

Rekvirent:

Statsbygg
N-0155 Oslo
P.b. 8106 Dep.

FORELØBIG KOPI

Sag: 070203

Dato: 8. februar 2008

Rapport nr.: R070203-3

Side 1 af 34

RAPPORT

Bygværk:

Oscarshall, Oslo

Prøver:

Puds- og mørtelprøver fra:

- Kjøkkenbygning (3 stk.)
- Portnerbolig (2 stk.)
- Kavalerbolig (2 stk.)

Undersøgelser:

Tyndslibsanalyser:

- Farve-, mørtel- og pudsanalyser

Oplæg.....	side 2
Sammenfatning og vurdering af resultater.....	side 4
Tyndslibsanalyser.....	side 9
Fotodokumentation	side 27

Torben Seir Hansen
Geolog, Cand. Scient.

SEIR-materialeanalyse 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

Statsbygg
N-0155 Oslo
P.b. 8106 Dep.

Laboratoriets kontakt

A.L.Høyer as
Hammersborg Torg 3
N-0179 Oslo

Kontaktperson: Margrethe Moe

Tlf: +47 23 27 80 39
Mobil: +47 91 84 39 37
Fax: +47 23 27 80 01
E-mail: mm@allhoyer.no

Prøvemateriale

Prøvematerialet består af følgende prøver modtaget den 22. januar 2008:

Prøve nr.	Mærket	Prøvetype	Prøvetagningssted (oplyst af rekvirent)	Undersøgelser
P070203-31	100108/01	Aflange, flageformede brudstykker af gulbrun fugemørtel med vedhængende rester af hvid, afsmittende mørtel på bagsiden Dimensioner: Optil 20 x 31 mm Tykkelse: op til 10 mm	Kjøkkenbygningen, pyntefuge	Tyndslibsanalyse
P070203-32	100108/02	Pulver/fragmenter af hvidgrå, svagt brunlig mørtel Dimensioner: op til 4 x 7 x 10 mm	Kjøkkenbygningen, fuge under pyntefuge	Tyndslibsanalyse
P070203-33	100108/03	Flageformet brudstykke af hvidgrå puds med hvide farvelag på overfladen Dimensioner: 100 x 110 mm Pudstykkelser: 19 – 21 mm	Kjøkkenbygningen, indre hvelvet rom, veggpuss	Tyndslibsanalyse
P070203-34	100108/04	Flageformet brudstykke af lysegrå puds med gullige til orangehvide farvelag på overfladen Dimensioner: 40 x 96 mm Pudstykkelser: 13 - 15 mm	Portnerbolig, veggpuss	Tyndslibsanalyse
P070203-35	100108/05	Flageformet brudstykke af lysegrå puds med gullige til orangehvide farvelag på overfladen Dimensioner: 37 x 63 mm Pudstykkelser: 14 - 16 mm	Portnerbolig, sokkelpuss	Tyndslibsanalyse

Fortsættes

P070203-36	100108/06	Udskåret stykke af lysegrå puds med gullige til orange-hvide farvelag på overfladen Dimensioner: 67 x 82 mm Pudstykkelser: 27 - 32 mm	<i>Kavalerbolig, kvaderpuss</i>	Tyndslibsanalyse
P070203-37	100108/07	Udskåret stykke af lysegrå puds med gullige til orange-hvide farvelag på overfladen Dimensioner: 67 x 100 mm Pudstykkelser: 19 - 26 mm	<i>Kavalerbolig, veggpuss</i>	Tyndslibsanalyse

Skema 1: Beskrivelse og registrering af prøvematerialet

Undersøgelser

Der er fremstillet og analyseret tyndslib af alle prøver. Analysen omfatter for hver prøve:

- Beskrivelse af prøvens opbygning
- Beskrivelse af pudsens/mørtlens bestanddele
- Bestemmelse af pudsens/mørtlens sammensætning; det vil sige bestemmelse af mængden af henholdsvis tilslag, bindemiddel og luft. Bestemmelsen er udført ved punkttælling
- Beskrivelse og bestemmelse af evt. forekommende farvelag
- Vurdering af bindemiddeltyper (mørteltyper)
- Vurdering af omdannelses- og nedbrydningstegn

Resultater

Resultatet af undersøgelsen fremgår af afsnittet: *Tyndslibsanalyser*. Resultaterne er endvidere sammenfattet og vurderet i afsnittet: *Sammenfatning og vurdering*.

Forbehold

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

Sammenfatning og vurdering af resultater

Der er undersøgt i alt 7 stk. prøver udtaget fra henholdsvis Kjøkkenbygning (3 stk.), Portnerbolig (2 stk.) og Kavalerbolig (2 stk.) på Oscarshall Slott i Oslo. Undersøgelsen er udført ved tyndslibsanalyse. Resultatet af tyndslibsanalyserne fremgår af efterfølgende sider i rapporten. Nedenfor er sammenfattet de væsentligste resultater. Der er endvidere udført en vurdering af de oprindelige blandingsforhold til de anvendte mørtler. Vurderingen er baseret på resultatet af de udførte punkttællinger samt relevante materialeparametre, ligeledes vurderet på baggrund af tyndslibsanalyserne.

Prøve 100108/01 fra køkkenbygning, pyntefuge

Prøven omfatter gulbrun fugemørtel (mørtel 2) med vedhængende rester af hvidgrå muringsmørtel (mørtel 1) og yngre hvid afsmittende mørtel (mørtel 3) på bagsiden. Sammensætningen af de enkelte lag fremgår af efterfølgende:

Mørtel 2 (yderst)	Hydraulisk kalkmørtel
Bindemiddel:	Hydraulisk kalk (formentligt af typen Romacement)
Tilslag:	Finkornet, naturligt sand med største kornstørrelse på 0,7 mm
Blandingsforhold:	Hydraulisk kalk (pulver) tilsat sand og vand (mængder har ikke kunnet kvantificeres)
Luftindhold:	2 vol %
Mørtel 1	Kalkmørtel
Bindemiddel:	Kalk (svagt hydraulisk) tilsat lidt Portlandcement
Tilslag:	Finkornet, naturligt sand med største kornstørrelse på 0,5 mm
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt
Mørtel 3 (inderst)	Asbestholdig mørtel
Bindemiddel:	Formentligt organisk lim, type ikke bestemt
Fyldstof:	Knust marmor/kalksten med største kornstørrelse på 0,3 mm Asbestfibre, op til 2 mm lange
Blandingsforhold:	Ikke bestemt
Luftindhold:	Ikke bestemt

Den asbestholdige mørtel 3 er formentligt anvendt for at fastgøre løsgjorte flager af fugemørtel til facaden. Mørtelen virker meget svag og afsmittende.

Prøve 100108/02 fra køkkenbygning, fuge under pyntefuge

Prøven omfatter små fragmenter af hvidgrå, finkornet mørtel svarende til muringsmørtelen (mørtel 2) i prøve 100108/01 og vurderes at repræsentere muringsmørtel. Mørtelen har følgende sammensætning:

Mørtel	Kalkmørtel tilsat lidt portlandcement
Bindemiddel:	Kalk (svagt hydraulisk) tilsat lidt Portlandcement
Tilslag:	Finkornet, naturligt sand med største kornstørrelse på 1,5 mm
Blandingsforhold:	Som KC 80/20/450
Luftindhold:	7 vol%

De undersøgte fragmenter af mørtelen fremstår inhomogene med varierende cementindhold. Tilstedeværelsen af grønne alger og kiselalger indikerer højt fugtindhold.

Prøve 100108/03 fra Køkkenbygning, indre hvelvet rom, puss

Prøven omfatter hvidgrå grovpuds (Puds 1) med en lagtykkelse på ca. 20 mm, som i overfladen er afrettet med hvid slutpuds (Puds 2) med en lagtykkelse på 2 – 3 mm. Pudsens overflade er påført hvide, afsmittende farvelag (Farvelag 1, 2 og 3). Sammensætningen af de enkelte lag fremgår af efterfølgende:

Farvelag 3 (yderst)	Hvid limfarve
Farvelag 1 og 2	Hvid kalkfarve (2 lag)
Puds 2, slutpuds	Kalkmørtel
Bindemiddel:	Kalk (svagt hydraulisk)
Tilslag:	Finkornet, naturligt sand med største kornstørrelse på 0,7 mm
Blandingsforhold:	Skønsmæssigt som K 100/200
Luftindhold:	2 vol%
Puds 1, grovpuds	Kalkmørtel
Bindemiddel:	Kalk (svagt hydraulisk)
Tilslag:	Finkornet, naturligt sand med største kornstørrelse på 2 mm
Blandingsforhold:	Skønsmæssigt som K 100/300
Luftindhold:	9 vol%

Bortset fra udfældning af gips i kalkfarvelag 1 og 2 er der ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning.

Prøve 100108/04 og 05 fra Portnerbolig, vegg- og sokkelpuss

Prøverne omfatter lysegrå grovpuds (Puds 1) med en lagtykkelse på ca. 14 mm, som i overfladen er afrettet med bindemiddelrig, grå slutpuds (Puds 2) med en lagtykkelse på 0,2 – 2,5 mm. Pudsens overflade er yderst påført organiske farvelag (Farvelag 3 til 6). Derunder er bevaret rester af ældre kalkfarvelag (Farvelag 1 og 2). Underlaget for pudsen (murværket) er ligeledes repræsenteret i begge prøver. Sammensætningen af de enkelte lag fremgår af efterfølgende:

Farvelag 6	Orangehvid plastfarve Med fyldstof af talk
Farvelag 5	Orangehvid oliefarve Med fyldstof af kvarts
Farvelag 4	Gullig oliefarve Med fyldstof af kvarts
Farvelag 3	Hvid oliefarve Med fyldstof af kvarts
Farvelag 2	Gullig kalkfarve Pigment som okker
Farvelag 1	Gullig kalkfarve Tilsat lidt portlandcement. Pigment som okker og muligvis lidt bensort
Puds 2, slutpuds Bindemiddel: Tilslag: Blandingsforhold: Luftindhold:	Kalkcementmørtel Portlandcement tilsat lidt luftkalk (kulekalk) Fillerfattigt, naturligt sand med største kornstørrelse på 0,5 mm Mere bindemiddelrig end grovpuds (puds 1) Ikke bestemt
Puds 1, grovpuds Bindemiddel: Tilslag: Blandingsforhold: Luftindhold:	Kalkcementmørtel Portlandcement tilsat lidt luftkalk (kulekalk) Fillerfattigt, naturligt sand med største kornstørrelse på 2,5 mm Skønsmæssigt som KC 10/90/550 14 - 20 vol%

Til opmuringsmørtelen i det bagvedliggende murværk er anvendt bindemiddel af ren kalk.

I prøve 100108/04 er dele af kalkbindemidlet i inderste kalkfarvelag omdannet til gips. I begge prøver ses der udfældning af kalk i pudsens luftporer - mest udbredt i prøve 100108/05. Udfældning af kalk i luftporer indikerer tidvis højt fugtindhold i pudsen. Der ses i øvrigt ingen tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen.

Prøve 100108/06 og 07 fra Kavalerbolig, vegg- og kvaderpuss

Prøverne omfatter lysegrå grovpuds (Puds 1) med en lagtykkelse på ca. 25 mm, som i overfladen er afrettet med bindemiddelrig, grå slutpuds (Puds 2) med en lagtykkelse på 0,2 – 2,5 mm. Pudsens overflade er påført yderst påført 2 lag plastfarve. Derunder er bevaret rester af ældre farvelag. Underlaget for pudsen (murværket) er ligeledes repræsenteret i begge prøver. Sammensætningen af de enkelte lag fremgår af efterfølgende (ikke alle farvelag er til stede i begge prøver):

Farvelag 4 (100108/06) Farvelag 5 (100108/07)	Orangehvid plastfarve Med fyldstof af talk og knust marmor
Farvelag 3 (100108/06) Farvelag 4 (100108/07)	Hvid plastfarve Med fyldstof af glimmer/talk og knust marmor
Farvelag 2 (100108/06)	Hvid oliefarve
Farvelag 3 (100108/07)	Gullig kalkfarve Pigment som okker
Farvelag 2 (100108/07)	Gullig kalkfarve Pigment som okker og muligvis lidt bensort
Farvelag 1 (100108/06) Farvelag 1 (100108/07)	Hvid kalkfarve Tilsat lidt portlandcement
Puds 2, slutpuds Bindemiddel: Tilslag: Blandingsforhold: Luftindhold:	Kalkcementmørtel Portlandcement tilsat lidt luftkalk (kulekalk) Fillerfattigt, naturligt sand med største kornstørrelse på 0,5 mm Skønsmæssigt som KC 10/90/200 (bestemt i prøve 100108/07) 9 vol%
Puds 1, grovpuds Bindemiddel: Tilslag: Blandingsforhold: Luftindhold:	Kalkcementmørtel Portlandcement tilsat lidt luftkalk (kulekalk) Fillerfattigt, naturligt sand med største kornstørrelse på 1,4 mm Skønsmæssigt som KC 10/90/400 12 – 18 vol%

Som muringsmørtel til det bagvedliggende murværk er anvendt kalk (svagt hydraulisk).

I begge prøver er dele af kalkbindemidlet i de inderste kalkfarvelag omdannet til gips. Der optræder endvidere fine revner i pudsens overflade, som med en orientering vinkelret på overfladen kan følges op til 20 mm ind i pudsen. Revnerne optræder i begge prøver og vurderes at være overfladiske svindrevner opstået umiddelbart efter udførelsen af pudsen. Der ses i øvrigt ingen tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af pudsen.

Afsluttende bemærkninger og konklusion

Tit pyntefugerne i Køkkenbygningen er anvendt stærkt hydraulisk kalk med sammensætning som Romacement. Den hydrauliske kalk er ikke identisk med den lysebrune hydrauliske kalk beskrevet fra dekorelementer på slottets hovedbygning (rapport R070203, dateret 10. april 2007).

Som indvendig puds i Kjøkkenbygningens hvælvede rum er anvendt ren kalkmørtel med samme type kalk som anvendt til muremørtler i alle undersøgte konstruktioner.

Til pudsen på Portnerboligen og Kavalerboligen er anvendt meget cementrige mørtler. Ud fra cementens struktur og sammensætning vurderes denne at være en meget tidlig type Portlandcement. Portlandcementen svarer til den anvendte cement på slottets hovedbygning. Det har ikke kunnet afgøres, om der er anvendt samme type kalk til mørtelen, som til det bagvedliggende murværk. Kalken er tilsat i meget begrænset mængde – sandsynligvis for at opnå en mere egnet konsistens for pudsning. Bindemiddelrig slutpuds er påført medens grovpudsen endnu ikke har været hærdnet for lukningen af overfladen.

Bag de organiske farvelag på pudsen i Portner- og Kavalerboligen er bevaret rester af ældre, gullige kalkfarvelag, som i Portnerboligen kan være farvet med jernvitriol, som senere er omdannet til sin nuværende form (okker¹).

¹ Jernvitriol (FeSO_4) + kalkhydrat ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) $\Rightarrow$ Okker ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) + Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Tyndslibsanalyser

Prøve mærket: **100108/01. Kjøkkenbygningen, pyntefuge** (Lab nr.: P070203-31)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af aflange, flageformede brudstykker af gulbrun (orangebrå), finkornet mørtel (fugemørtel) med profileret, let eroderet yderside og hvælvet (konkveks) bagside med vedhængende rester af hvid, meget svag og afsmittende mørtel på bagsiden. Styrken af den gulbrune mørtel vurderes som høj.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Prøven udviser følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Mørtel 2	2 – 8 mm	Gulbrun mørtel (fugemørtel)
	Mørtel 1	max. 1 mm	Hvidgrå mørtel (muringsmørtel)
Inderst:	Mørtel 3	1,7 – 2,5 mm	Hvid mørtel

Se endvidere foto 1 i afsnittet fotodokumentation.

Beskrivelse af mørtel 2 (fugemørtel)

I mørtelen kan udskilles følgende bestanddele:

Sand: 28 vol%

Sand bestående hovedsagligt af bjergartsfragmenter af gneiss samt enkelkorn af kvarts og feldspat.. Kornstørrelsen er op til 0,7 mm. Kornformen er kantrundet. Sandet kan karakteriseres som naturligt, let fillerfattigt sand.

Bindemiddel: 70 vol%

Inhomogen masse af overvejende mikrokrySTALLIN kalk korn og klumper af følgende bindemiddeltyper:

Klumper af ren kalk: Afrundede klumper af mikrokrySTALLIN kalk med ingen eller kun få urenheder i form af røde ler/jern-forbindelser. Klumperne er op til 0,4 mm store og udgør omkring 1 vol% af bindemidlet.

Korn med krystalline hydrauliske mineralfaser: Rødbrunne til brune kantrundede til afrundede korn på op til 1 mm (*foto 1 og 2*). I kornene kan, udover mikrokrySTALLIN kalk, skelnes rødbrunne jern-forbindelser med overgang til ferrit-fase lignende cementklinker-mineraler (C₄AF). Kornene indeholder ofte bevarede strukturer efter svovlkis (pyrit), rester af underbrændt kalksten samt delvist omdannede kvartskorn. Amorf (glasfase) til submikroskopisk kisel er ligeledes til stede i de fleste korn. Kornene udgør 31 vol% af bindemidlet.

Jernholdige korn: Mørke, ofte flageformede korn på op til 0,2 mm. Undertiden med partier af metallisk jern, men hovedsageligt bestående af rød jernoxid. Kornene udgør omkring 1 vol% af bindemidlet.

Korn af underbrændt kalksten: Irregulære, op til 0,3 mm store korn af ubrændt eller delvist brændt rød, sedimentær kalksten. Kornene udgør omkring 1 vol% af bindemidlet.

Bindemidlet indeholder desuden mange små (<20 µm) rødbrune korn af samme type, som ses i korn af uren kalk. Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft: 2 vol%

Mørtelen indeholder kun lidt luft i form af irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,25 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af mørtel 1 (muringsmørtel)

Enkelte rester af mørtel med sandkorn op til 0,5 mm og bindemiddel af ren kalk med enkelte fuldt hydratiserede rester af portlandcement-lignede korn. På grund af mørtelresterne ringe størrelse er der ikke udført punkttælling.

Beskrivelse af mørtel 3

Finkornet, bindemiddelrig mørtel med fyldstof af knust marmor/kalksten med største kornstørrelse på 0,3 mm og op til 2 mm lange mineralske asbestfibre. Kalkstenen indeholder stedvis fossiler i form af foraminiferer. Bindemidlet vurderes at være organisk. Mørtelen indeholder desuden en del urenheder i form af sandkorn og rester af mørtel svarende til mørtel 1. Der er ikke udført punkttælling.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Overfladen af mørtel 1 (muringsmørtelen) viser tegn på mekanisk afrensning forud for påføringen af mørtel 2 (fugemørtelen).

Mørtel 3 skærer kontakten mellem mørtel 1 og 2, og vurderes på baggrund heraf at være den sidst tilførte mørtel, på trods af at den forekommer på bagsiden af fugemørtelen (mørtel 2). Mørtelen indeholder tydelige flydestrukturer op mod kontakten til mørtel 2 (*foto 1*). Mørtelen er svag og let smuldrende.

Bindemidlet i den eksponerede overflade af fugemørtelen (mørtel 2) er eroderet og udludet for kalk. Sandkorn er herved blevet frilagt til en dybde af op til 0,2 mm.

Prøve mærket: **100108/02: Kjøkkenbygning, fuge under pyntefuge**
(Lab nr.: P070203-32)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af et gråhvidt, svagt brunligt pulver med op til 4 x 7 x 10 mm store mørtelfragmenter af lav styrke. Tilslagets kornstørrelse i mørtelen er 2 mm.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

De 5 største fragmenter i prøven er undersøgt. Mørtelen i disse består af følgende bestanddele:

Sand: 51 vol%

Sand bestående hovedsagligt af bjergartsfragmenter af gneiss, lidt vulkanske bjergarter samt enkeltkorn af kvarts og feldspat. Desuden ses enkelte silt-holdige klumper. Enkelte steder forekommer kornene med rødbrun skorpe. Største kornstørrelse i tyndslibet er 1,5 mm. Kornformen er kantet til kantarundet. Sandet kan karakteriseres som et finkornet, naturligt, let fillerfattigt sand.

Bindemiddel: 42 vol%

Mikrokrystallin grundmasse af overvejende kalk med korn og klumper af følgende bindemiddeltyper:

Klumper af ren kalk: Lyse, afrundede kalkklumper på op til 0,3 mm bestående af næsten ren mikrokrystallin kalk. Klumperne udgør 3 vol% af bindemidlet.

Klumper af uren kalk: Rødbrune, irregulære kalkklumper på op til 0,1 mm. Klumperne består hovedsagligt af rødbrune jernforbindelser, men stedvis ses mikrokrystallin kalk og amorf til mikrokrystalline kiselforbindelser. Klumperne udgør mindre end 1 vol% af bindemidlet.

Korn med velkrystalliserede cementklinkerminerale: Grålige, kantrundede korn på op til 0,15 mm. Kornene består af fuldt hydratiserede rester af cementklinkerminerale belit (C_2S) og alit (C_3S) samt uhydratiseret ferrit (C_4AF) (foto 4). Kornene er relativt uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. Kornene udgør mindre end 1 vol% af bindemidlet af bindemidlet i 4 af de 5 undersøgte mørtelfragmenter. I gennemsnit udgør kornene 4 vol% af bindemidlet.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft: 7 vol%

Mørtelen indeholder luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,8 mm. Der ses ingen svindrevner.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Udseendemæssigt svarer mørtelen til mørtel 1 (muringsmørtelen) i prøve 100108/01.

På mørtelfragmenternes overflade ses stedvis smuds, grønne alger og enkelte kiselalger.

Prøve mærket: **100108/03: Kjøkkenbygning, indre hvelvet rom, veggpuss**
(Lab nr.: P070203-23)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af et ca. 20 mm tykt flageformet brudstykke af hvidgrå grovpuds (puds 1) med et ca. 3 mm tykt lag hvid sludpuds (puds 2) på overfladen. Grovpudsens styrke kan karakteriseres som middel til høj. Pudsens overflade er påført hvide (forvitrede) farvelag. Pudsstykkets bagside har haft kontakt mod den underliggende vægflade.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Prøven udviser følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag 1-3	0 – 0,1 mm	Hvide farvelag (3 stk.)
	Puds 2	2,3 – 3,2 mm	Hvid mørtel (sludpuds)
Inderst:	Puds 1	max. 19 mm	Hvidgrå mørtel (grovpuks)

Se endvidere foto 5 i afsnittet fotodokumentation.

Beskrivelse af farvelag 1 – 3

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Hvid, mat. Forvitret med synlige sandkorn
Farvelag 3	0,0 - 0,12 mm	Organisk farve Kulør: Hvid Bindemiddel: Organisk (lim) Fyldstof: Kalk, kridt-lignende (20 µm) ¹⁾ Pigment: -
Farvelag 2	0,01 - 0,08 mm	Mineralsk farve Kulør: Hvid Bindemiddel: Kalk (lufthærdende) Fyldstof: - Pigment: -

Fortsættes

¹⁾ Største kornstørrelse. 1 µm = 0,001 mm

Farvelag 1	0,02 - 0,15 mm	Mineralsk farve	Kulør: Hvid
		Bindemiddel:	Kalk (lufthærdende)
		Fyldstof:	-
		Pigment:	-
		To påføringer kan udskilles. Bindemidlet svarer i struktur og sammensætning til bindemidlet i puds 1 og 2.	

Beskrivelse af puds 2, slutpuds

Den til pudsen anvendte mørtel består af følgende bestanddele:

Sand: 35 vol%

Sand af samme type som i puds 1. Største kornstørrelse i tyndslibet er dog kun 0,7 mm. Sandet kan karakteriseres som et finkornet, naturligt, fillerfattigt sand.

Bindemiddel: 63 vol%

Mikrokrystallin grundmasse af overvejende kalk med spredte korn og klumper af følgende bindemiddeltper:

Klumper af ren kalk: Lyse, afrundede kalkklumper på op til 0,2 mm bestående af næsten ren mikrokrystallin kalk; dvs. uden eller med kun lavt indhold af urenheder. Klumperne udgør 2 vol% af bindemidlet.

Klumper af uren kalk: Rødbrune, irregulære kalkklumper på op til 0,1 mm. Klumperne består af, udover kalk, af brunlige ler/jern-forbindelser, stedvis med overgang til ferrit- (C₄AF) lignende faser. I enkelte klumper ses amorf til mikrokrystalline kisel-forbindelser. Klumperne udgør mindre end 1 vol% af bindemidlet.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft: 2 vol%

Mørtelen indeholder kun lidt luft i form af let irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 0,2 mm. Der ses ingen svindrevner.

Beskrivelse af puds 1, grovpuds

Den til pudsen anvendte mørtel består af følgende bestanddele:

Sand: 40 vol%

Sand bestående hovedsaligt af bjergartsfragmenter af gneiss, lidt vulkanske bjergarter samt enkeltkorn af kvarts, feldspat og lidt amfibol (hornblende). Desuden ses enkelte silt-holdige klumper. Største kornstørrelse i tyndslibet er 2 mm. Kornformen er kantet til kantrundet. Sandet kan karakteriseres som et finkornet, naturligt, fillerfattigt sand.

Bindemiddel: 51 vol%

Mikrokrystallin grundmasse af overvejende kalk med korn og klumper af følgende bindemiddeltyper:

Klumper af ren kalk: Lyse, afrundede kalkklumper på op til 3 mm bestående af næsten ren mikrokrystallin kalk; dvs. uden eller med kun lavt indhold af urenheder. Klumperne udgør 5 vol% af bindemidlet.

Klumper af uren kalk: Rødbrunne, irregulære til afrundede korn og klumper på op til 1 mm. Klumperne består, udover af kalk, af brunlige ler/jern-forbindelser, stedvis med overgang til ferrit- (C_4AF) lignende faser. Desuden ses stedvis mikrokrystalline kisel-forbindelser, blandt andet i form af fuldt hydratiserede belit- (C_2S) og alit- (C_3S) lignende faser. Enkelte korn har struktur og udseende som portlandcement. Klumper og korn udgør 4 vol% af bindemidlet.

Bindemidlet er fuldt carbonatiseret.

Luft: 9 vol%

Mørtelen indeholder luft i form af irregulære luftindeslutninger med tværmål op til 2 mm. Der ses ingen svindrevner.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Farvelag 2 og 3 vurderes at være påført udenpå de i forvejen forvitrede/afrensede farvelag. Overfladen af farvelag 3 fremstår ligeledes forvitret og delvist afskallet.

Farvelag 1 er påført tidsmæssigt tæt på udførelsen af puds 1 og 2.

Puds 2 er påført tidsmæssigt tæt på udførelsen af puds 1.

Bortset fra udfældning af gips i farvelag 1 og 2 er der ikke observeret tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning af puds- eller farvelag.

Prøve mærket: **100108/04: Portnerbolig, veggpuss** (Lab nr.: P070203-34)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af et ca. 14 mm tykt flageformet brudstykke af lysegrå grovpuds (puds 1) med et tyndt lag, lidt mørkere bindemiddelrig slutpuds på overfladen (puds 2). Grovpudsens styrke kan karakteriseres som høj. Pudsens overflade er påført gullige til orangehvide farvelag. Pudsstykkets bagside har haft kontakt mod vægfladen og omfatter dele af rød teglsten og hvidgrå muringsmørtel.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Prøven udviser følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag 1 - 6	0,2 – 0,6 mm	Gullige til orangehvide farvelag
	Puds 2	0,2 – 1,5 mm	Grå mørtel (slutpuds)
	Puds 1	14 – 15 mm	Lysegrå mørtel (grovpuks)
Inderst:	Mørtel	max. 0,2 mm	Hvidgrå mørtel (muringsmørtel)

Se endvidere foto 7 i afsnittet fotodokumentation.

Beskrivelse af farvelag 1 - 6

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Orangehvid, mat. Let ujævn
Farvelag 6	0,02 - 0,06 mm	Organisk farve Kulør: Orangehvid Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Talk (20 µm) Pigment: Hvidt pigment som titandioxid (<1 µm) Rødt pigment som jernoxidrødt (3 µm) (lidt) Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) (lidt)
Farvelag 5	0,02 - 0,08 mm	Organisk farve Kulør: Orangehvid Bindemiddel: Oliebaseret Fyldstof: Kvartskorn (knust) (20 µm) Pigment: Hvidt pigment som titandioxid/zinkhvidt (1 µm)
Farvelag 4	0,0 - 0,02 mm	Organisk farve Kulør: Gullig Bindemiddel: Oliebaseret Fyldstof: Kvartskorn (knust) (10 µm) Pigment: Hvidt pigment som titandioxid/zinkhvidt (1 µm) Orange pigment som okker (10 µm) (lidt)

Fortsættes

Farvelag 3	0,0 - 0,05 mm	Organisk farve Kulør: Hvid Bindemiddel: Oliebaseret Fyldstof: Kvartskorn (knust) (25 µm) Pigment: Hvidt pigment som titandioxid/zinkhvidt (1 µm)
Farvelag 2	0,0 - 0,25 mm	Mineralsk farve Kulør: Gullig Bindemiddel: Kalk (lufthærdende) Fyldstof: - Pigment: Orange pigment som okker (25 µm) Adskillige påføringer kan skelnes. Det orange pigment er muligvis tilsat i form af jernvitriol (<i>foto 8</i>)
Farvelag 1	0,0 - 0,45 mm	Mineralsk farve Kulør: Gullig Bindemiddel: Kalk (lufthærdende), tilsat lidt portlandcement Fyldstof: - Pigment: Orange pigment som okker (10 µm) (lidt) Sort, stedvist hvidt pigment som bensort (20 µm) (lidt)

Beskrivelse af puds 2, slutpuds

Mørtel bestående af samme type delmaterialer som puds 1, men med et væsentligt højere bindemiddelindhold, væsentligt mindre luftindhold og en største kornstørrelse på tilslaget på kun 0,5 mm (*foto 7*). På grund af lagets ringe tykkelse er der ikke udført punktælling.

Beskrivelse af puds 1, grovpuds

I mørtelen, som udgør pudsen, kan udskilles følgende bestanddele:

Sand: 48 vol%

Sand bestående af bjergartsfragmenter af granit og gneiss samt enkeltkorn af kvarts, feldspat og lidt amfibol (hornblende). Største kornstørrelsen er 1,8 mm og kornformen er kantet til kantrundet. Sandet kan karakteriseres som naturligt, fillerfattigt sand.

Bindemiddel: 32 vol%

Mikrokrystallin grundmasse af kalk og carboniseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Lyse, afrundede kalkklumper på op til 0,2 mm bestående af næsten ren mikrokrystallin kalk; dvs. uden eller med kun lavt indhold af urenheder. Klumperne udgør mindre end 1 vol% af bindemidlet.

Korn med velkrystalliserede cementklinkerminerale: Grå til brunlige, kantrundede korn på op til 0,6 mm. Kornene består af aggregater af cementklinker-mineralerne belit (C₂S), alit (C₃S) og ferrit (C₄AF) (*foto 7*). Kornene er uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. De enkelte ce-

mentklinker-mineraler er forholdsvis store: Belit op til 80 µm og alit op til 50 µm. Indholdet af ferrit er middel til højt. Huller efter fri kalk forekommer. Kornene udgør 36 vol% af bindemidlet.

I bindemidlet optræder endvidere enkelte små fragmenter af træ (ved) på op til 0,3 mm samt enkelte jernholdige korn på op til 0,1 mm. Bindemidlet er fuldt carbonatiseret, dog ikke de største cementkorn.

Luft: 20 vol%

Pudsen indeholder meget luft i form af irregulære, ofte sammenhængende luftporer med tværmål op til 0,5 mm.

Beskrivelse af mørtel (muringsmørtel)

Under grovpudsen optræder foruden rød teglsten enkelte meget små rester af kalkbindemiddel uden tilslagskorn. På grund af lagets ringe tykkelse er der ikke udført punktælling.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Farvelag 5 og 6 er udført på de i forvejen delvist afrensede/afskallede overflader af de underliggende farvelag.

Farvelag 3 er udført på den delvist afrensede/afskallede overflade af farvelag 1 og 2.

Farvelag 1 vurderes at være udført tæt på udførelsen af puds 1 og 2.

Puds 1 er påført tidsmæssigt tæt på udførelsen af mørtelen.

Bindemidlet er omdannet til gips i de yderste 0,08 mm af farvelag 2, og stedvis i de yderste 0,05 mm af farvelag 1. Der optræder endvidere spredte udfældninger af kalk i luftporer i puds 2.

Prøve mærket: **100108/05: Portnerbolig, sokkelpuss** (Lab nr.: P070203-35)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af et ca. 14 mm tykt flageformet brudstykke af lysegrå grovpuds (puds 1) med et tyndt lag, lidt mørkere bindemiddelrig slutpuds på overfladen (puds 2). Grovpudsens styrke kan karakteriseres som høj. Pudsens overflade er påført gullige til orangehvide farvelag. Pudsstykkets bagside har haft kontakt mod den underliggende vægflade og omfatter dele af rød teglsten og hvidgrå muringsmørtel.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Prøven udviser følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag 1 - 6	0,1 – 0,5 mm	Gullige til orangehvide farvelag
	Puds 2	0,3 – 2,5 mm	Grå mørtel (slutpuds)
	Puds 1	13 – 14 mm	Lysegrå mørtel (grovpuks)
Inderst:	Mørtel	max. 4 mm	Hvidgrå mørtel (muringsmørtel)

Se endvidere foto 9 i afsnittet fotodokumentation.

Beskrivelse af farvelag 1 - 6

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Orangehvid, mat. Let ujævn
Farvelag 6	0,01 - 0,07 mm	Organisk farve Kulør: Orangehvid Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Talk (20 µm) Pigment: Hvidt pigment som titandioxid (<1 µm) Rødt pigment som jernoxidrødt (3 µm) (lidt) Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) (lidt)
Farvelag 5	0,04 - 0,12 mm	Organisk farve Kulør: Orangehvid Bindemiddel: Oliebaseret Fyldstof: Kvartskorn (knust) (20 µm) Pigment: Hvidt pigment som titandioxid/zinkhvidt (1 µm)
Farvelag 4	0,0 - 0,06 mm	Organisk farve Kulør: Orangehvid Bindemiddel: Oliebaseret Fyldstof: Kvartskorn (knust) (10 µm) Pigment: Hvidt pigment som titandioxid/zinkhvidt (1 µm) Orange pigment som okker (10 µm) (lidt)

Fortsættes

Farvelag 3	0,0 - 0,07 mm	Organisk farve Bindemiddel: Fyldstof: Pigment:	Kulør: Hvid Oliebaseret Kvartskorn (knust) (25 µm) Hvidt pigment som titandioxid/zinkhvidt (1 µm)
Farvelag 2	0,0 - 0,10 mm	Mineralsk farve Bindemiddel: Fyldstof: Pigment: 2 påføringer kan skelnes. Det orange pigment er muligvis tilsat i form af jernvitriol	Kulør: Gullig Kalk (lufthærdende) - Orange pigment som okker (25 µm)
Farvelag 1	0,0 - 0,45 mm	Mineralsk farve Bindemiddel: Fyldstof: Pigment:	Kulør: Gullig Kalk (lufthærdende), tilsat lidt portlandcement - Orange pigment som okker (20 µm) (lidt) Sort, stedvist hvidt pigment som bensort (100 µm) (lidt)

Beskrivelse af puds 2, slutpuds

Mørtel bestående af samme type delmaterialer som puds 1, men med et væsentligt højere bindemiddelindhold og en største kornstørrelse på tilslaget på kun 0,5 mm. På grund af lagets ringe tykkelse er der ikke udført punktælling.

Beskrivelse af puds 1, grovpuds

I mørtelen, som udgør pudsen, kan udskilles følgende bestanddele:

Sand: 50 vol%

Sand bestående af bjergartsfragmenter af granit og gneiss samt enkeltkorn af kvarts, feldspat og lidt amfibol (hornblende). Største kornstørrelsen er 2,5 mm og kornformen er kantet til kantrundet. Sandet kan karakteriseres som naturligt, fillerfattigt sand.

Bindemiddel: 36 vol%

Mikrokrystallin grundmasse af kalk og carboniseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Lyse, afrundede kalkklumper på op til 0,15 mm bestående af næsten ren mikrokrystallin kalk; dvs. uden eller med kun lavt indhold af urenheder. Stedvis indeholder kalkklumperne tilslagskorn. Klumperne udgør mindre end 1 vol% af bindemidlet.

Korn med velkrystalliserede cementklinkerminerale: Grå til brunlige, kantrundede korn på op til 0,5 mm. Kornene består af aggregater af cementklinker-mineralerne belit (C₂S), alit (C₃S) og fer-rit (C₄AF). Kornene er uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. De enkelte cementklin-

ker-mineraler er forholdsvis store: Belit op til 80 µm og alit op til 50 µm. Indholdet af ferrit er middel til højt. Huller efter fri kalk forekommer. Kornene udgør 40 vol% af bindemidlet.

I bindemidlet optræder endvidere enkelte små fragmenter af træ (ved) på op til 0,2 mm. Bindemidlet er fuldt carbonatiseret, dog ikke de største cementkorn.

Luft: 14 vol%

Pudsen indeholder en del luft i form af irregulære, stedvis sammenhængende luftporer med tværmål op til 0,8 mm.

Beskrivelse af mørtel (muringsmørtel)

Under grovpudsen optræder foruden rød teglsten enkelte rester af mørtel med tilslagskorn op til 1,5 mm og med bindemiddel af ren kalk med enkelte klumper af uren kalk. Der er ikke observeret korn med cementklinker-mineraler. På grund af lagets ringe tykkelse er der ikke udført punktælling.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Farvelag 5 og 6 er udført på i forvejen delvist afrensede/afskallede overflader af de underliggende farvelag.

Farvelag 3 er udført på den delvist afrensede/afskallede overflade af farvelag 1 og 2.

Farvelag 1 vurderes at være udført tæt på udførelsen af puds 1 og 2. Farvelaget svarer i sammen-sætning til farvelag 1 i prøve 100108/04.

Puds 1 er påført tidsmæssigt tæt på udførelsen af mørtelen.

Bortset fra udbredt udfældning af kalk i luftporer i puds 2 er der ikke observeret tegn på anormal om-dannelse eller nedbrydning. Udfældningen af kalk i luftporer indikerer tidvis højt fugtindhold i pudsen.

Prøve mærket: **100108/06: Kavalerbolig, kvaderpuss** (Lab nr.: P070203-36)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af et ca. 26 mm tykt udskåret stykke af lysegrå grovpuds (puds 1) med et tyndt lag, lidt mørkere bindemiddelrig sludpuds på overfladen (puds 2). Grovpudsens styrke kan karakteriseres som høj. Pudsens overflade er påført hvide til orangehvide farvelag. Pudsstykkets bagside har haft kontakt mod vægfladen og omfatter dele af rød teglsten og mellemliggende hvidgrå muringsmørtel.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Prøven udviser følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag 1 - 4	0,1 – 0,2 mm	Hvide til orangehvide farvelag (4 stk.)
	Puds 2	0,2 – 1,5 mm	Grå mørtel (sludpuds)
	Puds 1	25 – 28 mm	Lysegrå mørtel (grovpuks). To påføringer
Inderst:	Mørtel	max. 7 mm	Hvidgrå mørtel (muringsmørtel)

Se endvidere foto 11 i afsnittet fotodokumentation.

Beskrivelse af farvelag 1 - 4

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Orangehvid, mat. Let ujævn
Farvelag 4	0,02 - 0,15 mm	Organisk farve Kulør: Orangehvid Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Kvarts og knust marmor (25 µm) Pigment: Hvidt pigment som titandioxid (<1 µm) Rødt pigment som jernoxidrødt (3 µm) (lidt) Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) (lidt) Blåt pigment som ultramarin (1 µm) (lidt)
Farvelag 3	0,02 - 0,20 mm	Organisk farve Kulør: Hvid Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Knust marmor (25 µm) Glimmer/talk (200 µm) Pigment: Hvidt pigment som titandioxid (<1 µm) Sort pigment som jernoxidsort (5 µm) (lidt)
Farvelag 2	0,0 - 0,01 mm	Organisk farve Kulør: Hvid Bindemiddel: Oliebaseret Fyldstof: - Pigment: Hvidt pigment som titandioxid/zinkhvidt (1 µm) Kun enkelte uafrensede rester (foto 11)

Fortsættes

Farvelag 1	0,0 - 0,25 mm	Mineralsk farve	Kulør: Hvid
		Bindemiddel:	Kalk (lufthærdende), tilsat lidt portlandcement
		Fyldstof:	-
		Pigment:	-

Beskrivelse af puds 2, slutpuds

Mørtel bestående af samme type delmaterialer som puds 1, men med et væsentligt højere bindemiddelindhold, væsentligt mindre luftindhold og en største kornstørrelse på tilslaget på kun 0,5 mm. På grund af lagets ringe tykkelse er der ikke udført punktælling.

Beskrivelse af puds 1, grovpuds

I mørtelen, som udgør pudsen, kan udskilles følgende bestanddele:

Sand: 47 vol%

Sand bestående af bjergartsfragmenter af granit og gneiss samt enkeltkorn af kvarts, feldspat samt lidt amfibol (hornblende) og enkelte flager af mørk glimmer. Største kornstørrelsen er 1,3 mm og kornformen er kantet til kantrundet. Sandet kan karakteriseres som naturligt, fillerfattigt sand.

Bindemiddel: 41 vol%

Mikrokrystallin grundmasse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Lyse, afrundede kalkklumper på op til 0,5 mm bestående af næsten ren mikrokrystallin kalk; dvs. uden eller med kun lavt indhold af urenheder. Klumperne udgør omkring 1 vol% af bindemidlet.

Korn med velkrystalliserede cementklinkerminerale: Grå til brunlige, kantrundede korn på op til 0,8 mm. Kornene består af aggregater af cementklinker-mineralerne belit (C_2S), alit (C_3S) og ferrit (C_4AF). Kornene er uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. De enkelte cementklinker-mineraler er forholdsvis store: Belit op til 80 μm og alit op til 50 μm . Indholdet af ferrit er middel til højt. Huller efter fri kalk er ikke observeret. Enkelte korn med glas/slagge-lignende faser er observeret. Kornene udgør 21 vol% af bindemidlet.

I bindemidlet optræder endvidere enkelte små fragmenter af træ (ved) på op til 1 mm samt enkelte jernholdige korn på op til 0,1 mm. Bindemidlet er fuldt carbonatiseret, dog ikke de største cementkorn.

Luft: 12 vol%

Pudsen indeholder noget luft i form af irregulære, undertiden sammenhængende luftporer med tværmål op til 0,5 mm. Der optræder endvidere enkelte op til 4 mm store luftindeslutninger i kontakten mellem de to pudspåføringer.

Beskrivelse af mørtel (muringsmørtel)

Under grovpudsen optræder foruden rød teglsten enkelte rester af mørtel med tilslagskorn op til 1 mm og bindemiddel af ren kalk med enkelte klumper af uren kalk. Der er ikke observeret korn med cementklinker-mineraler. Der er ikke udført punktælling.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Farvelag 2 og 3 vurderes at være udført tidsmæssigt tæt på hinanden.

Farvelag 2 er udført på en overflade, som har været næsten totalt afrenset for ældre farvelag. Kun enkelte rester af ældre farvelag er bevaret (farvelag 1).

Der er ikke observeret rester af ældre farvelag under farvelag 1.

Puds 1 og 2 er udført tidsmæssigt tæt på hinanden.

Puds 1 er påført tidsmæssigt tæt på udførelsen af murværket.

Bindemidlet er omdannet til gips i de yderste 0,1 mm af farvelag 2. Gips optræder endvidere i op til 0,02 mm brede revner (*foto 12*), som kan følges fra pudsens overflade og ca. 20 mm ind i pudsen. Pågældende revner indeholder endvidere rester af farvelag 1 og 2 i den yderste del.

Prøve mærket: **100108/07: Kavalerbolig, veggpuss** (Lab nr.: P070203-37)

Makroskopisk beskrivelse af prøven

Prøven består af et ca. 22 mm tykt udskåret stykke af lysegrå grovpuds (puds 1) med et tyndt lag, lidt mørkere bindemiddelrig slutpuds på overfladen (puds 2). Grovpudsens styrke kan karakteriseres som høj. Pudsens overflade er påført hvide til orangehvide farvelag. Pudsstykkets bagside har haft kontakt mod vægfladen og omfatter dele af rød teglsten og mellemliggende hvidgrå muringsmørtel.

Mikroskopisk beskrivelse af prøven set i tyndslibet

Prøven udviser følgende lagvise opbygning:

	Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Yderst:	Farvelag 1 - 5	0,1 – 0,5 mm	Hvide til orangehvide farvelag
	Puds 2	0,5 – 2,5 mm	Grå mørtel (slutpuds)
	Puds 1	17 – 25 mm	Lysegrå mørtel (grovpuks)
Inderst:	Mørtel	max. 3 mm	Hvidgrå mørtel (muringsmørtel)

Se endvidere foto 13 i afsnittet fotodokumentation.

Beskrivelse af farvelag 1 - 5

Betegnelse	Lagtykkelse	Beskrivelse
Overflade		Orangehvid, mat. Let ujævn
Farvelag 5	0,02 - 0,30 mm	Organisk farve Kulør: Orangehvid Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Kvarts og knust marmor (25 µm) Pigment: Hvidt pigment som titandioxid (<1 µm) Rødt pigment som jernoxidrødt (3 µm) (lidt) Sort pigment som jernoxidsort (2 µm) (lidt) Blåt pigment som ultramarin (1 µm) (lidt)
Farvelag 4	0,05 - 0,30 mm	Organisk farve Kulør: Hvid Bindemiddel: Plastbaseret Fyldstof: Knust marmor (50 µm) og lid naturligt sand (250 µm) Glimmer/talk (650 µm) Pigment: Hvidt pigment som titandioxid (<1 µm) Sort pigment som jernoxidsort (5 µm) (lidt)
Farvelag 3	0,0 - 0,11 mm	Mineralsk farve Kulør: Gullig Bindemiddel: Kalk (lufthærdende) Fyldstof: - Pigment: Orange pigment som okker (20 µm) (lidt)

Fortsættes

Farvelag 2	0,0 - 0,06 mm	Mineralsk farve	Kulør: Gullig Bindemiddel: Kalk (lufthærdende) Fyldstof: - Pigment: Orange pigment som okker (20 µm) (noget) Muligvis sort pigment som bensort (50 µm) (meget lidt)
Farvelag 1	0,0 - 0,25 mm	Mineralsk farve	Kulør: Hvid Bindemiddel: Kalk (lufthærdende), tilsat lidt portlandcement Fyldstof: - Pigment: -

Beskrivelse af puds 2, slutpuds

Mørtelen består af samme bestanddele som puds 1:

Sand: 39 vol%

Sand af samme type som i puds 1. Største kornstørrelsen er 0,5 mm.

Bindemiddel: 52 vol%

Mikrokrystallin grundmasse af kalk og carboniseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Lyse, afrundede kalkklumper på op til 0,1 mm. Klumperne udgør mindre end 1 vol% af bindemidlet.

Korn med velkrystalliserede cementklinkerminerale: Grå til brunlige, kantrundede korn på op til 0,5 mm. Kornene udgør 26 vol% af bindemidlet.

I bindemidlet optræder endvidere enkelte jernholdige korn på op til 0,15 mm. Bindemidlet er fuldt carboniseret, dog ikke de største cementkorn.

Luft: 9 vol%

Pudsen indeholder lidt luft i form af let irregulære luftporer med tværmål op til 0,2 mm.

Beskrivelse af puds 1, grovpuds

I mørtelen, som udgør pudsen, kan udskilles følgende bestanddele:

Sand: 37 vol%

Sand bestående af bjergartsfragmenter af granit og gneiss samt enkeltkorn af kvarts, feldspat samt lidt amfibol (hornblende) og enkelte flager af mørk glimmer. Største kornstørrelsen er 1,4 mm og kornformen er kantet til kantrundet. Sandet kan karakteriseres som naturligt, fillerfattigt sand.

Bindemiddel: 45 vol%

Mikrokrystallin grundmasse af kalk og carbonatiseret cementgel med følgende typer korn og klumper:

Klumper af ren kalk: Lyse, afrundede kalkklumper på op til 0,1 mm bestående af næsten ren mikrokrystallin kalk; dvs. uden eller med kun lavt indhold af urenheder. Klumperne udgør mindre end 1 vol% af bindemidlet.

Korn med velkrystalliserede cementklinkerminerale: Grå til brunlige, kantrundede korn på op til 0,8 mm. Kornene består af aggregater af cementklinker-mineralerne belit (C_2S), alit (C_3S) og ferrit (C_4AF). Kornene er meget uensartede i struktur, størrelse og sammensætning. De enkelte cementklinker-minerale er forholdsvis store: Belit op til 80 μm og alit op til 60 μm . Indholdet af ferrit er middel til højt. Huller efter fri kalk og enkelte korn med glas/slagge-lignende faser er observeret (foto 14). Kornene udgør 27 vol% af bindemidlet.

I bindemidlet optræder endvidere enkelte jernholdige korn på op til 0,2 mm. Bindemidlet er fuldt carbonatiseret, dog ikke de største cementkorn.

Luft: 18 vol%

Pudsen indeholder meget luft i form af irregulære, undertiden sammenhængende luftporer med tværmål op til 1,5 mm. Der optræder endvidere en enkelt 7 mm store luftindeslutning.

Beskrivelse af mørtel (muringsmørtel)

Under grovpudsen optræder foruden rød teglsten enkelte rester af mørtel med tilslagskorn op til 2 mm og bindemiddel af ren kalk med enkelte klumper af uren kalk. Der er ikke observeret korn med cementklinker-minerale. Der er ikke udført punktælling.

Tidsmæssige relationer samt omdannelses- og nedbrydningstegn

Farvelag 4 og 5 vurderes at være udført tidsmæssigt tæt på hinanden.

Farvelag 4 er udført på en overflade, som har været delvist afrenset for ældre farvelag.

Farvelag 1, 2 og 3 fremstår forvitrede og delvist udludede for kalk. Der er ikke observeret rester af ældre farvelag under farvelag 1.

Puds 1 og 2 er udført tidsmæssigt tæt på hinanden.

Puds 1 er påført tidsmæssigt tæt på udførelsen af murværket.

Bindemidlet er stedvis omdannet til gips i de yderste 0,05 mm af farvelag 3. I overfladen af puds 2 optræder der 2 stk. op til 0,05 mm brede revner, som kan følges ca. 3 mm ind i pudsen. Revnerne er lukket af farvelag 1.

Fotodokumentation

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

Filtre:	- N	Parallelle 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.

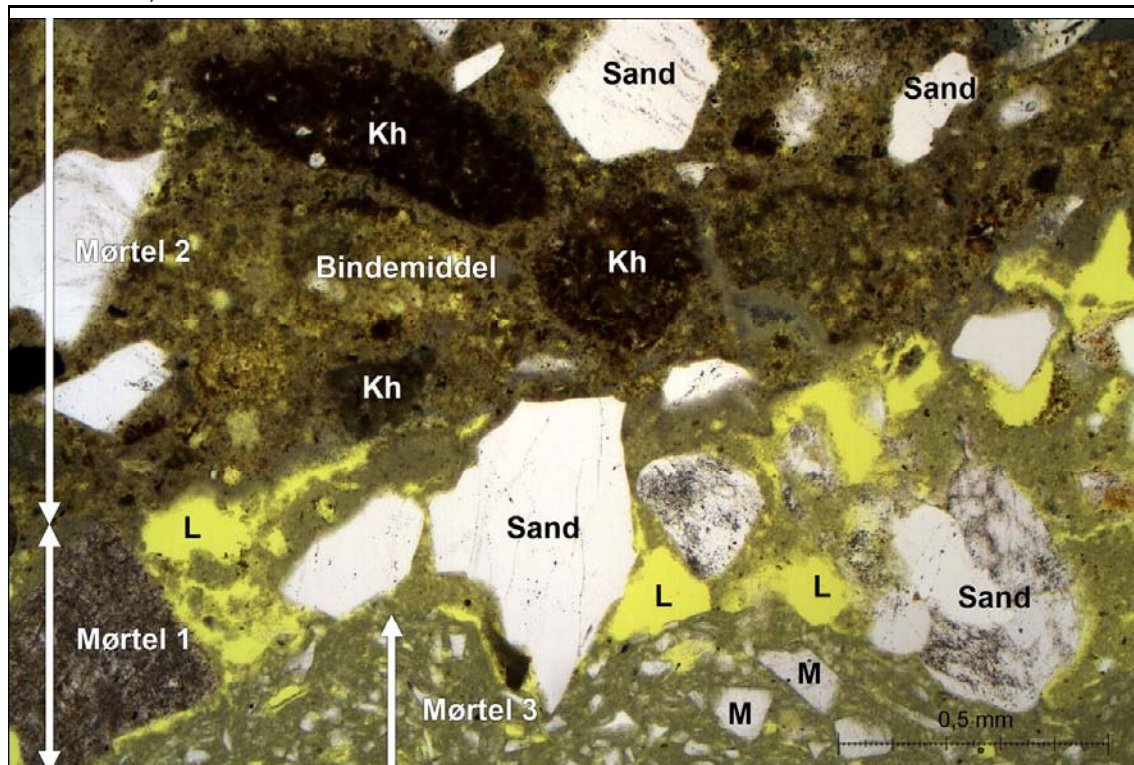


Foto: 1 (658-1) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-31 **Belysning:** A **Filter:** -N

Prøve mærket: 100108/01. Køkkenbygningen, pyntefuge. Billedet viser et udsnit af fugemørtelen (Mørtel 2) med en vedhængende rest af muringsmørtel (Mørtel 1). Under muringsmørtelen optræder en relativt ung asbestholdig mørtel med tilslag af knust marmor (M). Sidstnævnte vurderes at have været anvendt som "lim" for fastgørelse af fugemørtelen i forbindelse med en senere restaurering. Brunlige korn af hydraulisk kalk (Romancement) i fugemørtelen er markeret med Kh. Luftpore = L

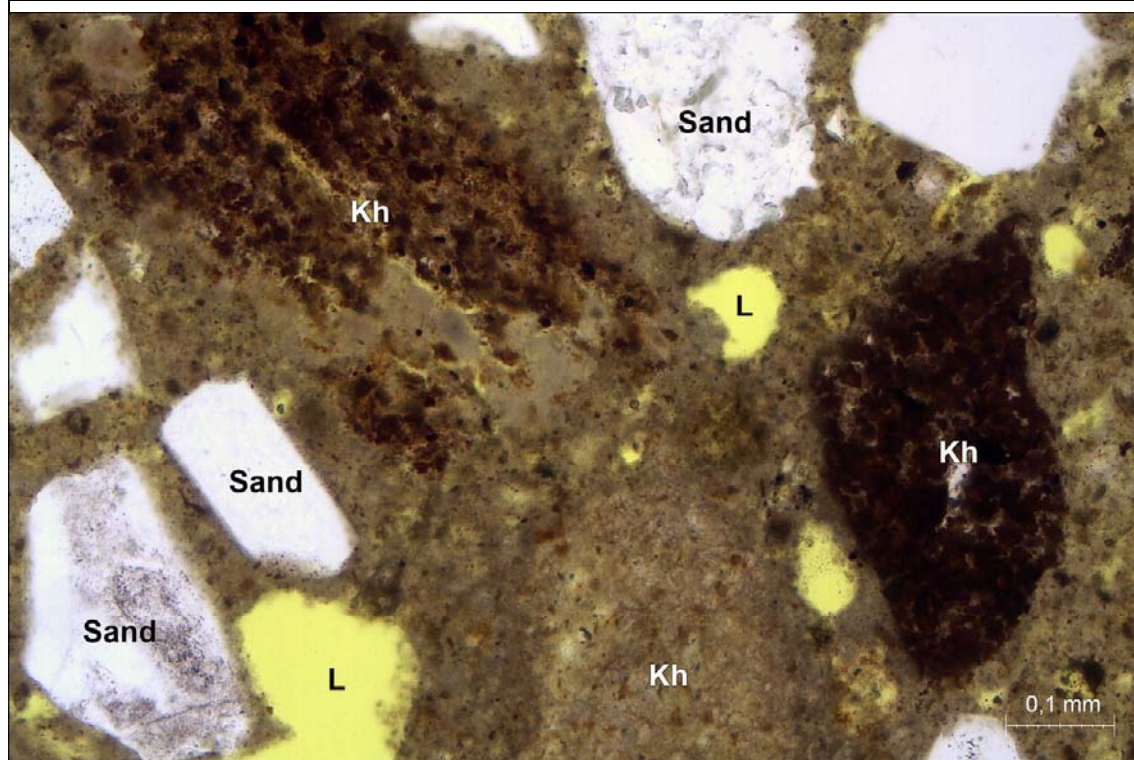


Foto: 2 (658-3) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-31 **Belysning:** A **Filter:** -N

Prøve mærket: 100108/01. Køkkenbygningen, pyntefuge. Billedet viser et udsnit af fugemørtelen med brunlige korn af Romancement (Kh). Luftpore = L

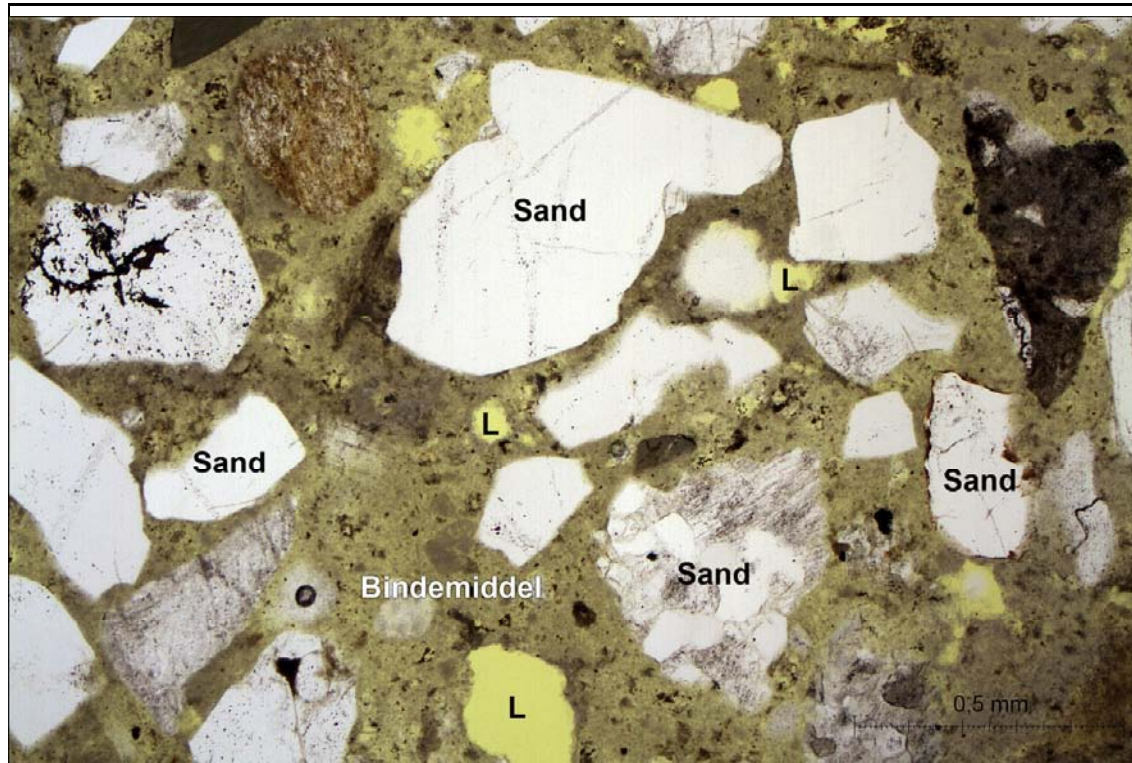


Foto: 3 (658-5) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-32 **Belysning:** A **Filter:** -N

Prøve mærket: 100108/02. Kjøkkenbygningen, fuge under pyntefuge. Billedet viser et udsnit af en af de største mørtelfragmenter i det gråhvide pulver, som udgør den undersøgte prøve. Mørtelen består af et bindemiddel domineret af kalk og tilslag af fint sand. Luftporer = L

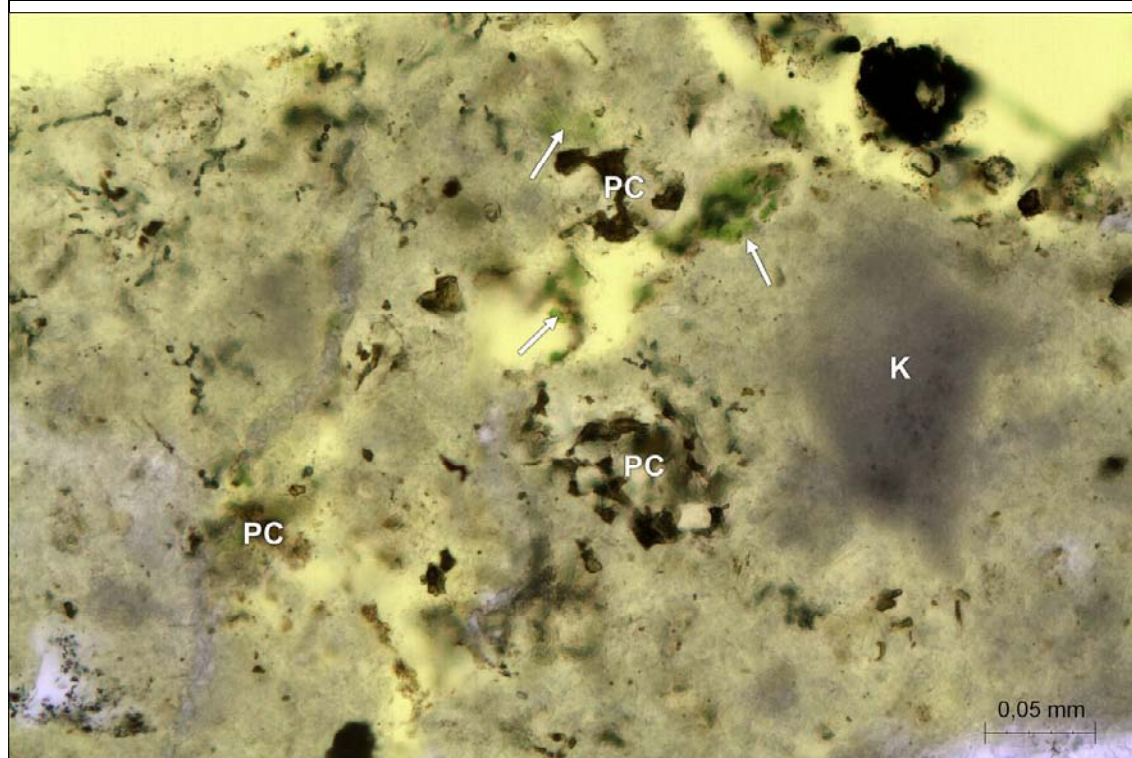


Foto: 4 (658-6) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-32 **Belysning:** A **Filter:** -N

Prøve mærket: 100108/02. Kjøkkenbygningen, fuge under pyntefuge. Billedet viser et udsnit af fugemørtelen ved øget forstørrelse i forhold til foto 3. Der ses flere næsten fuldt hydratiserede korn af portlandcement (PC) med kun brunlig ferrit-fase bevaret. I luftporer ses grønne alger (→). Klump af udispergeret kalk = K

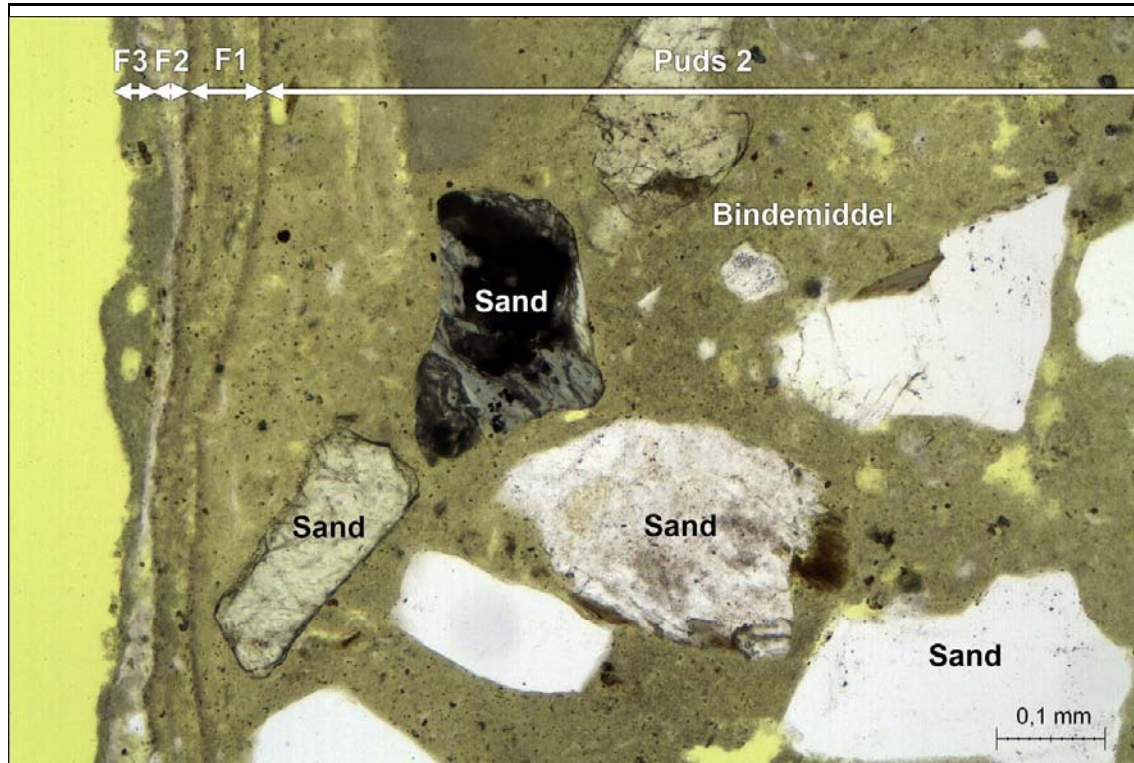


Foto: 5 (658-7) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P070203-33 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: 100108/03. Køkkenbygningen, indre hvelvet rom, veggpuss. Billedet viser et udsnit af pudsens overflade med de påførte farvelag yderst til venstre. Farvelag F1 og F2 er kalkfarver, farvelag F3 er limfarve med fyldstof af kalk. Under farvelagene følger den yderste del af slutpuds (Puds 2)

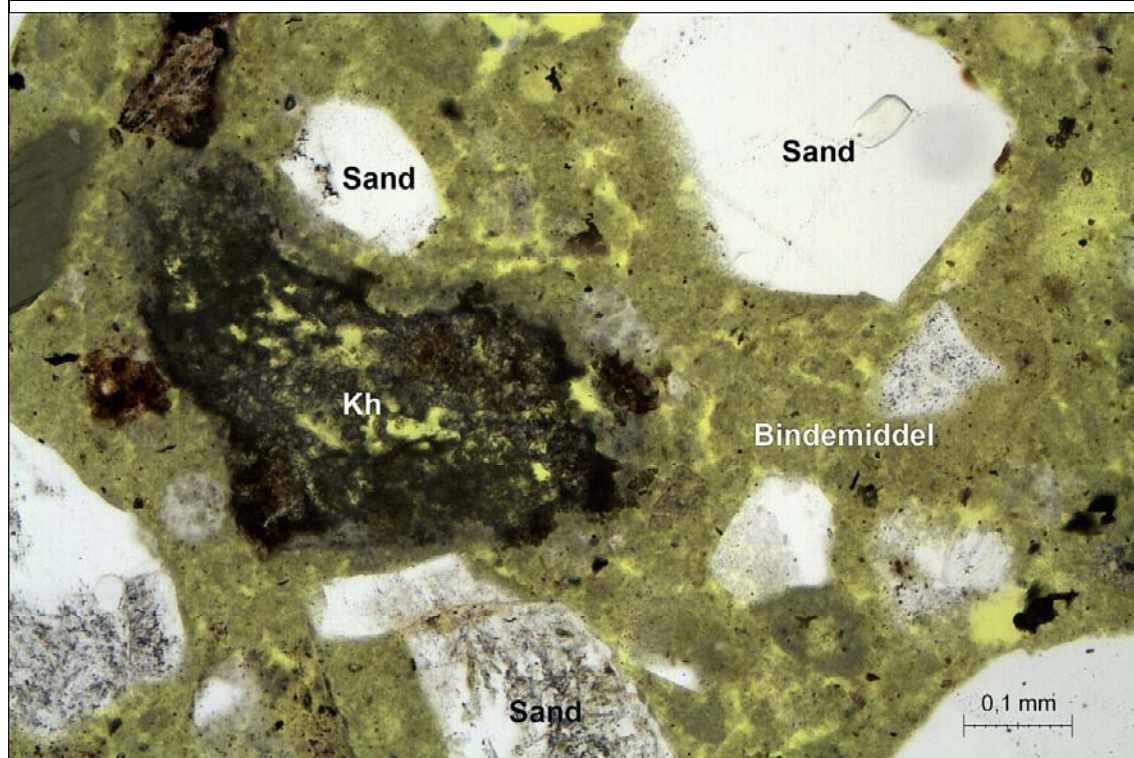


Foto: 6 (658-8) Type: Mikrofoto Prøve nr.: P070203-33 Belysning: A Filter: -N

Prøve mærket: 100108/03. Køkkenbygningen, indre hvelvet rom, veggpuss. Billedet viser et udsnit af den inderste grovpuds (puds 1) ved øget forstørrelse i forhold til foto 5. Der ses en stor brunlig kalkklump med brunlig ferrit-fase og lysegrå belit-fase. Den anvendte kalk har været svagt hydraulisk

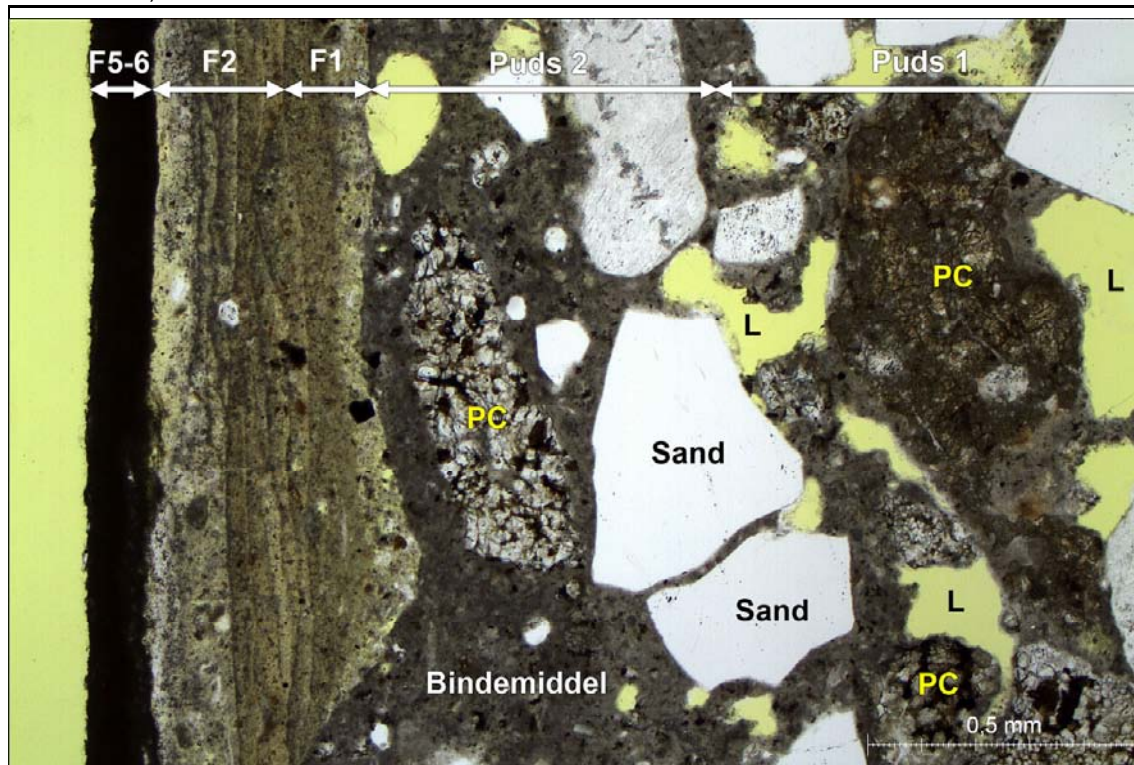


Foto: 7 (658-9) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-34 **Belysning:** A **Filter:** -N

Prøve mærket: 100108/04. Portnerbolig, veggpuss. Billedet viser et udsnit af pudsens overflade med de påførte farvelag til venstre. Farvelag F1 og F2 er kalkfarver; farvelag F5 og F6 er organiske farver. Farvelag 3 og 4 optræder kun som spredte rester og ses ikke på billedet. Under farvelagene følger den relativt binde-middelrige slutpuds (Puds 2) og den yderste del af den underliggende grovpuds (Puds 1). Luftpore = L

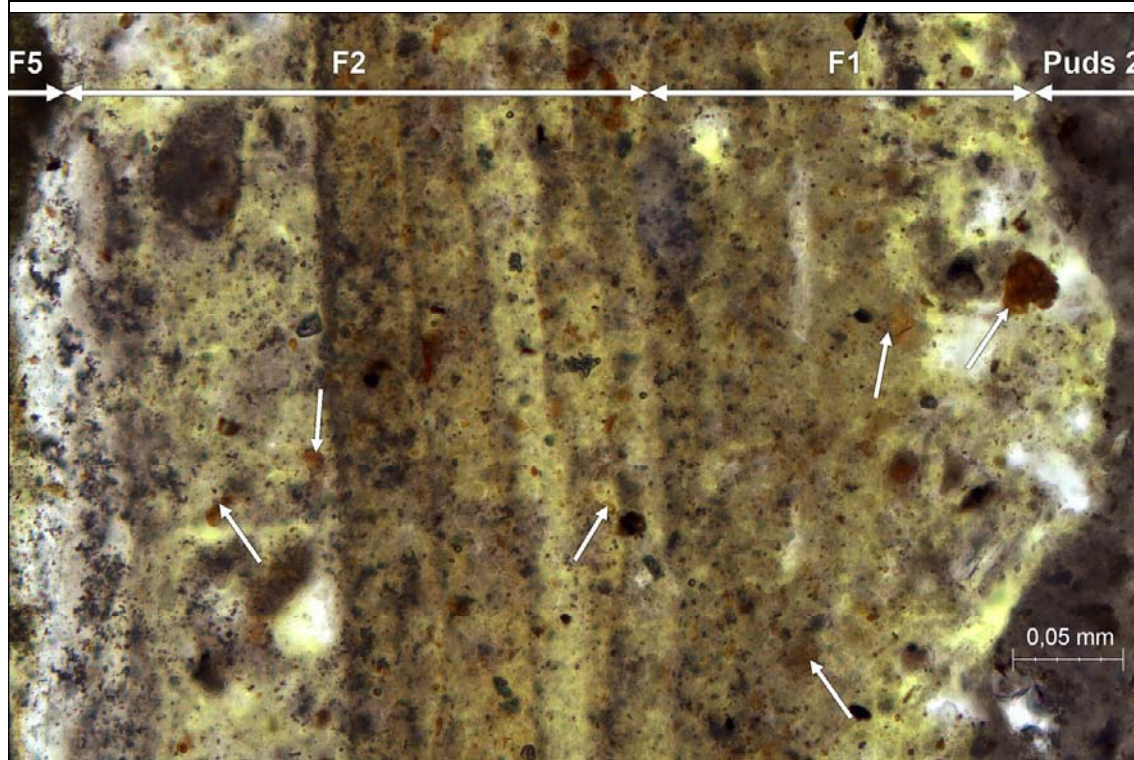


Foto: 8 (658-10) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-33 **Belysning:** A **Filter:** -N

Prøve mærket: 100108/04. Portnerbolig, veggpuss. Billedet viser et udsnit af kalkfarvelagene ved øget forstørrelse i forhold til foto 7. I hvert farvelag kan udskilles flere påføringer af samme type kalkfarve. Kalken i den yderste del af farvelag F2 er omdannet til gips og fremstår som følge heraf med en hvid kulør. Orange korn af okker er markeret med →. Okkeren har formentligt været tilsat i form af jernvitriol (jernsulfat)

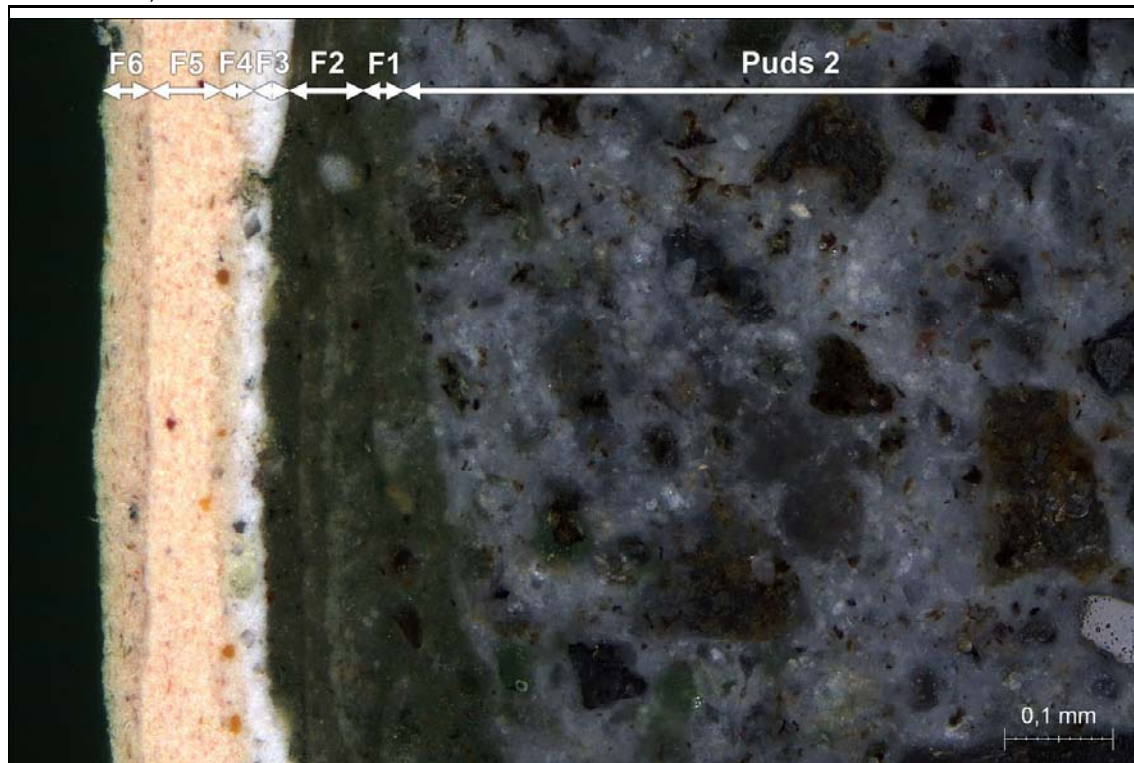


Foto: 9 (658-11) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-35 **Belysning:** P **Filter:** +N

Prøve mærket: 100108/05. Portnerbolig, sokkelpuss. Billedet viser et udsnit af pudsens overflade med de påførte farvelag yderst til venstre. Billedet er ligesom foto 10 er taget med en anden belysningsteknik end de øvrige fotos. Kulørerne fremstår herved mere naturtro. Farvelag F3 til F6 er organiske farver. Farvelag F1 og F2 er kalkfarver. Under farvelagene følger den yderste del af slutpuds (Puds 2)

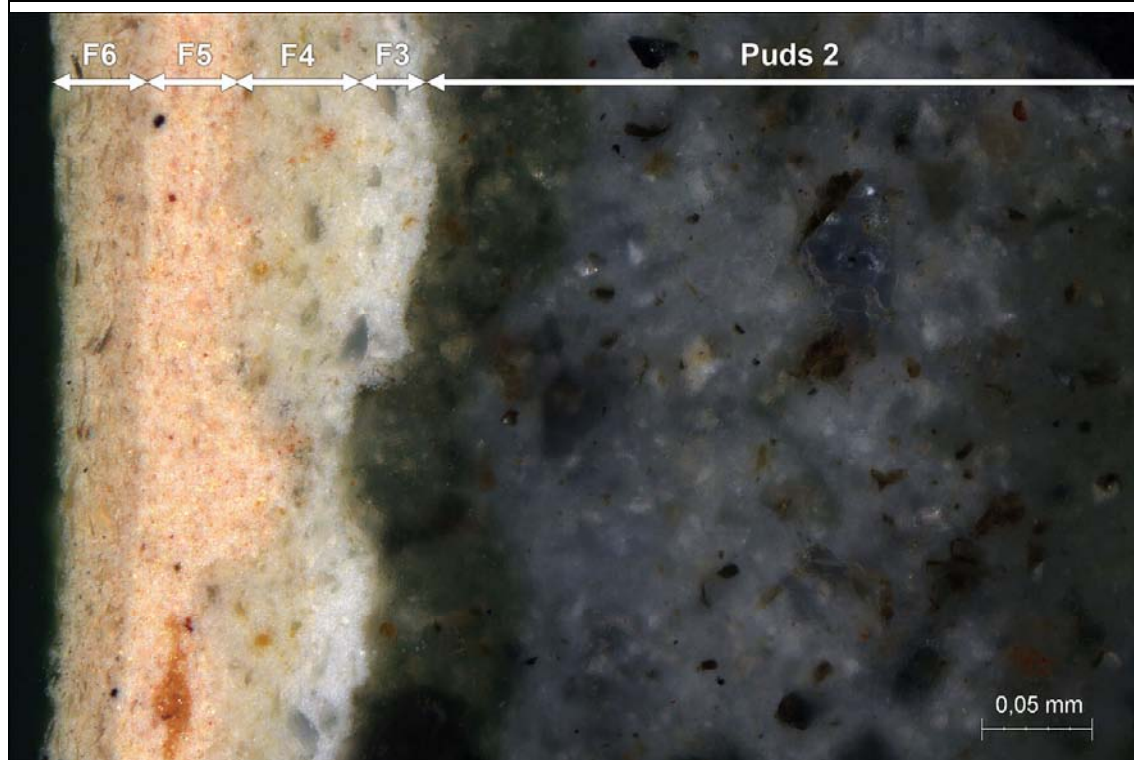


Foto: 10 (658-12) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-35 **Belysning:** P **Filter:** +N

Prøve mærket: 100108/05. Portnerbolig, sokkelpuss. Billedet viser et udsnit af prøvens overflade ved øget forstørrelse i forhold til foto 9. Farvelag F1 og F2 ses ikke på billedet

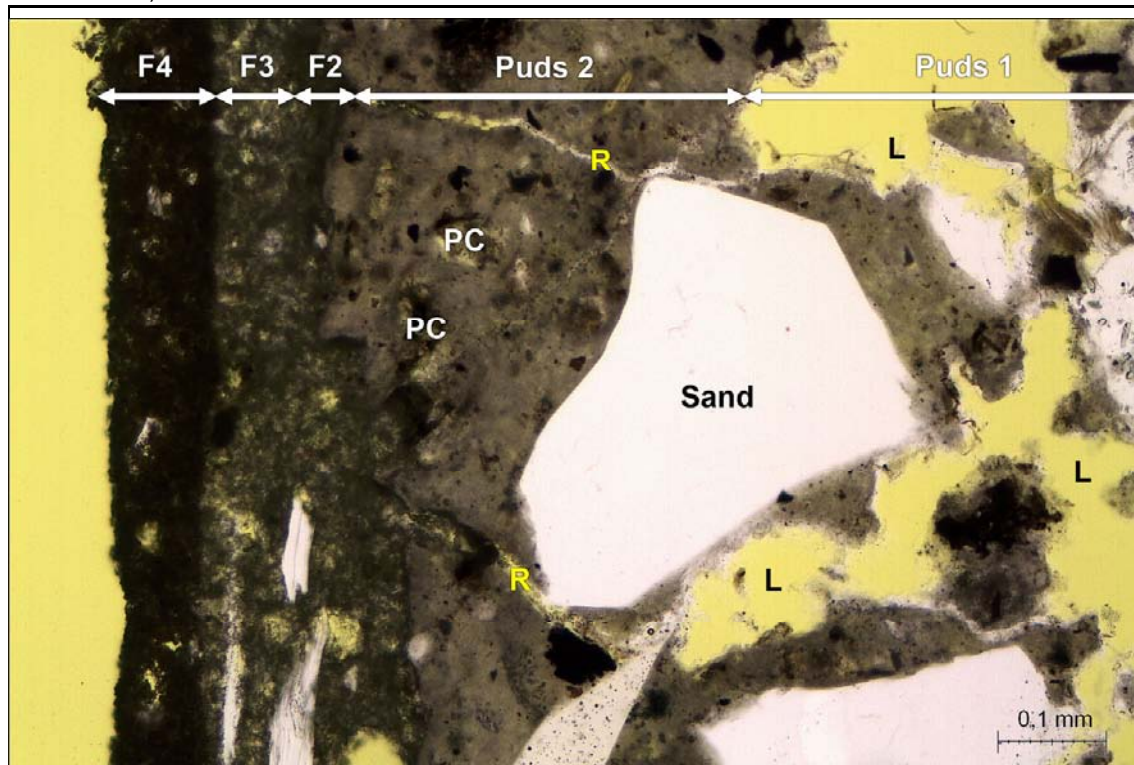


Foto: 11 (658-14) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-36 **Belysning:** A **Filter:** -N

Prøve mærket: 100108/06. Kavalerbolig, kvaderpuss. Billedet viser et udsnit af pudsens overflade med de påførte farvelag yderst til venstre. Alle farvelag er organiske farver. Farvelag F1 er kun bevaret som enkelte, næsten totalt afrensede rester på overfladen af slutpudsens (Puds 2) i den yderste del af revnerne (R). Korn af portlandcement = PC. Luftporer = L

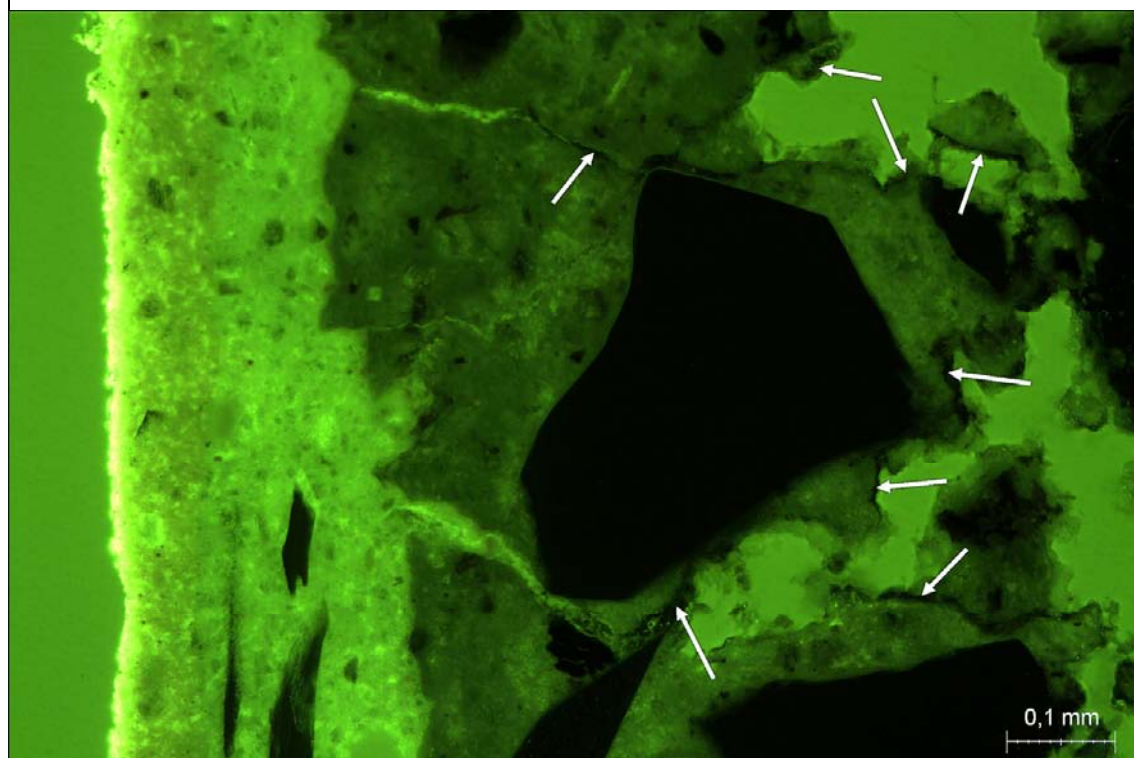


Foto: 12 (658-15) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-36 **Belysning:** P **Filter:** UV

Prøve mærket: 100108/06. Kavalerbolig, kvaderpuss. Billedet er viser samme udsnit af prøven som foto 11 ovenfor, men en anden belysningsteknik er anvendt. Herved kan forskelle i materialernes porøsitet undersøges nærmere. Områder med høj porøsitet fremstår på billedet lyse; områder med lav porøsitet fremstår mørke. Udfældet gips i revner og luftporer fremstår på billedet som mørke områder →



Foto: 13 (658-16) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-37 **Belysning:** A **Filter:** -N

Prøve mærket: 100108/07. Kavalerbolig, veggpuss. Billedet viser et udsnit af pudsens overflade med de påførte farvelag yderst til venstre. Farvelag F1, F2 og F3 er kalkfarver; farvelag F4 og F5 er organiske farver. Under farvelagene følger den relativt bindemiddelrige slutpuds (Puds 2), hvori der ses korn af portlandcement (PC)

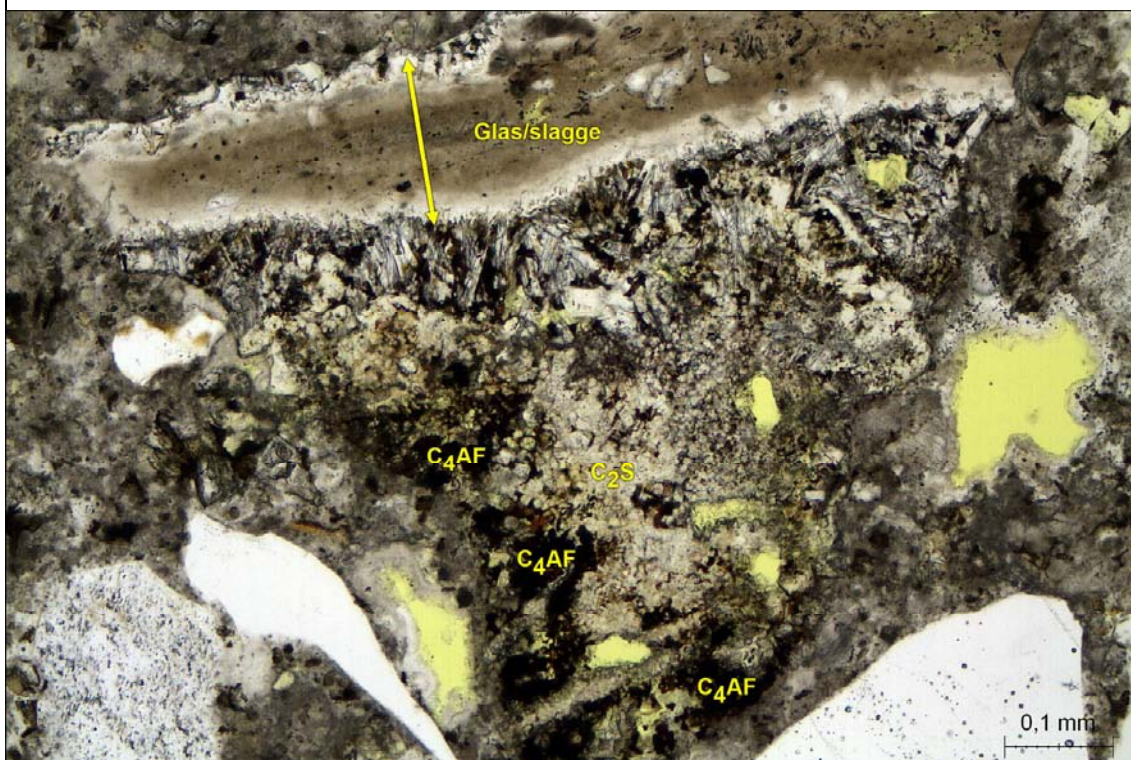


Foto: 14 (658-18) **Type:** Mikrofoto **Prøve nr.:** P070203-37 **Belysning:** A **Filter:** -N

Prøve mærket: 100108/07. Kavalerbolig, veggpuss. Billedet viser et udsnit af grovpuds (puds 1). Der ses et ca. 0,8 mm stort korn af portlandcement med en skorpe af glas/slagge, mørkebrun ferrit-fase (C₄AF) og svagt brunlig belit-fase (C₂S). Yderligere ses afrundede huller (gule) efter fri kalk samt prismatiske krystaller af calcsilikat-faser af ubestemt type