

4. Kalkbruksanalys

Rekvirent:

Sörmlands museum
Box 314
611 26 Nyköping

Sag: 090710

Dato: 31. august 2009

Rapport nr.: R090710

Side 1 af 11

RAPPORT

Bygværk:

Borgmästaren 2, Nyköping

Prøve(r):

Kalkbruksprov från källarvalv (3 stk.)
(KN-KUS09-126:1-3)

Undersøgelse(r):

Tyndslibsanalyse:
■ **Mørtelanalyse**

Oplæg.....	side 2
Sammenfatning og vurdering af resultater.....	side 4
Tyndslibsanalyse.....	side 6
Fotodokumentation	side 9



Torben Seir Hansen
Geolog, Cand. Scient.

SEIR-materialanalyse A/S

H.P. Christensensvej 1, DK-3000, Helsingør

Tlf: +45 49 21 97 16

Fax: +45 49 21 97 28

E-mail: tsh@seir-analyse.dk

Oplæg

Rekvirent

Sörmlands museum
Box 314
611 26 Nyköping

Kontaktperson: Björn Pettersson

Tlf.: +46 155 24 57 21
E-mail: bjorn.pettersson@dll.se

Prøvemateriale

Prøvematerialet består af følgende prøver modtaget den 13. juli 2009:

Prøve nr.	Mærket	Prøvetagningssted (oplyst af rekvirent)	Prøvetype/prøvebeskrivelse	Undersøgelser
P090710-1	Prov 1	Valv i källare	Flageformet brudstykke af lys brungrå mørtel (puds) med hvidt, brunligt tilsmudset farvelag på overfladen. Dimensioner: 80 x 100 mm Tykkelse: op til 27 mm	Tyndslibsanalyse
P090710-2	Prov 2	Valv i källare	Brudstykke af lys brungrå mørtel (puds) med hvidt, brunligt tilsmudset farvelag på overfladen. Dimensioner: 60 x 90 mm Tykkelse: op til 57 mm	Tyndslibsanalyse
P090710-3	Prov 3	Valv i källare	Flageformet brudstykke af lys brungrå mørtel (puds) med hvidt, brunligt tilsmudset farvelag på overfladen. Dimensioner: 70 x 70 mm Tykkelse: op til 33 mm	Tyndslibsanalyse

Skema 1: Beskrivelse og registrering af prøvematerialet

Modtagne oplysninger

Sammen med prøverne er der modtaget skriftet: *Meddelande om slutfört arkeologiskt fältarbete* med tilhørende bilag 1 og 2, samt en side (bilag 3) med fotos af prøvetagningslokaliteten samt prøvetagningssteder.

Undersøgelser

Der er fremstillet og analyseret et tyndslib omfattende delprøver af alle prøverne. Analysen omfatter:

- Beskrivelse af prøvernes opbygning
- Beskrivelse af mørtlens bestanddele
- Bestemmelse af mørtlens sammensætning; det vil sige bestemmelse af mængden af henholdsvis tilslag (*»ballast«*), bindemiddel og luft. Bestemmelsen er udført ved punkttælling

- Beskrivelse og bestemmelse af evt. forekommende farvelag
- Vurdering af bindemiddeltpe (mørteltype)
- Vurdering af omdannelses- og nedbrydningstegn

Resultater

Resultaterne af undersøgelsen fremgår af afsnittet: *Tyndslibsanalyse*. Resultaterne er endvidere sammenfattet i afsnittet: *Sammenfatning og vurdering*. Fotos fra tyndslibsanalysen er bragt under afsnittet: *Fotodokumentation*.

Forbehold

De anførte resultater er alene baseret på materialet i de undersøgte prøver og gælder kun for den pågældende konstruktion som helhed, i den udstrækning de undersøgte prøver er repræsentative.

Sammenfatning og vurdering af resultater

Der er undersøgt tre mørtelprøver udtaget fra »*valv i källare*« på ejendommen Borgmästaren 2 i Nyköping. Undersøgelsen er udført ved mikroskopisk analyse (tyndslibsanalyse). Resultatet af tyndslibsanalysen fremgår af efterfølgende sider i rapporten. Nedenfor er sammenfattet de væsentligste resultater. Der er endvidere udført en vurdering af blandingsforholdet for den anvendte mørtel (»*bruk*«). Vurderingen er baseret på resultatet af en udført punkttælling samt relevante materialeparametre, ligeledes vurderet på baggrund af tyndslibsanalysen.

Prøver mærket: **Prov 1, 2 og 3** (Lab nr.: P090710-1, -2 og -3)

De tre prøver består af samme type mørtel med hvide farvelag på overfladen. Sammensætningen er som følger:

Farvelag 2 (yderst)	Hvid kalkfarve
Farvelag 1 (yderst)	Hvid kalkfarve tilsat lidt portlandcement
Mørtel (inderst)	Kalkmørtel (»<i>kalkbruk</i>«)
Bindemiddel:	Kalk (moderat hydraulisk)
Tilslag (» <i>ballast</i> «):	Naturligt, let fillerfattigt sand med største kornstørrelse på 4 mm
Blandingsforhold:	Prov 1 og 2: Som 2 rummål læsket (» <i>släckt</i> «) kalk til 1 rummål sand Prov 3: Som 1 rummål læsket (» <i>släckt</i> «) kalk til 1 rummål sand
Luftindhold:	5 - 12 vol%

Supplerende vurderinger

Kalken til de påførte kalkfarver vurderes at være af en anden, mere ren og hvid type end til mørtlen. Den tilsatte portlandcement i det inderste farvelag 1 er af en ældre, uensartet type.

Til mørtlen er der anvendt kalk fremstillet ved brænding af kalksten af metamorf oprindelse (geologisk betegnet en marmor). Kalken har efter brændingen haft moderate hydrauliske egenskaber, som hovedsageligt stammer fra omdannede (delvist smeltede) silikatholdige mineraler, som har været til stede som urenheder i marmoren. Det er jernholdige forbindelser i disse mineraler, som har givet kalken den let brunlige kulør. Brændingen vurderes at være sket ved relativt lav temperatur, og mængden af dannende hydrauliske mineralfaser (komponenter) kan i pågældende tilfælde karakteriseres som værende relativt lavt.

På baggrund af mængden og arten af hydrauliske komponenter vurderes kalken at have haft styrkemæssige egenskaber, svarende til en moderne hydraulisk kalk som NHL 3,5 efter EN 459-1¹⁾.

¹ EN standard: Bygningskalk – Del 1: Definitioner, specifikationer og overensstemmelseskriterier

Den anvendte kalk har haft et meget højt indhold af faste klumper og korn, som rent mørteltekniisk bør betragtes som tilslag. Ved punkttælling er mængden bestemt til 27 - 34 vol% af bindemidlet.

Tilstedeværelsen af korn af portlandcement i det ældste farvelag 1 indikerer, at mørtlen er fra før sidste halvdel af 1800-tallet, hvor portlandcement begynder at blive anvendt i Sverige. Tilstedeværende rester af ældre begroning på mørtlens overflade under farvelag 1 indikerer, at mørtlen har stået blotlagt en længere årrække før påføringen af farvelag 1.

Anvendelse af bindemiddelrige mørtler med blandingsforhold som 1-2 del kalk til 1 del sand er i Sverige karakteristisk for kalkmørtler op til 1600-1700 tallet. For kalk med højt indhold af urenheder som underbrændte silikat-korn (mager kalk) kan det dog ikke udelukkes, at anførte blandingsforhold har fundet anvendelse helt op til starten af 1800-tallet.

Tyndslıbsanalyse

Prøver mærket: **Prov 1, 2 og 3** (Lab nr.: P090710-1, -2 og -3)

Makroskopisk beskrivelse

Prøverne består af hovedsageligt flageformede brudstykker af lys brungrå, mellemkornet mørtel af høj styrke. Prøvernes oprindeligt eksponerede overflader fremstår let ujævne og med hvide, brunligt misfarvede farvelag. Brudstykkernes bagsider fremstår delvist med aftryk af det oprindelige underlag (sten). Største kornstørrelse for tilslaget (*»ballasten«*) er 4 mm. I bindemidlet ses mange små, hvide kalkklumper på op til 1 mm.

Mikroskopisk beskrivelse af prøverne set i tyndslıbet

Der er fremstillet et tyndslıb omfattende en mindre delprøve af hver prøve (mørtelstykke). Tyndslıbet er orienteret således, at det repræsenterer snit med orientering vinkelret på overfladerne med farvelag. Set i tyndslıbet har mørtelstykkerne følgende opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag	0,0 – 2,2 mm	Hvide farvelag (2 stk.)
Inderst:	Mørtel	max. 20 mm	Lys brungrå mørtel

Se endvidere *foto 1* i afsnittet: *Fotodokumentation*.

Beskrivelse af farvelag

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Ujævn, med rester af hvide farvelag
Farvelag 2	0,0 - 1,3 mm	Mineralsk Kulør: Hvid Bindemiddel: Kalk (lufthærdende) Fyldstof: - Pigment:
Farvelag 1	0,0 - 1,4 mm	Mineralsk Kulør: Hvid Bindemiddel: Kalk (lufthærdende) og portlandcement (lidt) Fyldstof: Naturligt sand – kun lidt (0,6 mm) ¹⁾ Pigment: - Den anvendte portlandcement er af en ældre groft formalet og uensartet type med højt indhold af C ₄ AF

¹⁾ Største kornstørrelse

Beskrivelse af mørtel

I mørtelen kan der udskilles følgende bestanddele:

Tilslag (»ballast«): 24 vol%¹⁾ (prov 1) – 25 vol% (prov 2) – 40 vol% (prov 3)

Sand bestående af kantrundede fragmenter af hovedsageligt granit/gneiss, herunder enkeltkorn af kvarts/feldspat. Største kornstørrelse i tyndslibet er 3,5 mm; indholdet af korn mindre end 0,1 mm er relativt lavt. Sandet kan karakteriseres som et let fillerfattigt, naturligt sand.

Bindemiddel: 71 vol% (prov 1) – 67 vol% (prov 2) – 48 vol% (prov 3)

Mikrokrystallin masse af kalk med følgende typer korn og klumper:

Klumper af kalk uden urenheder: Hvide, hovedsageligt afrundede klumper på op til 0,5 mm af ren mikrokrystallin kalk (*foto 3*). Klumperne fremstår generelt relativt porøse, og i prov 3 til dels ucarboniserede. Relikte spalteplaner fra den ved kalkbrændingen anvendte kalksten (marmor) optræder udbredt. Klumperne udgør 19 – 23 vol% af bindemidlet.

Delvist omdannede bjergartsfragmenter: Kantrundede til irregulære korn på op til 2 mm bestående af de bjergartsdannende mineraler kvarts, pyroxen, calcit og mørk glimmer (*foto 1 til 4*). Bjergartskornene udviser i varierende grad tegn på brænding i form af nydannede mineralfaser (mikrokrystallin kalk, brune ferrit-lignende faser og kalksilikatmineraler af ubestemt type). De ferrit-lignende faser (også betegnet C₄AF) optræder langs randen af mineralkorn af pyroxen (*foto 4*). De delvist omdannede bjergartskorn udgør 6 – 12 vol% af bindemidlet.

Underbrændt kalksten: Kantede brudstykker af grovkrystallin calcit (marmor), som delvist er omdannet til mikrokrystallin kalk. Kornene er op til 0,6 mm store og indeholder stedvis indeslutninger af kvarts. Kornene udgør omkring 1 vol% af bindemidlet.

Spredt i bindemidlet optræder endvidere små brune korn af ferrit-lignende mineralfaser. Kornene er som oftest mindre end 20 µm og er af samme type som i de delvist omdannede bjergartskorn. Det er disse små korn, som giver mørtlen den let brunlige kulør.

Små, op til 0,2 mm store fragmenter af forkullet træ optræder relativt udbredt.

Bindemidlet er fuldt carboniseret i prov 1 og 2, men kun delvist carboniseret i prov 3. Flere steder optræder der tegn på, at bindemidlet har indeholdt ulæskede (»osläckta«) korn efter at mørtlen er blevet anvendt.

Luft: 5 vol% (prov 1) – 8 vol% (prov 2) – 12 vol% (prov 3)

Mørtlen indeholder noget luft i form af let irregulære luftindeslutninger (luftporer) med tværmål op til 1,2 mm. Derudover ses der mange svindrevner (*foto 3*), dette gælder særligt i prov 3.

¹⁾ Mængdeangivelsen vol% betegner det rumfang (faststofrumfang + interne porøsiteter) den pågældende bestanddel optager i materialet

Omdannelses- og nedbrydningstegn

Der ses begroning af blandt andet svampehyfer i alle prøver. En stor del af begroningen stammer fra perioden før påføringen af farvelag 1 (*foto 1*). I prov 3 ses udbredte tegn på fugtpåvirkning i form af udfældning af gips og kalk i luftporer og revner.

Fotodokumentation

På efterfølgende side(r) bringes et eller flere mikrofotos optaget i polarisationsmikroskop, hvor følgende filtre og belysningsteknikker kan være anvendt:

Filtre:	- N	Parallele polarisationsfiltre (svarende til alm. belysning)
	+ N	Krydsede polarisationsfiltre
	+ G	Krydsede polarisationsfiltre samt gipsblad indskudt i strålegangen
	F	Fluorescensmikroskopi
Belysning:	A	Gennemfaldende lys (refraktionsmikroskopi)
	P	Pålys (refleksionsmikroskopi)

Hvilken belysningsteknik og hvilket filter, der er anvendt, fremgår af hvert foto.

Det skal bemærkes, at farverne på billederne ikke er naturtro på grund af de anvendte filtre og belysningsteknikker.

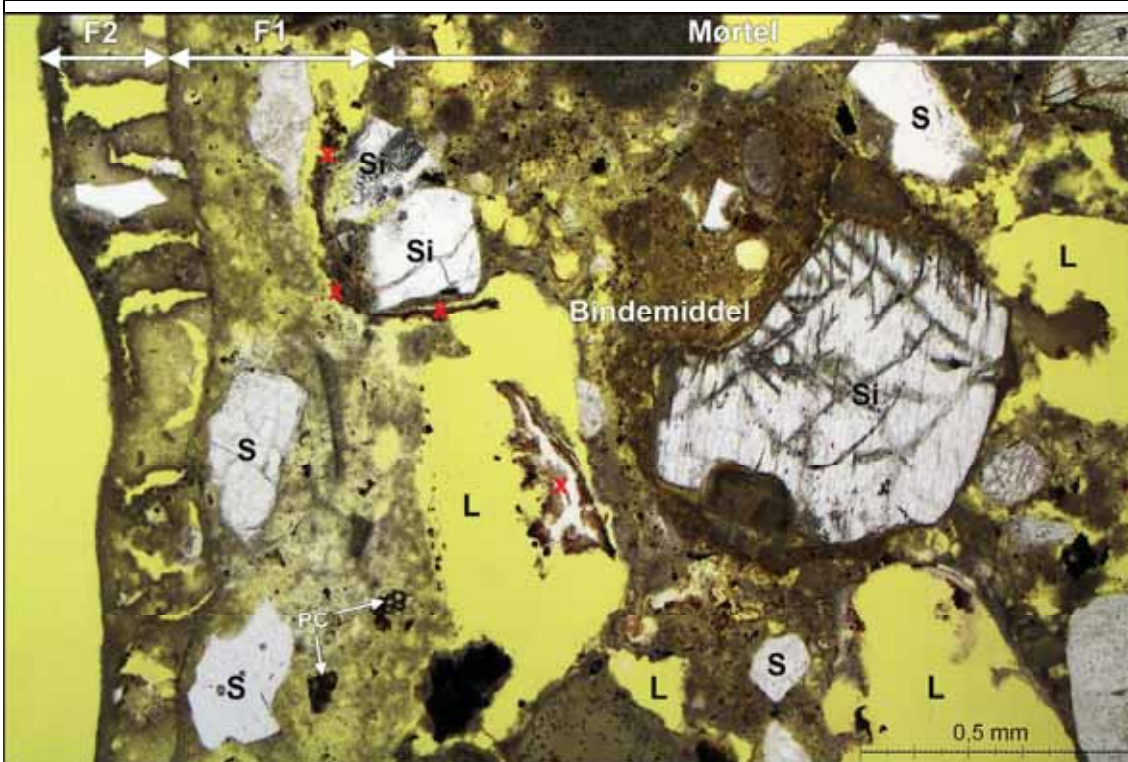


Foto: 1 (F823-2) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P090710-2 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prov 1: Billedet viser et udsnit af mørtlens (»brukets«) overflade set i tyndslibet. Overfladen er påført to lag hvid kalkfarve (F1 og F2), hvoraf det inderste er tilsat lidt portlandcement. På overfladen af den underliggende mørtel ses rester af ældre begroning (x). Mørtlens bindemiddel indeholder delvist smeltede silikatgrain (Si), som stammer fra urenheder i den til kalkbrændingen anvendte kalksten. Luftporer = L. Sand = S

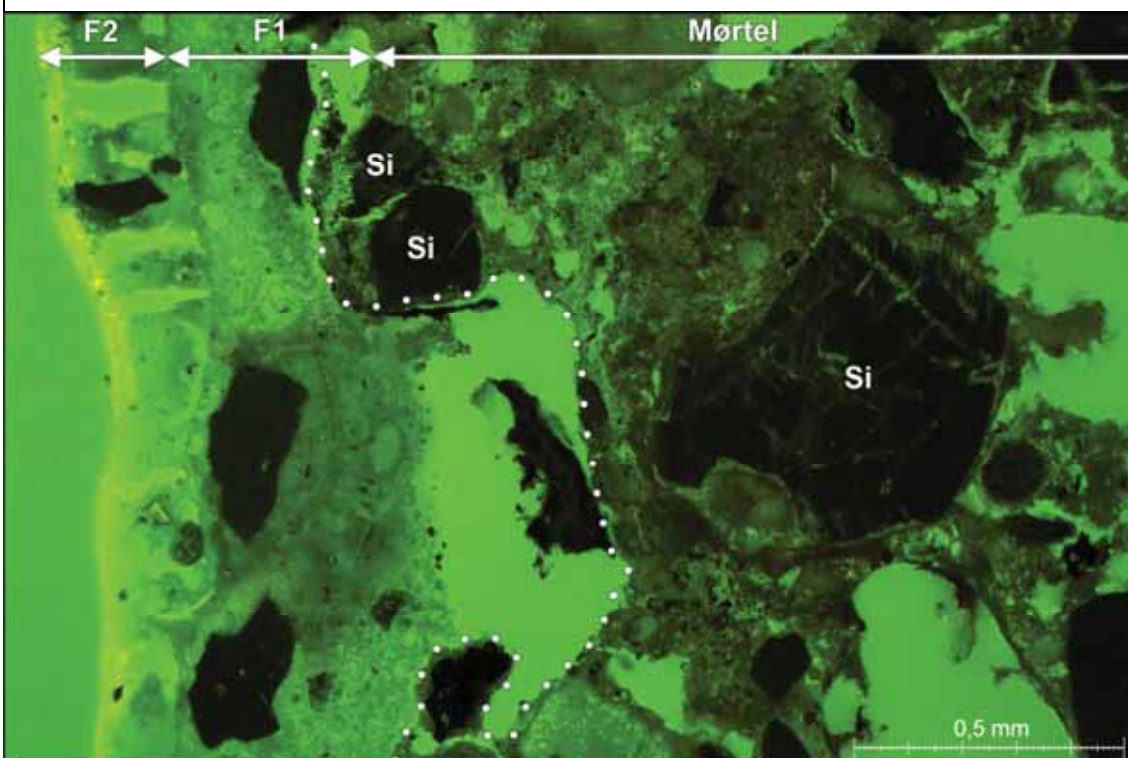


Foto: 2 (F823-4) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P090710-2 Belysning: P Filter: F

Prøve mærket: Prov 1. Billedet viser samme udsnit af tyndslibet som foto 1, men en anden belysnings- og filterteknik er anvendt, hvorved blandt andet forskelle i bindemidlets porøsitet kan vurderes. På billedet fremstår områder med lav porøsitet mørke og områder med høj porøsitet lyse. Hydrauliske komponenter fra de delvist smeltede silikatgrain (Si) er trængt ud i mørtlens bindemiddel og gjort dette mere tæt

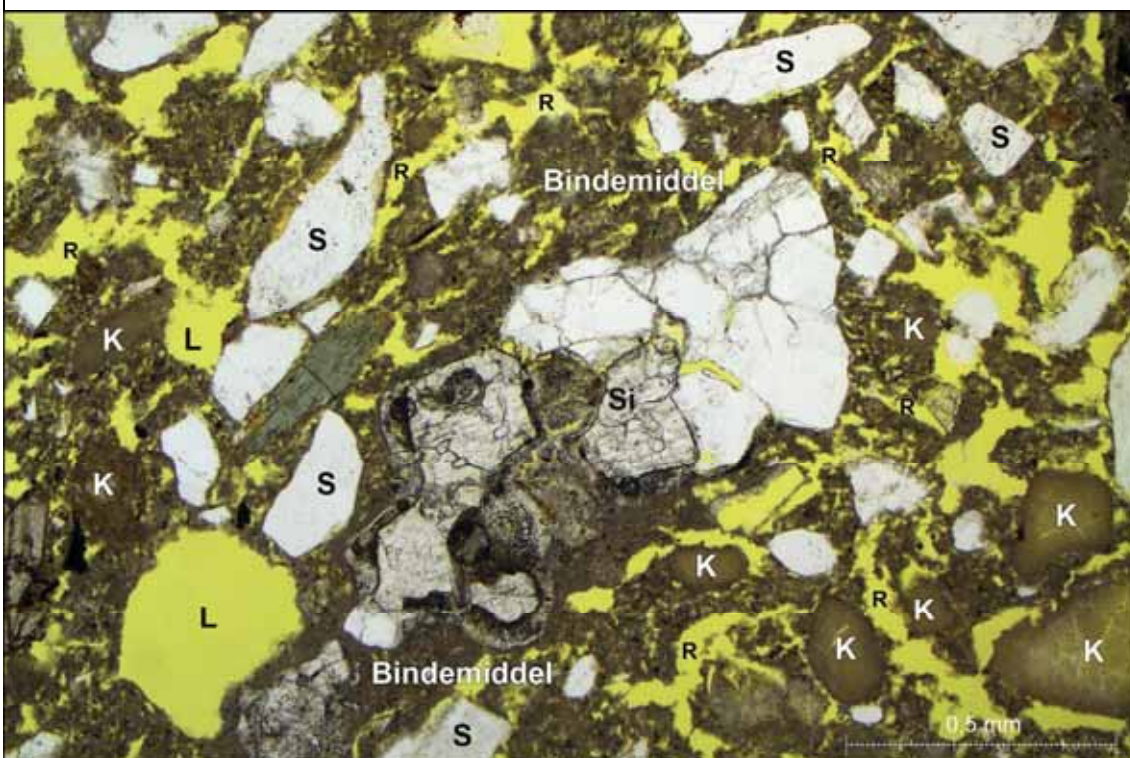


Foto: 3 (F823-5) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P090710-2 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: Prov 1: Billedet viser et udsnit af mørtlens indre. Udover sand (S) og delvist smeltede silikat-korn (Si) indeholder bindemidlet mange udispergerede kalkklumper (K) og noget luft i form af let irregulære luftporer (L). De mange svindrevner »krympsprickor« (R) skyldes formentligt, at carbonatiseringen fra starten har været hæmmet af højt fugtindhold i mørtlen

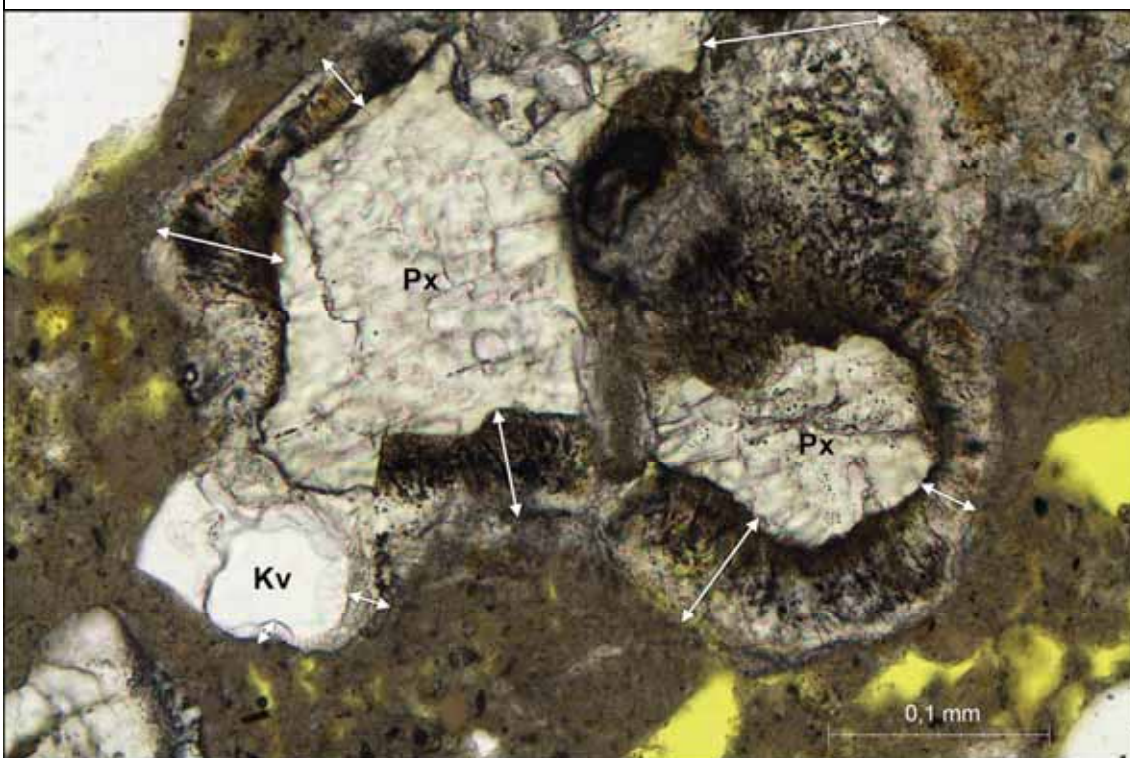


Foto: 4 (F823-6) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P090710-2 Belysning: P Filter: F

Prøve mærket: Prov 1. Billedet viser et udsnit af foto 3 ved øget forstørrelse. Ved kalkbrændingen er der sket en delvis omdannelse af silikat-korn af blandt andet kvarts (Kv) og pyroxen (Px), hvorved der er dannet hydrauliske mineralfaser (↔), som har gjort bindemidlet (kalken) moderat hydraulisk