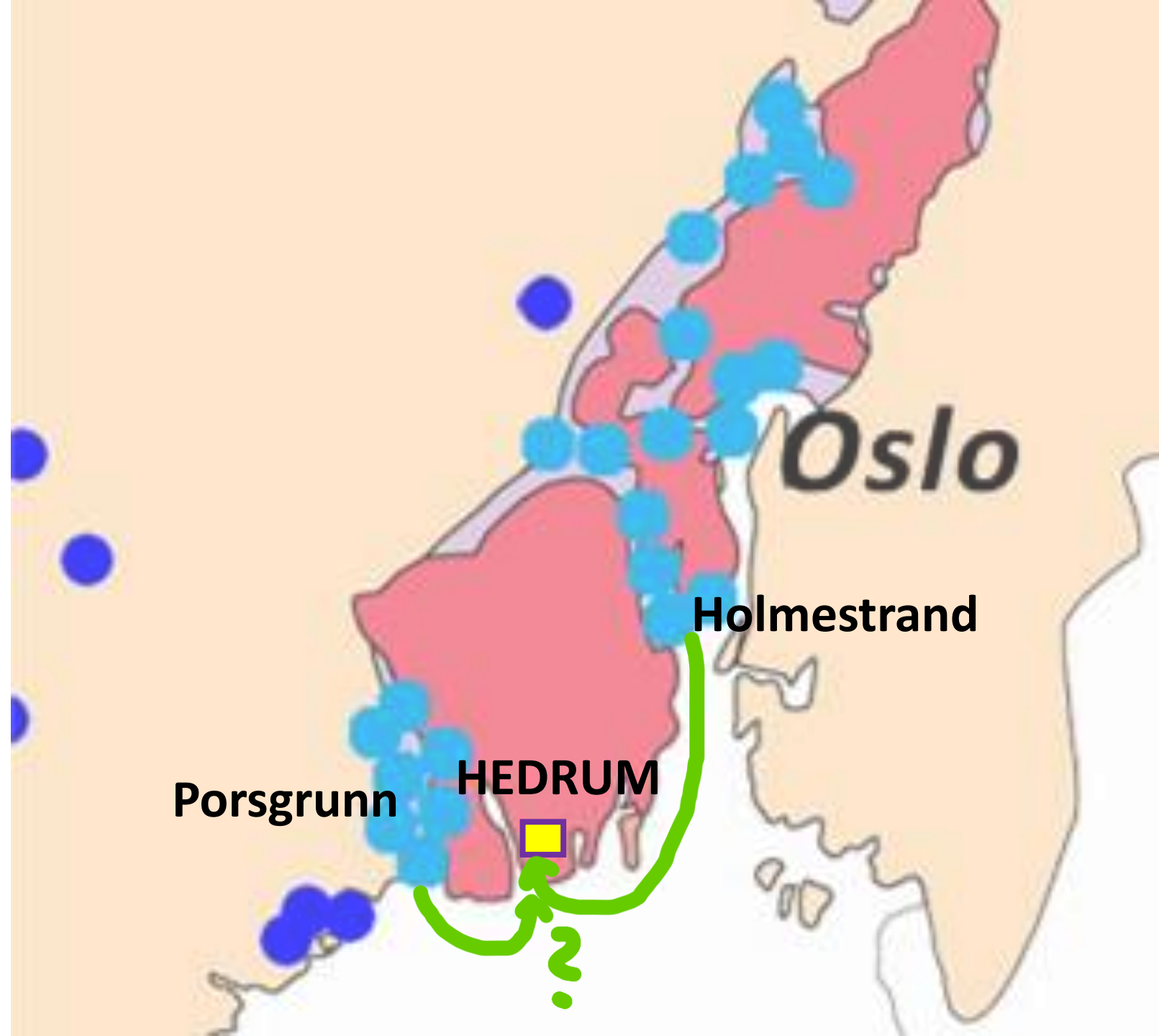
- Fra skifer/leire-komponenter
- Innhold er uklart
- Erfaring: Kilde til klinker-mineraler

Slagg også analysert med røntgendiffraksjon (XRD)



Proveniensen

- For små underbrente kalkkorn for bestemmelse
- Grenland-distriktet?
(Kalker brukt til sementfremstilling)
- Holmestrand-distriktet?
(Langøya kjent for hydrauliske kalker)



Ulnes kirke i Valdres (1200-tallet)

Inne og ute:

Hard, men porøs, brun mørtel med mye slagg





Ulnes-mørtelen:
En mørtel uten tilført sand
Slagg og andre ikke-leskbare urenheter var nok som tilslag!

Slagg og «brente silikater»

Kalsium-rikt slagg:

- Glassaktig grunnmasse
- Pyroksen
- Melilitt



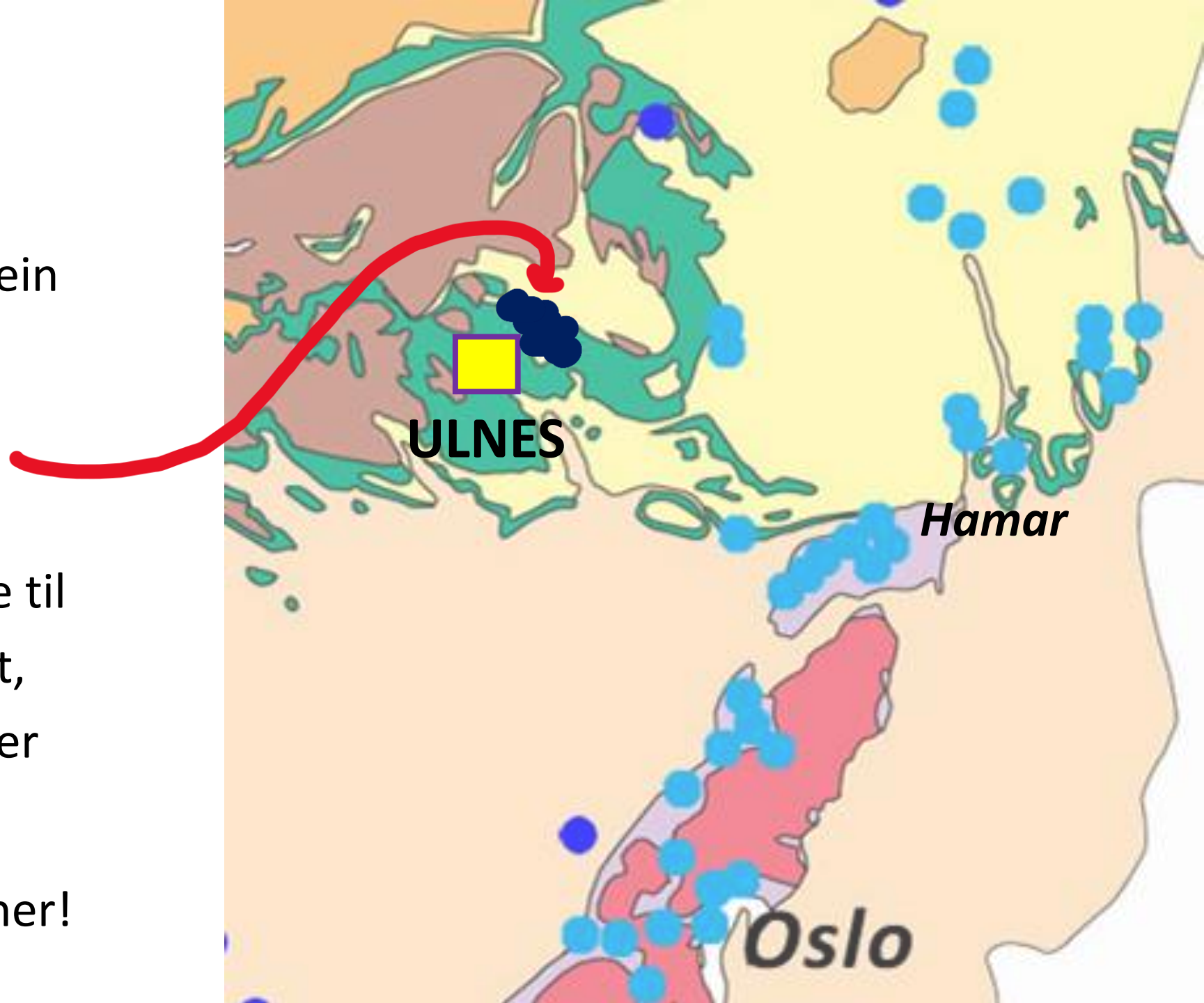
Brent skifer

- Kalkholdig skifer
- Silikatene er brent/sintret
- Erfaring: Kilde til klinker-mineraler



Proveniensen

- Lav-metamorf kalkstein sammen med skifer
- Mulig Nord-Etnedal, mini-kalkdistrikt
- Brent kalk på setrene til slutten av 1800-tallet, man hadde problemer med urenheter
- Lokal, lange tradisjoner!



Konklusjoner I

- Ca-rik silikatslagg – fra brenning av uren kalkstein
- Ikke tilført slagg fra jernvinne!
- Brente/sintrede skifer-fragmenter
- Betydelige hydrauliske egenskaper
- Ikke tette kalker, ganske porøse
- Langvarig fukt kan gi svært hard, men også sårbar kalk (Hedrum)
- Kalken kan være hard, og meget holdbar, uten langvarig fukt (Ulnes)
- Uklart hva slags typer klinkermineraler. Belit og Ca-Al-feritt?
- Uklart om slagget gir en pozzolan-effekt over tid. Er det for grovt?
- Hvor høy temperatur trengs? Kan en lage slik kalk i dag?



• text

Kalkovnen i Tvedestrand

- Halvttonns produksjonsovn
- Kalk for restaurering, 900-1000 grd.
90% CaCO_3 – «subhydraulisk» kalk
- **Velegnet for eksperimenter**





Skru opp temperaturen I: Brenning av Porsgrunnkalk

- Uren, fossilrik, silurisk kalkstein, 70-80% CaCO_3
- 11-1200 grader nede i ovnen gir slagg
- To pyroksentyper + Al-silikater (XRD)



Skru opp temperaturen II

Brenning av Ringsakerkalk på 1100++ grader

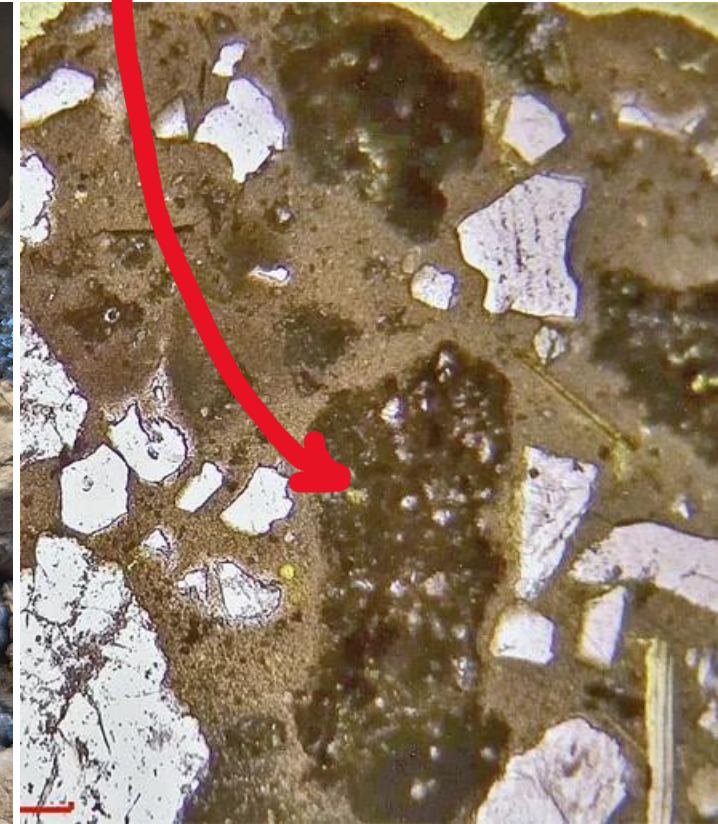
Ordovicisk, uren kalk, ca.
70% CaCO_3 , men kan være
renere (Ortocerkalk)



Gir slag med Ca-silikater
(melilitt, wollastonitt).
Sideritt også tilstede (XRD).



Gir også brent/sintret
skifer (også ved lavere
temp.)



Renere varianter brennes ved
passe temperatur av Tore
Granmo på Helgøya ved Hamar

Mørtel av slaggekalk



Mye slag, men ikke dødbrent kalk, grei å leske med ørlite sand,
gir hard, men ganske porøs, beige mørtel

Konklusjoner II

- 11-1200 grader kan være nok for å danne slaggg fra urene kalksteiner
- Sammensetning av slaggg tilsvarende som i eldre mørtler
- Det dannes også brente/sintrede skiferfragmenter o.a.
- Kalkene blir ikke dødbrente
- Greie å leske og bruke (men selvsagt vanskeligere enn luftkalker)
- Kan brukes uten ekstra tilslag om en vil
- Blir harde, betydelige hydrauliske egenskaper, men nokså porøse
- Trenger tid for å se hvordan de utvikler seg

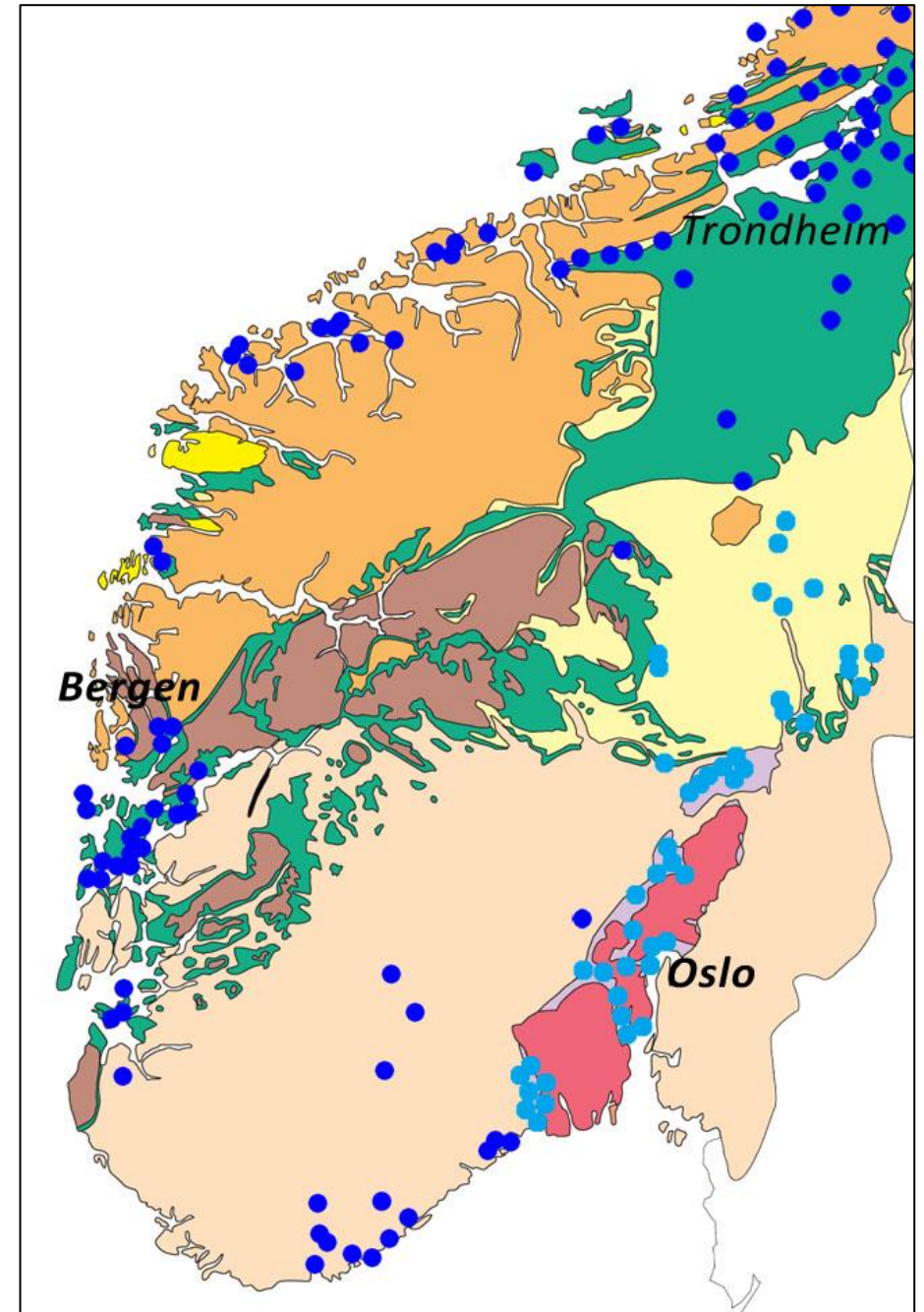
Konklusjoner III

Mangfold

- Vist 2 av sannsynlig 6 tilfeller med slag i mørtel, av 12 undersøkte bygninger
- Vet ikke om dette reflekterer alle de 170 middelalderkirkene...
- Mange er mye «mykere»
- Geologien og brenntemperaturen bestemmer!

Konsekvenser for restaurering?

- Bruke tilsvarende harde/sterke?
- Nei – bruke kalker tilpasset hver enkelt situasjon!



Flere detaljer og videre lesning:

Tips om og erfaringer med slaggg mottas med takk!

Per Storemyr Archaeology & Conservation

For the joy of old stone!

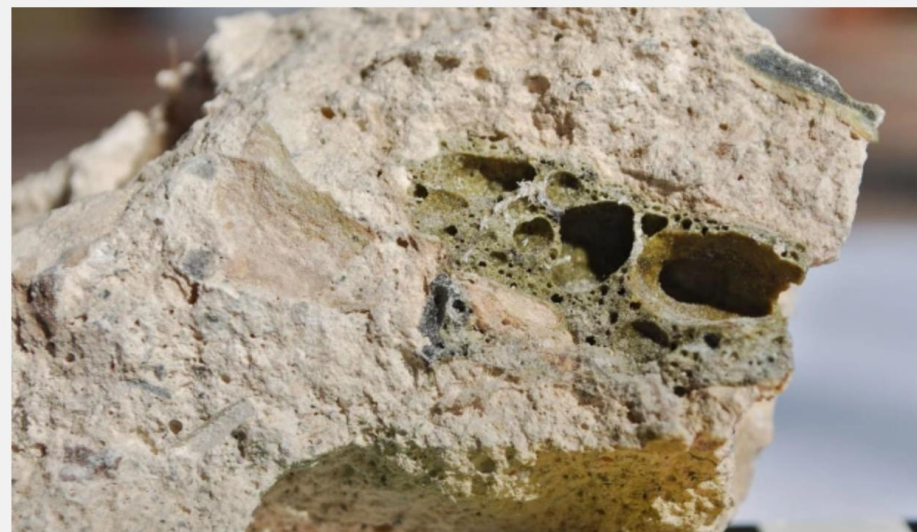


[Home](#) [About](#) [Services & Research](#) [Clients & Partners](#) [Publications](#) [Reports](#) [Thematic maps](#) [Contact](#)

← [The Stones and Mortars of the Medieval Cathedral on the Faroe Islands](#)

Slag in Norwegian medieval lime mortars

Posted on [September 27, 2024](#) by [Per Storemyr](#)



Search this site

Welcome!

I work with the geoarchaeology of old stone: quarries, monuments, rock art. And I try to figure out about their weathering, and conservation using traditional crafts. I also burn lime the traditional way. My domestic services are managed through FABRICA, a registered Norwegian company established with good partners. On this website I publish articles on many aspects of cultural heritage. For the joy of old stone! Per Storemyr

Visit FABRICA's website!



Recent posts

- [The Stones and Mortars of the Medieval Cathedral on the Faroe Islands](#)