

De gamla bruken i Domkyrkoruinen i Kirkjubøur m.fl. medeltida byggnader på Färöarna:

Resultat av bruksundersökning



BYGGKONSULT SÖLVE JOHANSSON AB
Batterivägen 12
SE-461 38 TROLLHÄTTAN
Sweden

INNEHÅLL

Bakgrund och syfte med analyserna	1
De tidigare tagna proven	3
Antal bruksprov för analys	3
Jämförelse med andra medeltida bruk	3
Provtagning och analyser	3
Metoder	4
Domkyrkoruinen i Kirkjubøur	6
Bruksprov Dom Fö 1	10
Bruksprov Dom Fö 2	14
Bruksprov Dom Fö 3	17
Bruksprov Dom Fö 4	20
Bruksprov Dom Fö 5	23
Bruksprov Dom Fö 6	27
Bruksprov Dom Fö 7	29
Bruksprov Dom Fö 8	33
Bruksprov Dom Fö 9	36
Bruksprov Dom Fö 10	39
Bruksprov Dom Fö 11	43
Bruksprov Dom Fö 12	44
Bruksprov Dom Fö 13	47
Likhuset i Kirkjubøur	48
Bruksprov Lik Fö 1	50
Bruksprov Lik Fö 2	51
Sockenkyrkan i Kirkjubøur	54
Bruksprov Sock Fö 1	56
Bruksprov Sock Fö 2	57
Bruksprov Sock Fö 3	60
Bruksprov Sock Fö 4	64
Munkastovan på Tinganes i Torshavn	67
Bruksprov Munk Fö 1	68
Bruksprov Munk Fö 2	71
Bruksprov Munk Fö 3	72
Kommentarer - slutsatser	72
Allmänt	72
Domkyrkoruinen	73
Likhuset, Sockenkyrkan och Munkastovan	74
Fortsatta undersökningar och analyser	75



Arb nr: 0703

**De gamla bruken i Domkyrkoruinen i Kirkjubøur m.fl. medeltida byggnader på Färöarna:
Resultat av bruksundersökning**

Bakgrund och syfte med analyserna

Beställare till bruksundersökningen är Føroya Fornminissavn, Färöarna, dvs Nationalmuseet på Färöarna.

Bruksundersökningen omfattar Domkyrkoruinen, Likhuset och Sockenkyrkan i Kirkjubøur och Munkastovan på Tinganes i Torshavn på Färöarna (Fig. 1-3).



Fig. 1. Kirkjubøur Färöarna. Vy av Kirkjubøur med Kungsgården, Domkyrkoruinen och Sockenkyrkan åt sydväst. Foto: Sölve Johansson 2007.



Fig. 2. Kirkjubøur Färöarna. Vy av Kirkjubøur med Likhuset, Sockenkyrkan och Domkyrkoruinen åt sydost. Foto: Sölve Johansson 2007.



Fig. 3. Tinganes Färöarna. Vy av Tinganes Torshavn där Munkastovan ligger. Foto: Sölve Johansson 2007.

De tidigare utförda brukanalyserna har vissa brister och analyserna är ofullständiga. För att få noggrannare information om de gamla, ursprungliga bruken, har det av brukproven gjorts tunnslip för mikroskopisk analys och kemisk analys på bindemedlen. Både mur-, fog- och putsbruk har analyserats.

Syftet har varit att bl.a. besvara frågorna om provenans för kalken, dvs varifrån kalken kan ha hämtats, och musselkalkens funktion. De gamla ursprungliga brukens sammansättningar, ballastens kornstorlek och hydraulicitet (hydraulisk modul/cementindex) är även nödvändig information för planering av lämpliga restaureringsbruk. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur, Färöarna. Förslag till restaureringsbruk. Rapport av Thorborg von Konow, Tureida Helsingfors 2008-05-10.

De tidigare tagna proven

En genomgång av Curt von Jessens bruksprover (21 st. från Domkyrkoruinen, Likhuset, Sockenkyrkan och Munkastovan), varav 8 st. från Domkyrkoruinen och Likhuset är analyserade, planerades vid projektets planering. Av allt att döma är de analyserade enligt Jedrezejewski's testmetod. En del av CvJ:s bruksprover ansågs särskilt viktiga bl.a. från Sockenkyrkan och Munkastovan pga. svårigheten att ta ut nya prover. Pga. att CvJ:s bruksprover till vidare är otillgängliga togs helt nya prover.

Antal brukprov för analys

15 bruksprover har ingått för tunnslipsanalys varav 10 från Domkyrkoruinen inkl 1 murkärnebruk, 3 murbruk, 3 fog/putsbruk och 3 putsbruk (i regel utstruken fog), 1 från Likhuset (mur/putsbruk), 3 från Sockenkyrkan (mur- samt ut- och invändiga putsbruk) samt 1 från Munkastovan (mur/fogbruk). Härtill kommer Jørn Bredal-Jørgensens redan utförda tunnslipsanalys av 1 murkärnebruk vilken utnyttjats. Kemisk analys har gjorts av 9 bruksprover, 5 från Domkyrkoruinen, 2 från Sockenkyrkan och 1 från vardera Likhuset och Munkastovan.

Jämförelse med andra medeltida bruk

Avsikten var från början att jämföra de färöiska bruken med de bruk som under medeltiden användes i bl.a. Bohuslän (kalk från Oslo-området), Nidarosdomen och om möjligt på Shetlandsöarna (genom t ex dr John Hughes på universitetet i Paisley). De färöiska bruken är dock så särpräglade både pga att musselskal konsekvent använts som bindemedel och att vulkanisk aska eller tuff kan ha fungerat som puzzolan att sådana jämförelser är överflödiga. Jämförelse bör snarast ske med annan skalkalk och vad gäller nyttjandet av vulkanisk aska eller tuff som puzzolan med t ex den Rhenländska trasskalken.

Provtagning och analyser

Proverna för samtliga bruk exklusive Dom Fö 13 har tagits ut av Sölve Johansson. Urval av prover för analys gjordes av Sölve Johansson, fil dr miljövetenskap med inriktning på historiska bruk, arkitekt MSA, Byggkonsult Sölve Johansson AB i Trollhättan, Thorborg von Konow, fil dr oorganisk kemi, Tureida i Helsingfors och Jan Erik Lindqvist, fil dr minerologi, CBI Betonginstitutet i Borås (f d SP) 2007-09-27 och 28. De nya analyserna har utförts på SP/CBI i form av tunnslipsanalyser av Jan Erik Lindqvist och kemiska analyser av Peter Nyman, ingenjör. Det senare se Analys av syralösliga komponenter. Rapport. SP. Borås 2008-03-06. Dessa analyser har delvis kompletterats av Thorborg von Konow (Se TvK;; Gäller bruksprov Dom Fö 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10 och 12, Lik Fö 2, Sock Fö 3 och 4 samt Munk Fö 1).

Kommentarer - slutsatser har utformats gemensamt.

Metoder

Mikroskopisk analys av tunnslip

Analyserna på SP/CBI har utförts på tunnslip som impregnerats med epoxilim med fluorescensmedel. Analys och beräkning av brukens blandningsförhållande har gjorts enligt NT BUILD 370. Vid beräkning av blandningsförhållandet har klumparna räknats till bindemedlet. Mängden tegel, skiffer och slagg är beräknat med en antagen partikeldensitet på 1800 kg/m^3 . Antagna densiteter anges i tabell 1. Mätning av storleksfördelning, kornform och orientering är gjord med hjälp av datoriserad bildanalys på fluorescensmikroskopibilder. Storleksfördelning är beräknad enligt NT BUILD 486. Tegel och bränd skiffer räknades som ballast i denna analys.

	kg/dm ²	Beteckning	Molvikt
Puderkalk	0,65	CaO	56
Standard portlandcement	1,3	H ₂ O	18
Sand, naturfuktig	1,35	CO ₂	44
Puzzolan (partikeldensitet)	1,8		
Kalkdeg	1,45	Ca(CO ₃)	100
Cementpasta	1,8	Ca(OH) ₂	74
Kalkcementpasta	1,5		
Kalkpasta	1,3		
Betong	2,2		
Kalkcementbruk	2		
Kalkbruk	1,8		

Tabell 1. Anger skrymdensitet på material och molvikt på komponenter som använts vid beräkning av blandningsförhållanden.

Analysen vid Konservatorsskolen i Köpenhamn (bruksprov Dom Fö 13) har utförts på ett sätt som motsvarar analyserna vid SP/CBI, vilket gör dem jämförbara med varandra.

Mikroskopifoton är tagna i ljusmikroskop i genomfallande ljusfält.

SEM/EDS-analyser

I begränsad utsträckning har SEM/EDS-analyser utförts (svepelektronmikroskopi/energispersiv röntgenspektrometri).

Kemisk analys - hydraulisk modul

Proverna mortlades. Bestämningarna av kisel, aluminium, järn, kalcium och magnesium som MgO har gjorts genom att proverna löstes upp med perklorosyra (SP-metod 0664). Metallhalterna bestämdes sedan ICP-OES. Målet med dessa analyser är att få fram procentandelarna för de hydrauliska komponenterna kiseldioxid (SiO_2), aluminiumoxid (Al_2O_3) och järnoxid (Fe_2O_3) samt för kalciumoxid (CaO) och magnesiumoxid (MgO) så att den hydrauliska modulen enligt Boynton kan beräknas.

Den hydrauliska modulen (eller cementindex C1) enligt Boynton beräknas enligt följande:

$$H_m = \frac{2,8 \times \% \text{SiO}_2 + 1,1 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,7 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3}{\% \text{CaO} + 1,4 \times \% \text{MgO}}$$

Den hydrauliska modulen för *luftkalk* är omkring 0-0,3, för *svagt hydraulisk kalk* 0,3-0,5, för *moderat hydraulisk kalk* 0,5-0,7, för *höghydraulisk eller stark hydraulisk kalk* 0,7-1,1 och för *naturligt cement* över 1,1. Härtill kommer *subhydraulisk kalk* som har en hydraulisk modul av 0,15-0,3 enligt Jan Erik Lindqvist och författaren.

Domkyrkoruinen i Kirkjubøur (Fig. 4-9)



Fig. 4. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Vy åt sydost utan skyddsintäckning.
Foto: Sölve Johansson 1970.



Fig. 5. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Vy åt nordost. Skyddsintäckningen tillkom 2004. Foto: Sölve Johansson 2007.



Fig. 6. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Vy åt nordväst. Foto: Sölve Johansson 2007.



Fig. 7. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Översiktsbild av kyrkorummets sydmur, invändigt åt nordväst. Foto: Sölve Johansson 2007.



Fig. 8. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Översiktsbild av kyrkorummets västmur, invändigt åt öster. Foto: Sölve Johansson 2007.



Fig. 9. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Översiktsbild av kyrkorummets nord- och östmurar, invändigt åt sydväst. Foto: Sölve Johansson 2007.

Bruksprov Dom Fö 1

Introduktion

Murbruk. Bomhål/fågelbo västmuren invändigt, strax norr om västportalen ca 3,5 meter från marken (Fig. 10).



Fig. 10. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 1 Murbruk. Västmuren invändigt, bomhål/fågelbo strax norr om västportalen ca 3,5 meter från marken. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Grått/gulbrunt bruk med stora vita rester av musselskal och krossad framför allt finkornig ballast. Det är mycket hårt.

Mikroskopisk analys av tunnslip

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 43 %, kalkklumpar 4 %, silikatballast 21 %, kalkstensballast 21 % och luft 14 %.

Bindemedel - pasta:

Pastan är mörk och tämligen homogen. De klumpar som finns är troligen främst rester av skalfragment. Det finns tillväxt av sekundära kalcitpartiklar kring porer och sprickor. Enstaka kalkkorn omges av en rand av mörkare pasta vilket kan tyda på puzzolanreaktion (Fig. 11). Färg och porositet varierar mellan olika delar av bruket.

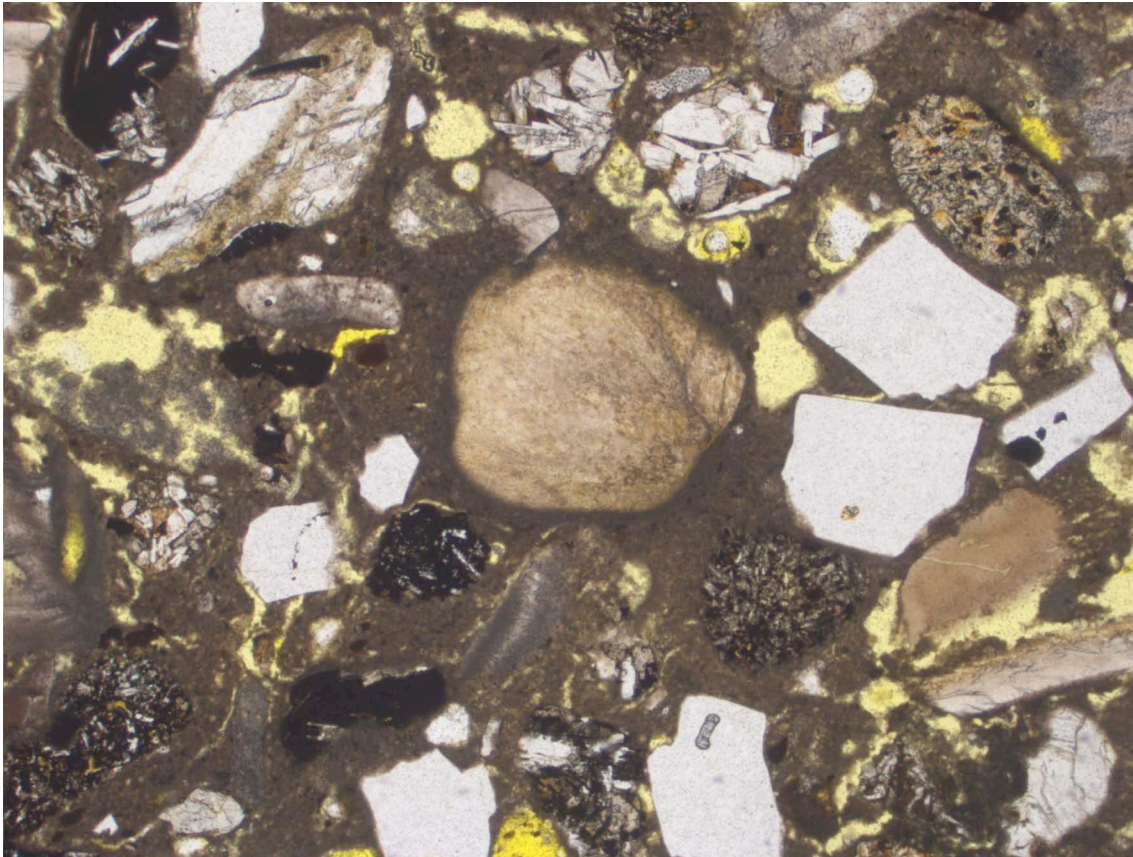


Fig. 11. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 1. Bilden visar ett kalkkorn omgivet av en rand av mörkare pasta vilket kan tyda på pozzolanreaktion. Bildytan motsvarar $2,7 \times 2 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Ballast och tillsatsmaterial:

Finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt större (4 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment (Fig. 12). Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet (Fig. 13).

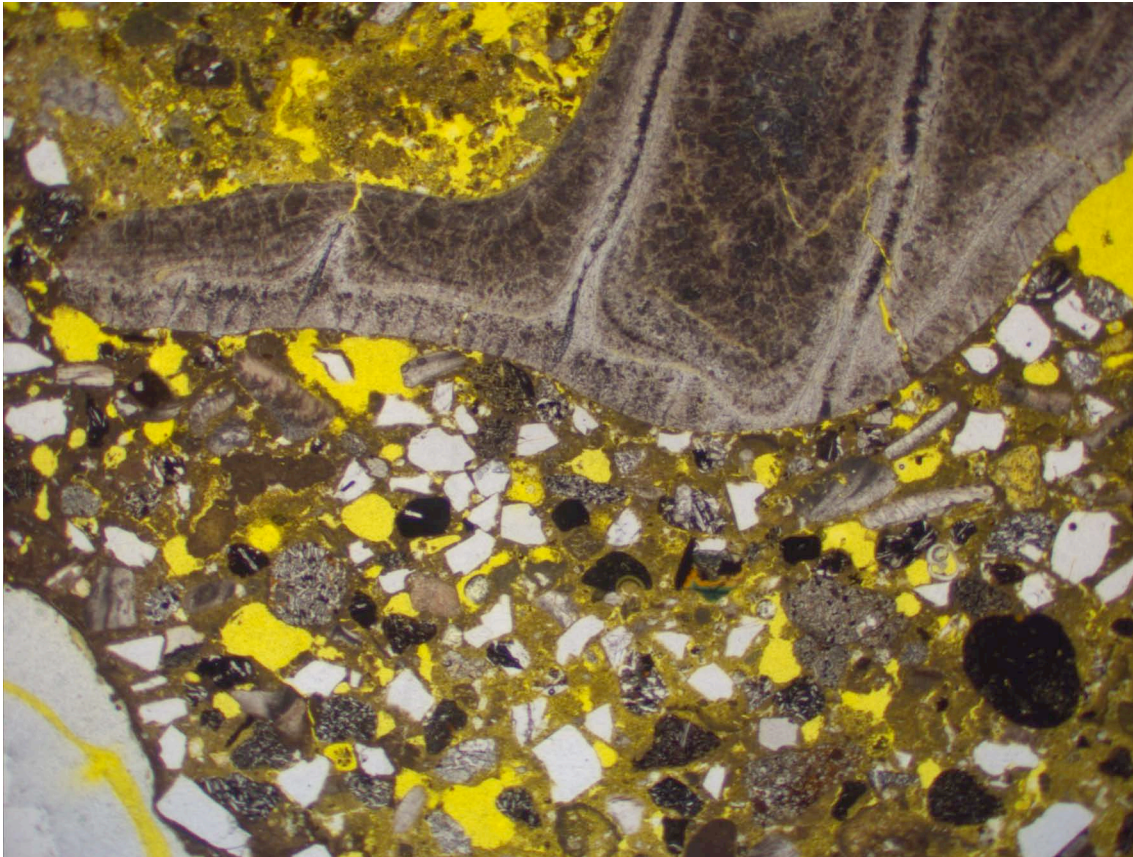


Fig. 12. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 1. Visar skalfragment med sprickmönster som tyder på att de varit utsatta för upphettning med volymminskning som följd. Bildytan motsvarar 8,3 x 6,3 mm². Foto: SP 2008.

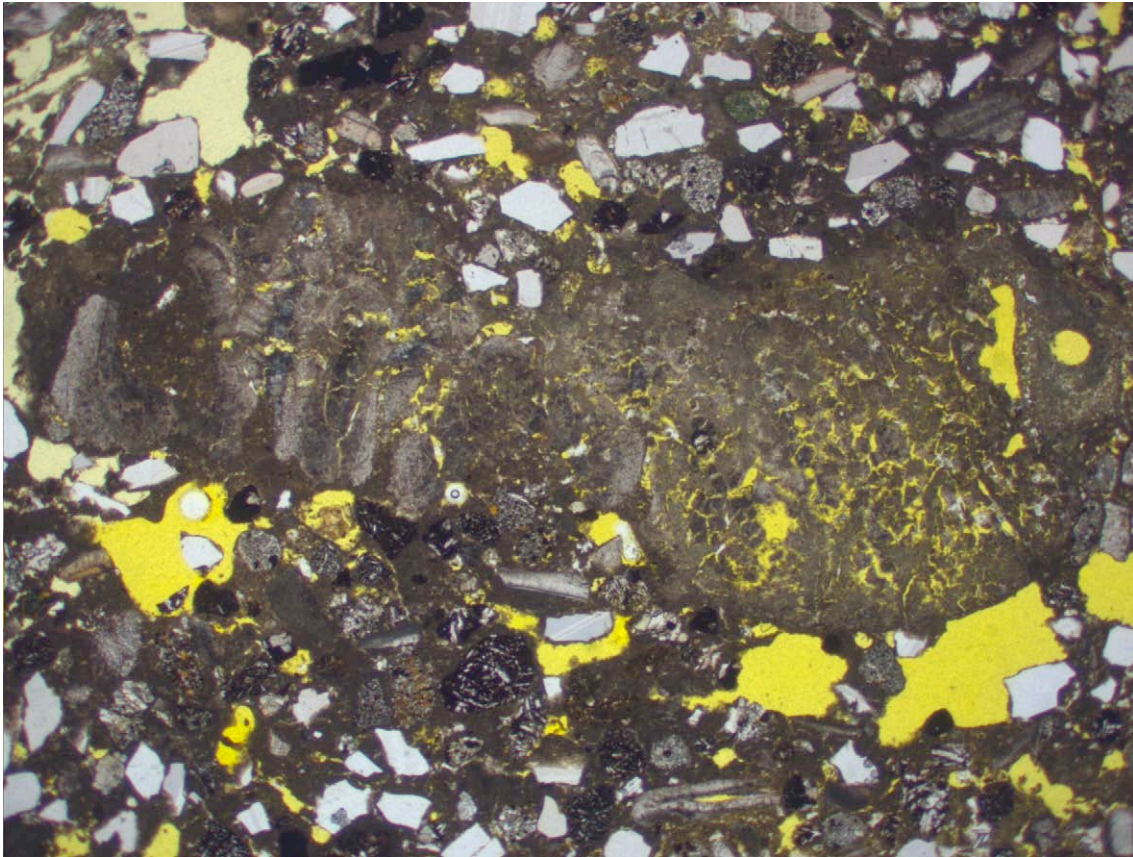


Fig. 13. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 1. Visar fragment av kalkpastan. Bildytan motsvarar $8,3 \times 6,3 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Sprickor och luftporer:

Det finns en mindre mängd krympsprickor i pastan. Luftporerna är något oregelbundna.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:1,5 (100:143) och torrsvikt 100/300, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 4 mm, dvs. den är mycket grovkornig.

Yta:

På provet finns vad som kan vara rester av kalkavfärgning, men troligen är det ett lakningsfenomen.

Bruksprov Dom Fö 2

Introduktion

Fog/putsbruk (utstruken fog). Östra smygen sydmurens västra portal invändigt (Fig. 14). Jmf prov 10 1989 analyserat av Curt von Jessen 1991.



Fig. 14. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 2. Fog/putsbruk (utstruken fog). Sydmuren, invändigt, östra smygen västra portalen, mellan stenskärv "klipur". Jmf prov 10 1989. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Gulbrunt bruk med stora vita rester av musselskal och krossad grov- och finkornig ballast. Det är mycket hårt.

Mikroskopisk analys av tunnslip

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 41 %, silikatballast 25 %, kalkstensballast 13 % och luft 20 %.

Bindemedel - pasta:

Mycket mörk pasta det ser inte ut som ett rent kalkbruk. Det finns tillväxt av sekundära kalcitkristaller kring porer och sprickor. Kraftig nykristallisation av kalcit på sprick- och porväggar vilket tyder på att provet varit kraftigt fuktexponerat (Fig. 15). Detta visar att provet är olämpligt för kemisk analys.

TvK: Bindemedlet består av rundade formationer, ofta med ett litet runt korn i mitten. Det kan vara musselskal, vilka inte blivit helt genombrända, utan behållit något av sin ursprungliga struktur.

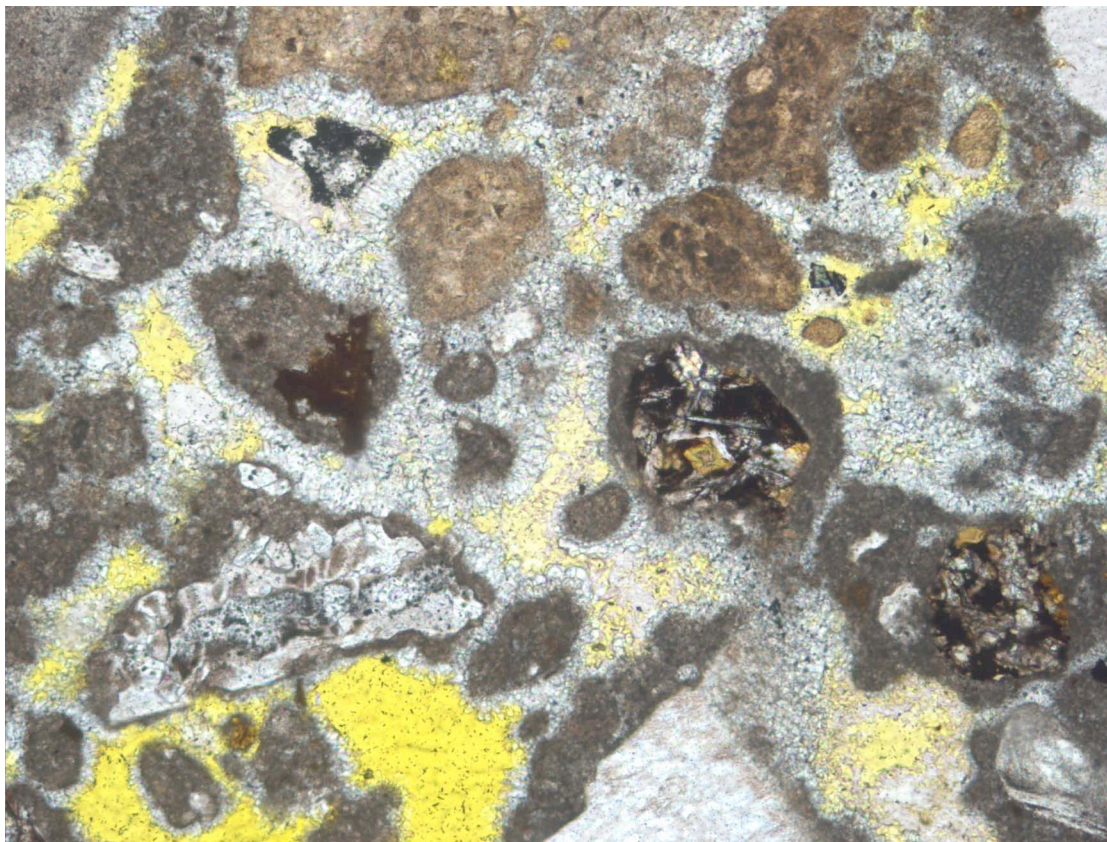


Fig. 15. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 2. Visar nykristallisation av kalcit på sprick- och porväggar vilket tyder på kraftig fuktexponering av provet. Bildytan motsvarar 1,3 x 1 mm². Foto: SP 2008.

Ballast och tillsatsmaterial:

Finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt större (4 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att ha reagerat med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår (Fig. 16).

TvK: Minimum kornstorlek 0,02 mm, ca 1 %, maximum ca 2 mm rund basalt, fältspat kubiska korn ca 0,25-0,7 mm och runda korn ca 0,1-0,8 mm.

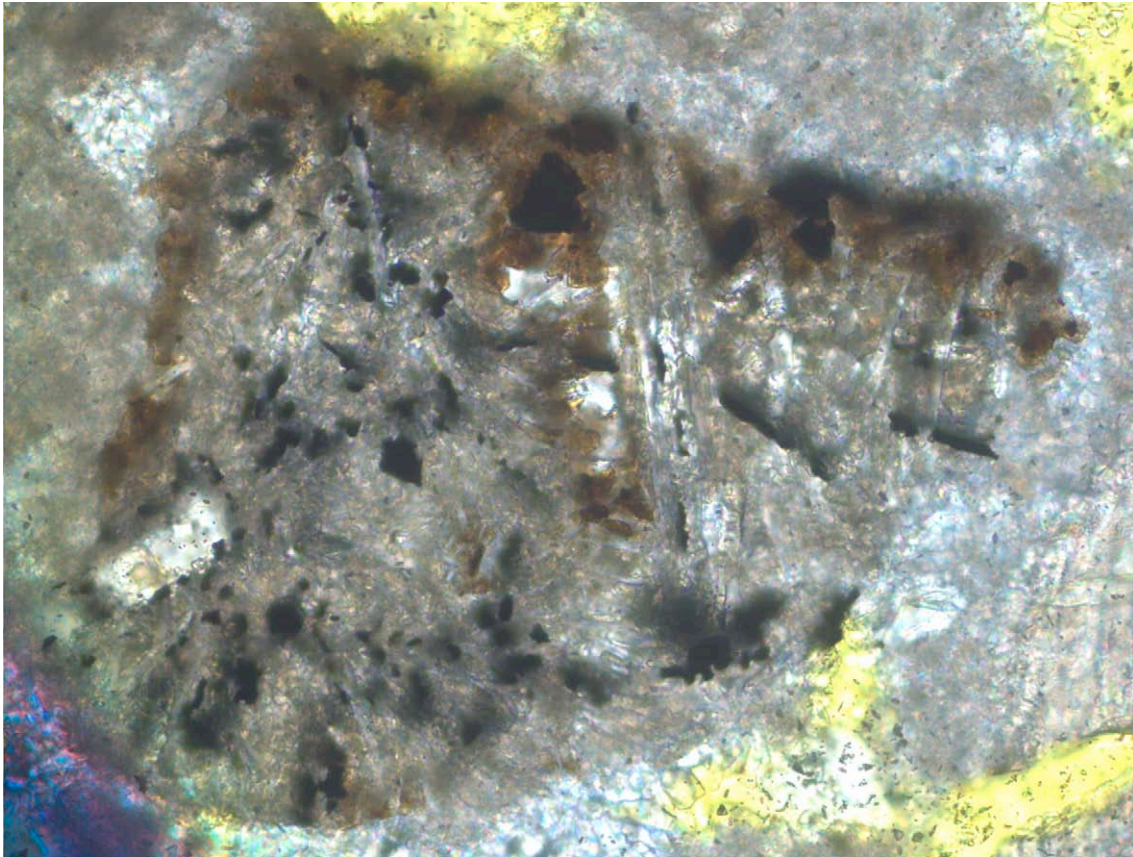


Fig. 16. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 2. Visar bergartsfragment som ser ut att ha reagerat med pastan. Bildytan motsvarar 0,35 x 0,26 mm². Foto: SP 2008.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet.

TvK: Skalfragment utgör ca 40 % av ballasten och är maximalt 5-6 mm.

Sprickor och luftporer:

Endast få sprickor. Mycket oregelbundet luftporsystem med fickor av blandningsluft.

TvK: Öppet porsystem.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:1,5 (100:134) och torrsvikt 100/280, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 4 mm, dvs. den är mycket grovkornig.

Yta:

Det finns ingen tydlig yta.

Bruksprov Dom Fö 3

Introduktion

Fog/putsbruk (utstruken fog). Sydmuren invändigt, i mitten ca 1,5 meter från marken (Fig. 17).



Fig. 17. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 3. Fog/putsbruk (utstruken fog). Sydmuren, invändigt, i mitten ca 1,5 meter från marken, mellan stenskärv "klipur" . Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Gulbrunt bruk med stora vita rester av musselskal och krossad grov- och finkornig ballast. Det är mycket hårt.

Mikroskopisk analys av tunnslip

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 38 %, kalkklumpar 2 %, silikatballast 31 %, kalkstensballast 16 % och luft 13 %.

Bindemedel - pasta:

Pastans färg varierar från mörk till mycket mörk. Detta prov ser inte ut som ett rent kalkbruk. Det finns tillväxt av sekundära kalcitkristaller kring vissa porer och sprickor.

TvK: Enstaka kalkklumpar. Mycket nykristallint och i flera lager.

Ballast och tillsatsmaterial:

Finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt större (6 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat (Fig. 18). Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår.

TvK: Minimum kornstorlek 0,02 mm, ca 1 %, maximum ca 7 mm rund basalt. Det är samma typ av fältspat kubiska och runda korn som i bruksprov Dom Fö 2. De kubiska kornen är i medeltal 0,2-0,3 mm och de runda 0,5 mm.

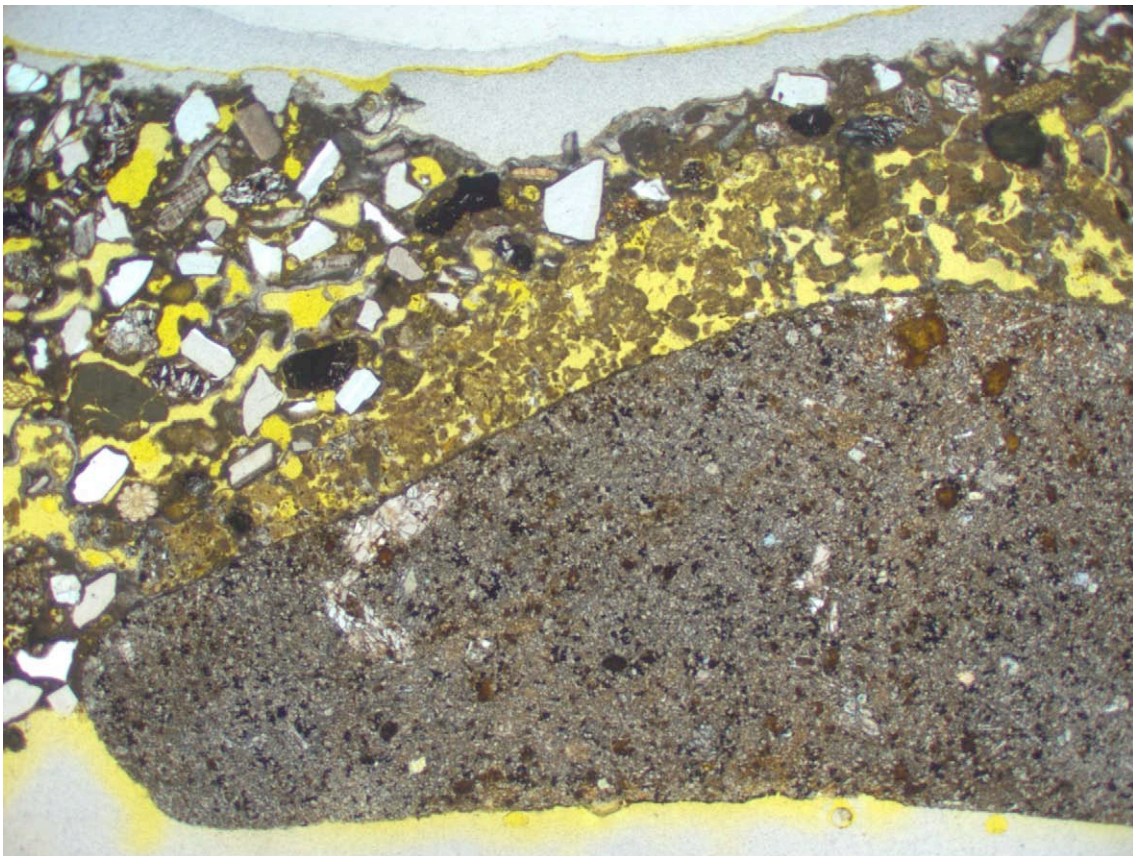


Fig. 18. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 3. Visar stort bergartsfragment. Bildytan motsvarar 8,3 x 6,3 mm². Foto: SP 2008.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminsk-

ning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet.

TvK: Något färre skalfragment än i bruksprov Dom Fö 2.

En träpartikel finns i provet.

Sprickor och luftporer:

Mycket få sprickor. Luftporernas form varierar större porer med blandningsluft har mycket oregelbunden form medan mindre porer har rundad regelbunden form.

TvK: Mer regelbundna runda porer än i bruksprov Dom Fö 2 och ställvis sammanhängande por nätverk.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:2 (100:189) och torrsvikt 100/370, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 6 mm, dvs. den är mycket grovkornig.

Yta:

Ytan visar rester av en ytbearbetning och möjligen kalkfärg (Fig. 19).

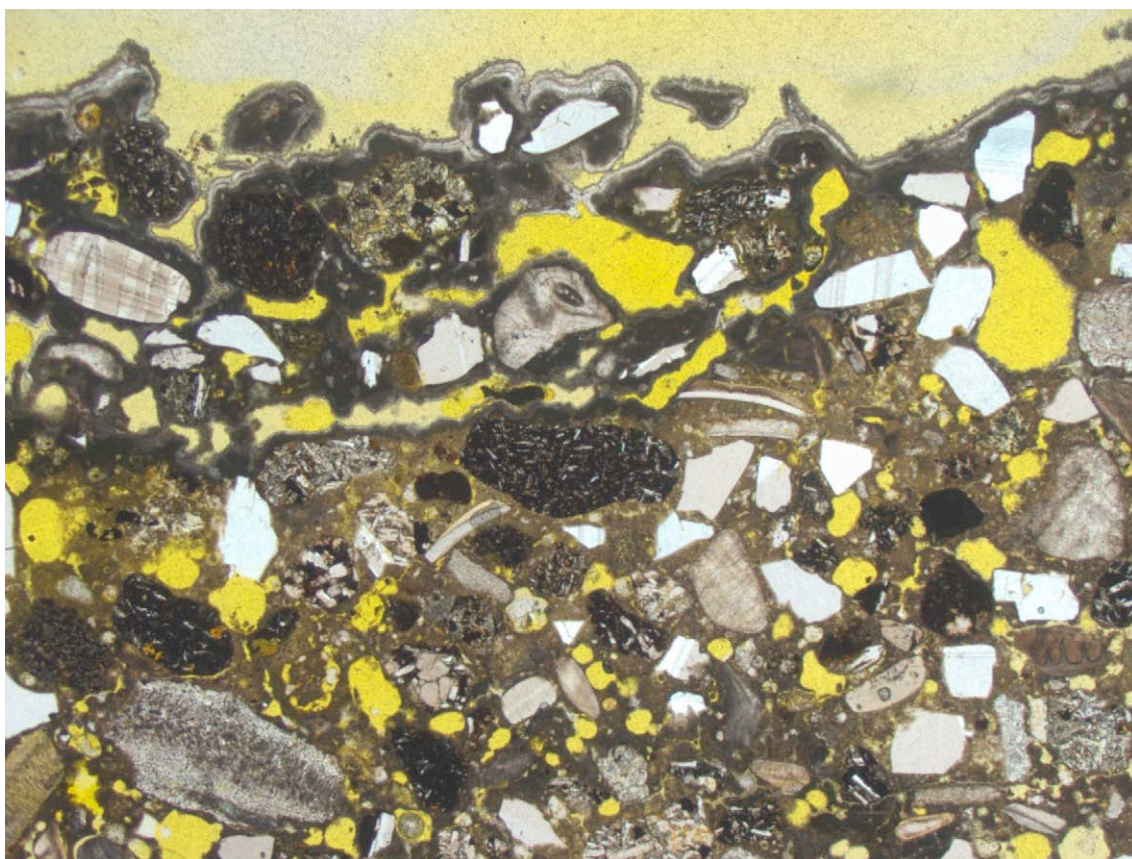


Fig. 19. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 3. Visar ytan med rester av en ytbearbetning och möjligen kalkfärg. Bildytan motsvarar 5,3 x 4 mm². Foto: SP 2008.

Bruksprov Dom Fö 4

Introduktion

Fog/putsbruk (utstruken fog). Ovansidan sydmurens östra portal invändigt (Fig. 20). Jmf prov 9 1989 analyserat av Curt von Jessen 1991.



Fig. 20. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 4. Fog/putsbruk (utstruken fog). Sydmuren, invändigt, ovansidan östra portalen. Jmf. prov 9 1989. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Gulbrunt bruk med stora vita rester av musselskal och krossad grov- och finkornig ballast. Yta med sten. Det är mycket hårt.

Mikroskopisk analys av tunnslip

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 39 %, kalkklumpar 2 %, silikatballast 18 %, kalkstensballast 27 % och luft 13 %.

Bindemedel - pasta:

Mörk till mycket mörk pasta. Det finns ingen nybildning av kalcitkristaller på porväggarna.

TvK: Bindemedlet består av rundade mörka formationer, och ljusare i kanterna, eventuellt nykristalliserad kalk. Det kan vara musselskal, vilken inte blivit helt genombränd, utan bibehållit något av sin ursprungliga struktur.

Ballast och tillsatsmaterial:

Finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt större (2 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår. I många fall består dessa partiklar till mycket stor del av malmmineral.

TvK: Minimum kornstorlek 0,02 mm, ca 1 %, maximum ca 2,5 mm rund basalt. Det är samma typ av fältspat kubiska och runda korn som i bruksprov Dom Fö 2. De kubiska kornen är i medeltal 0,2-0,3 mm och de runda 0,5 mm. En stor kalkklump 1,5-5 mm med sprickor.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet (Fig. 21). Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet.

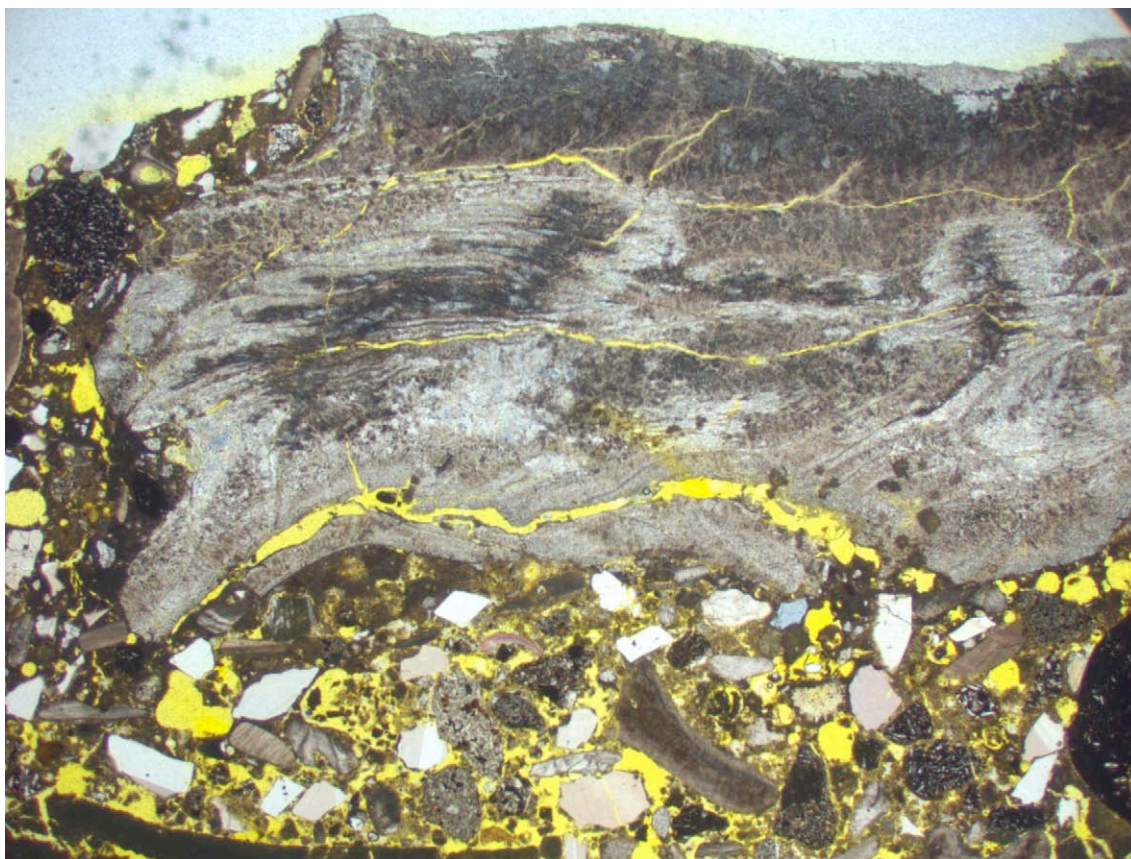


Fig. 21. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 4. Visar skalfragment med sprickmönster som tyder på volymminskning i materialet. Bildytan motsvarar 2,7 x 2 mm². Foto: SP 2008.

Det finns en rest av en träpartikel i provet (Fig. 22).

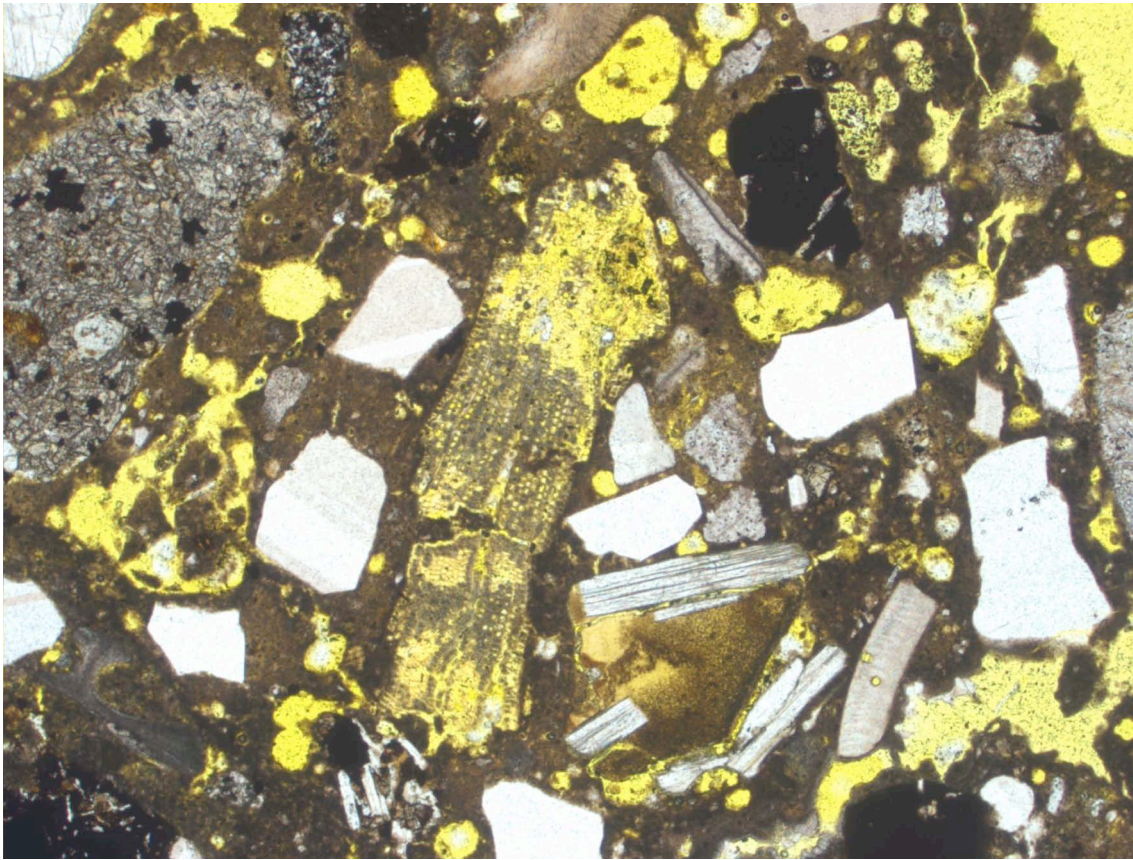


Fig. 22. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 4. Visar rest av en träpartikel. Bildytan motsvarar $2,7 \times 2 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Sprickor och luftporer:

Det finns krympsprickor i de ljusa partierna. Huvudsakligen väl rundade fina porer men även oregelbunden blandningsluft (Fig. 23). Det finns även mikrodomäner med oregelbundna små porer.

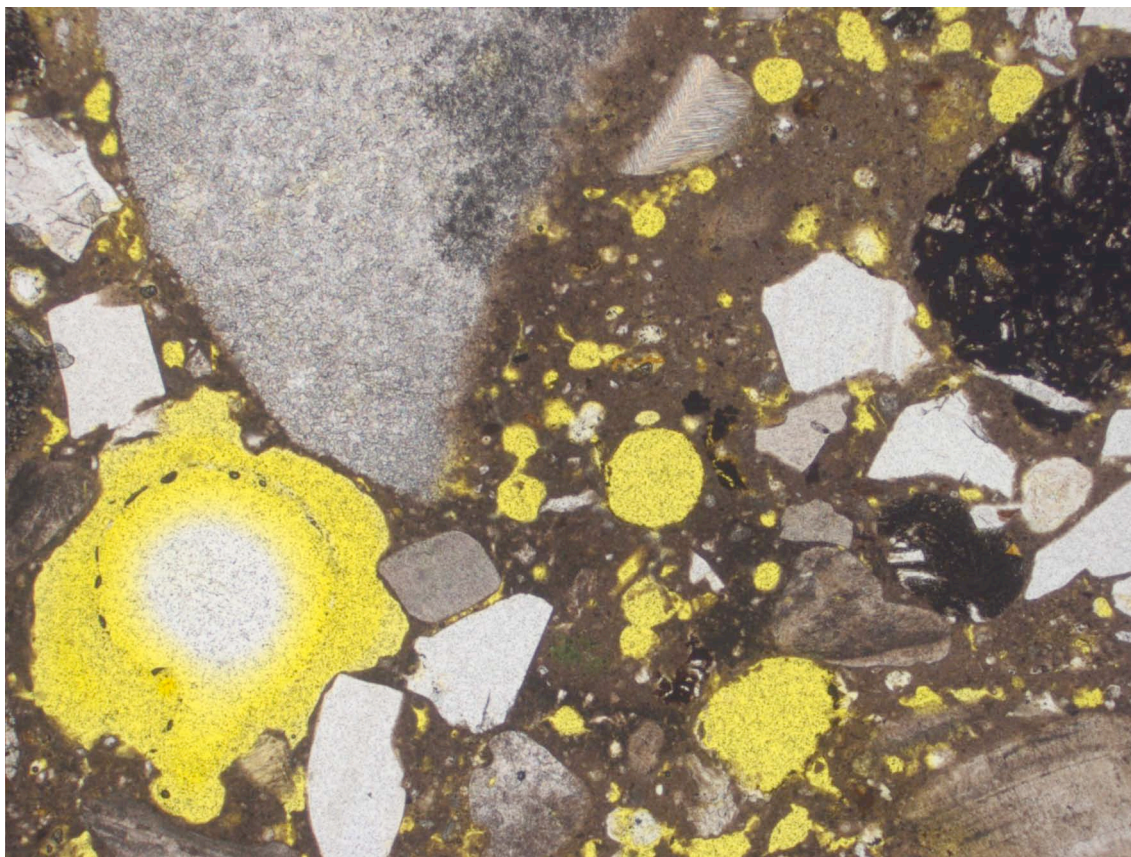


Fig. 23. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 4. Visar väl runda de fina luftporer. Bildytan motsvarar 2,7 x 2 mm². Foto: SP 2008.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:2 (100:173) och torrsvikt 100/360, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 2 mm, dvs. den är finkornig.

Yta:

Det finns ingen bearbetad yta i det analyserade provet.

Kemisk analys för bestämning av hydraulisk modul

Den kemiska analysen visade att detta prov består av 1,2 % kiseldioxid SiO₂, 0,78 % aluminiumoxid Al₂O₃, 0,14 % järnoxid Fe₂O₃ samt 35,5 % kalciumoxid CaO och 0,65 % magnesiumoxid MgO.

Hydraulisk modul:

0,12, dvs. det är ett luftkalkbruk.

Bruksprov Dom Fö 5

Introduktion

Putsbruk (utstruken fog). Sydmuren invändigt, strax väster om det östra invigningskorset ca 3 meter från marken (Fig. 24).



Fig. 24. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 5. Putsbruk (utstruken fog). Sydmuren, invändigt, strax väster om invigningskorset åt öster, ca 3 meter från marken. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Brunt bruk med vita rester av musselskal och krossad framför allt fin ballast. Det är mycket hårt.

Mikroskopisk analys av tunnslip

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 35 %, kalkklumpar 1 %, silikatballast 42 %, kalkstensballast 9 % och luft 13 %.

Allmänt:

TvK: Det finns minst två olika putsskikt.

Bindemedel - pasta:

Mörk till mycket mörk färg. Det finns övergångar i provet som kan vara kontakt mellan olika påslag. Det finns ingen nybildning av kalcitkristaller på por- och sprickväggar.

Ballast och tillsatsmaterial:

Finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt större (15 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat som lister av plagioklas. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår. I många fall består dessa partiklar till mycket stor del av malmmineral. I dessa korn är plagioklaslisterna smalare än i de oreagerade (Fig. 25). Nedbrytningen kan även vara orsakad av vittring innan sanden kom att användas som ballast.

TvK: Minimum kornstorlek 0,01 mm, maximum 1,8-2 mm rund basalt. Det är samma typ av fältspat kubiska och runda korn som i bruksprov Dom Fö 2. De kubiska kornen är i medeltal 0,2-0,3 mm och de runda 0,3-0,7 mm.

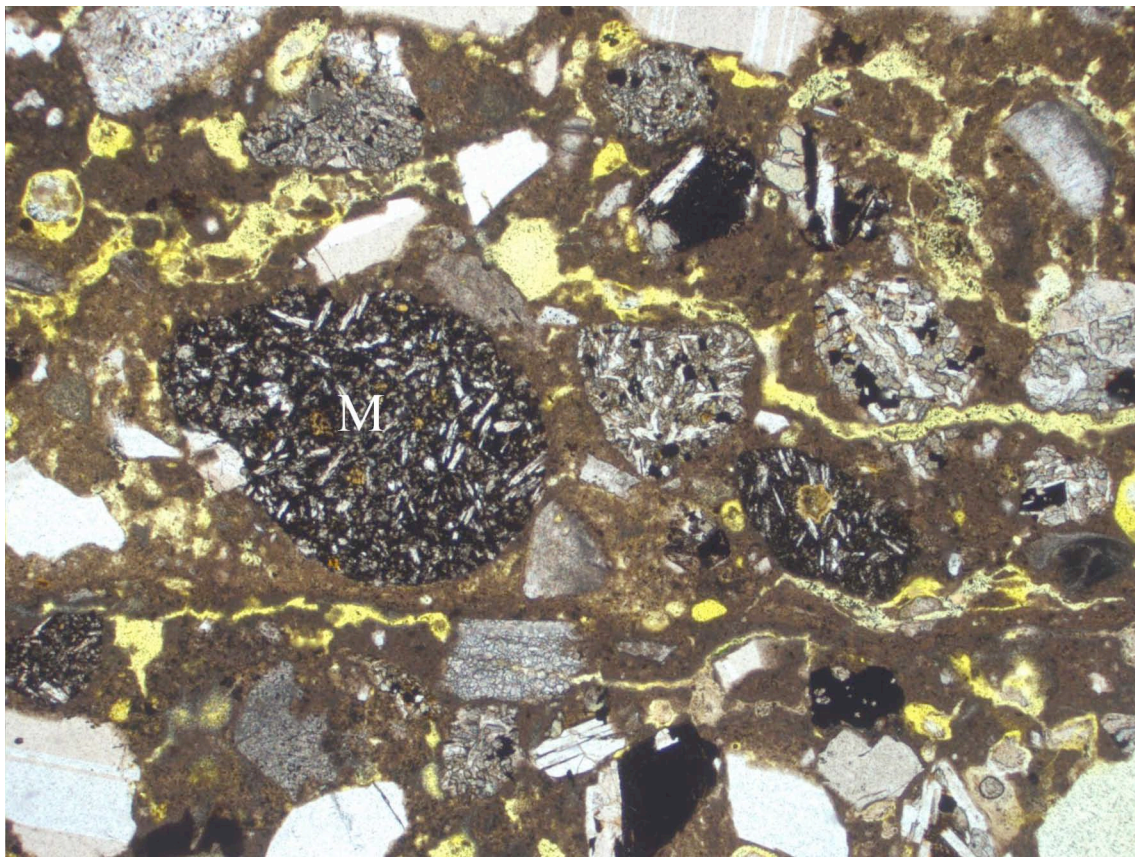


Fig. 25. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 5. Visar malmmineral (M) med ljusa smala plagioklaslister. Bildytan motsvarar 2,7 x 2 mm². Foto: SP 2008.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet.

Det finns även porösa partiklar av järnslag i provet.

Sprickor och luftporer:

Få sprickor i de mörka partierna något mer i de ljusa (Fig. 26). Runt det stora bergartsfragmentet finns luftfickor.

TvK: Mycket få runda porer. De flesta bildar ett öppet porsystem.

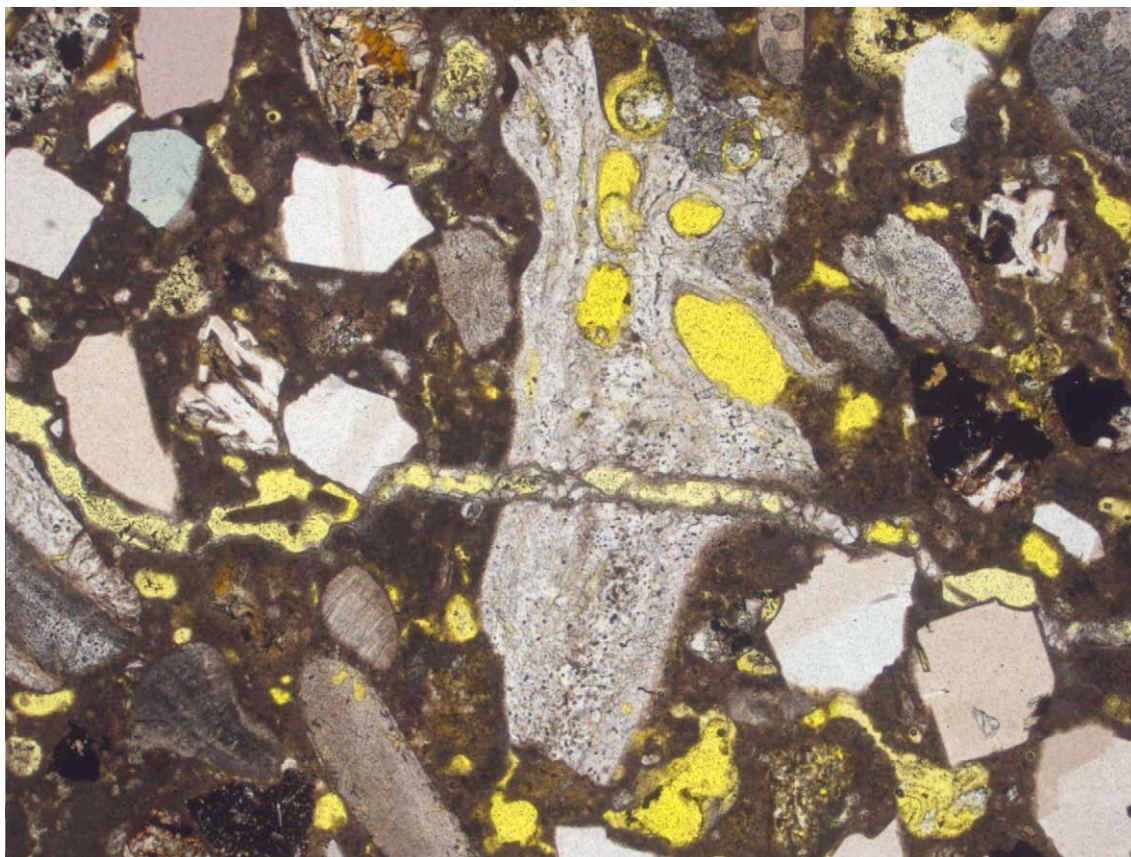


Fig. 26. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 6. Visar en spricka. Bildytan motsvarar $2,7 \times 2 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:2 (100:220) och torrsvikt 100/460, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 15 mm, dvs. den är mycket grovkornig.

Yta:

På provet finns ett lager av omkristalliserad kalk i vad som kan vara rester av en kalkfärg.

Bruksprov Dom Fö 6

Introduktion

Fogbruk (utstruken fog). Sakristians sydmur invändigt, i mitten ca 1,5 meter från marken (Fig. 27 och 28).



Fig. 27. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Översiktsbild av sakristians sydmur där prov Dom Fö 6 och 7 uttagits. Foto: Sölve Johansson 2007.



Fig. 28. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 6. Fogbruk (utstruken fog). Sakristians sydmur, invändigt, i mitten ca 1,5 meter från marken, mellan stenskräv "klipur". Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Gulbrunt bruk med vita rester av musselskal och krossad framför allt fin ballast. Det är mycket hårt.

Bruksprov Dom Fö 7

Introduktion

Putsbruk med 2 skikt (utstruken fog). Sakristians sydmur invändigt, vid sydöstra hörnet ca 2,5 meter från marken (Fig. 29). Jmf prov 8 1989 analyserat av Curt von Jessen 1991.

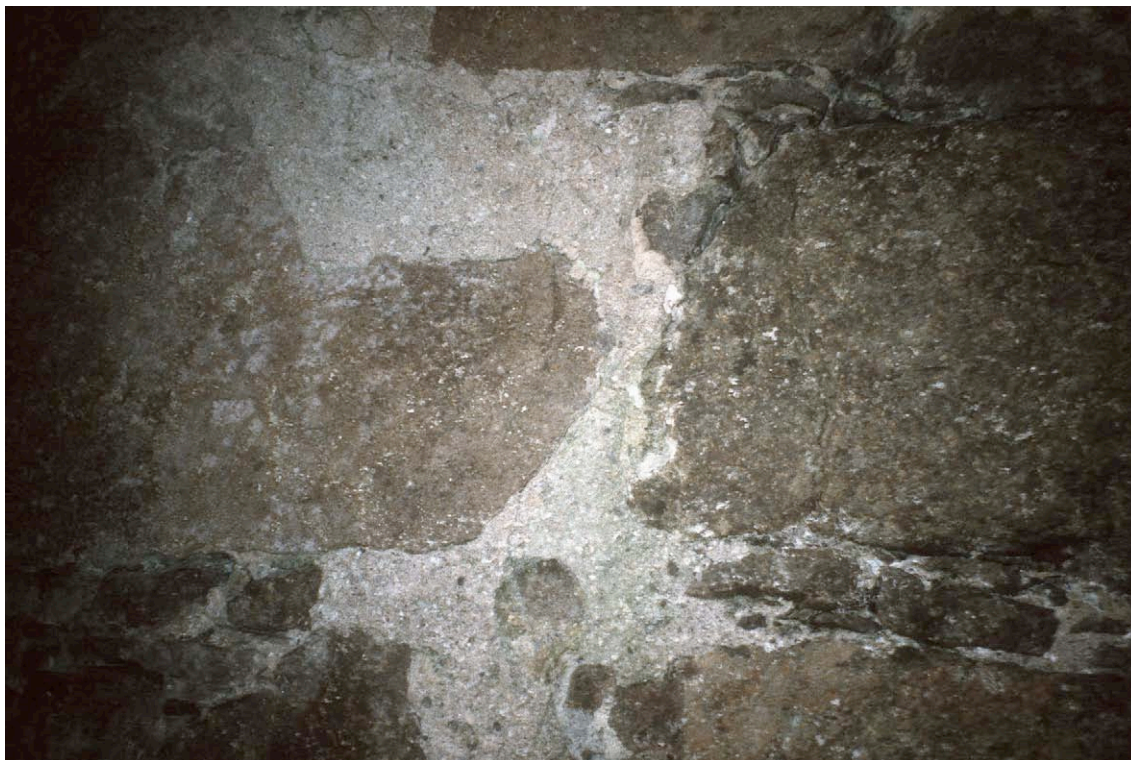


Fig. 29. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 7. Putsbruk med två skikt (utstruken fog). Sakristians sydmur, invändigt vid sydöstra hörnet ca 2,5 meter från marken. Jmf prov 8 1989. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Dubbla bruksskikt. Gulbrunt bruk med vita rester av musselskal och krossad framför allt fin ballast som bär upp ett ockrafärgat bruksskikt med fin ballast. Det är mycket hårt. Samma typ av tvåskikts putsbruk finns även väl bevarat i östra smygen av portalen mellan kyrkorummet och sakristian (Fig. 30). Pga att detta putsparti bör lämnas orört uttogs inget prov här. Det bör ägnas särskilt skydd.



Fig. 30. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Portalen mellan kyrkorummet och sakristian, östra smygen, med välbevarat putsbruk med två skikt. Foto: Sölve Johansson 2007.

Mikroskopisk analys av tunnslip

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 41 %, kalkklumpar 2 %, silikatballast 27 %, kalkstensballast 16 % och luft 15 %.

Allmänt:

TvK: Det finns tre olika skikt skilda från varandra i tunnslipet.

Bindemedel - pasta:

Pastan har mörk färg. Provet består av minst två påslag (Fig. 31). De olika skikten består av samma bindemedel och ballast. Det finns endast en liten nybildning av kalcitkristaller på por- och sprickväggar.

TvK: I den understa delen av tunnslipet är pastan inhomogen med mycket små 1-2 μm korn, vilka även bildar aggregat 15-20 μm . Mellan de mörkare formationerna finns ljusare fält, vilka tyder på nykristallisering.

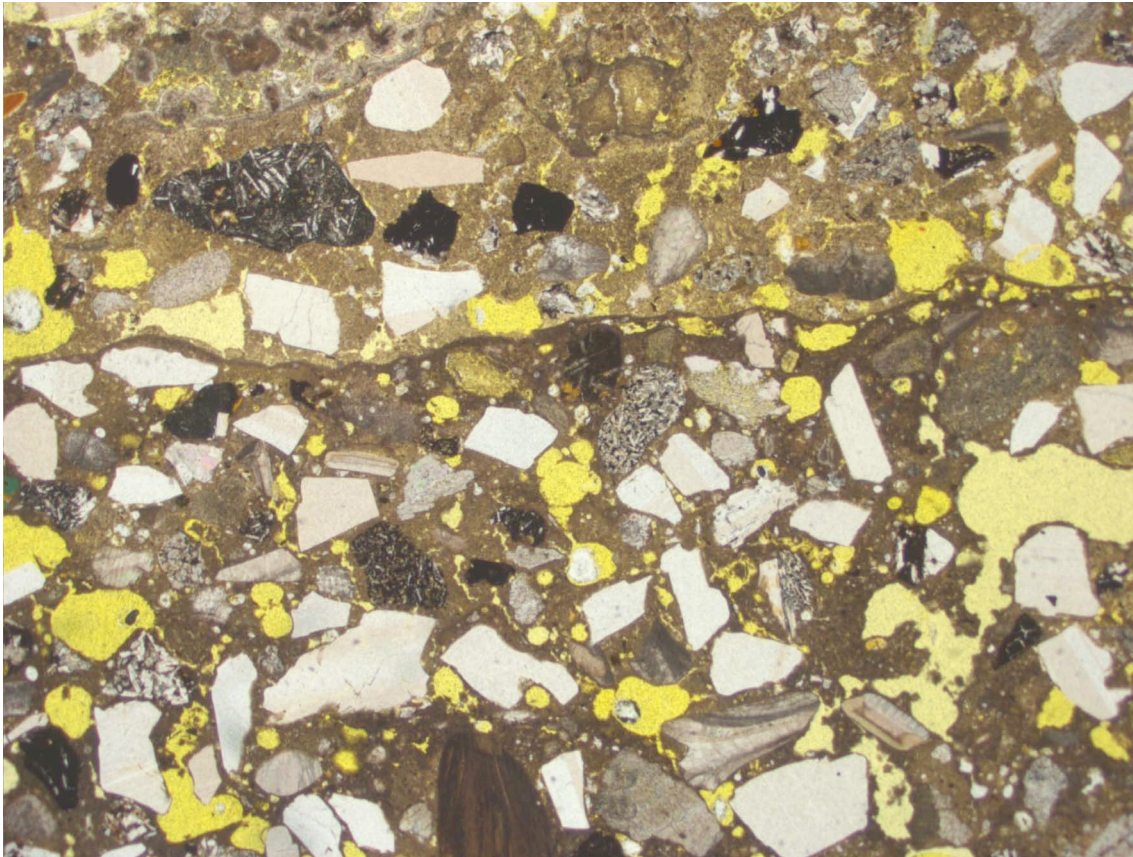


Fig. 31. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 7. Visar att provet består av två påslag med samma bindemedel och ballast. Bildytan motsvarar $5,3 \times 4 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Ballast och tillsatsmaterial:

Finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt större (15 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår. I många fall består dessa partiklar till mycket stor del av malmmineral. Det är pyroxener och olivin som bryts ned.

TvK: Det är samma typ av fältspat med kubiska och runda korn som i bruksprov Dom Fö 2. De kubiska kornen är i medeltal 0,2-0,3 mm och de runda 0,5 mm.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet.

Det finns enstaka partiklar i provet som kan vara järnslag från kalkbränningen.

Sprickor och luftporer:

Huvudsakligen väl rundade fina porer men även större porer och luftfickor med blandningsluft (Fig. 32).

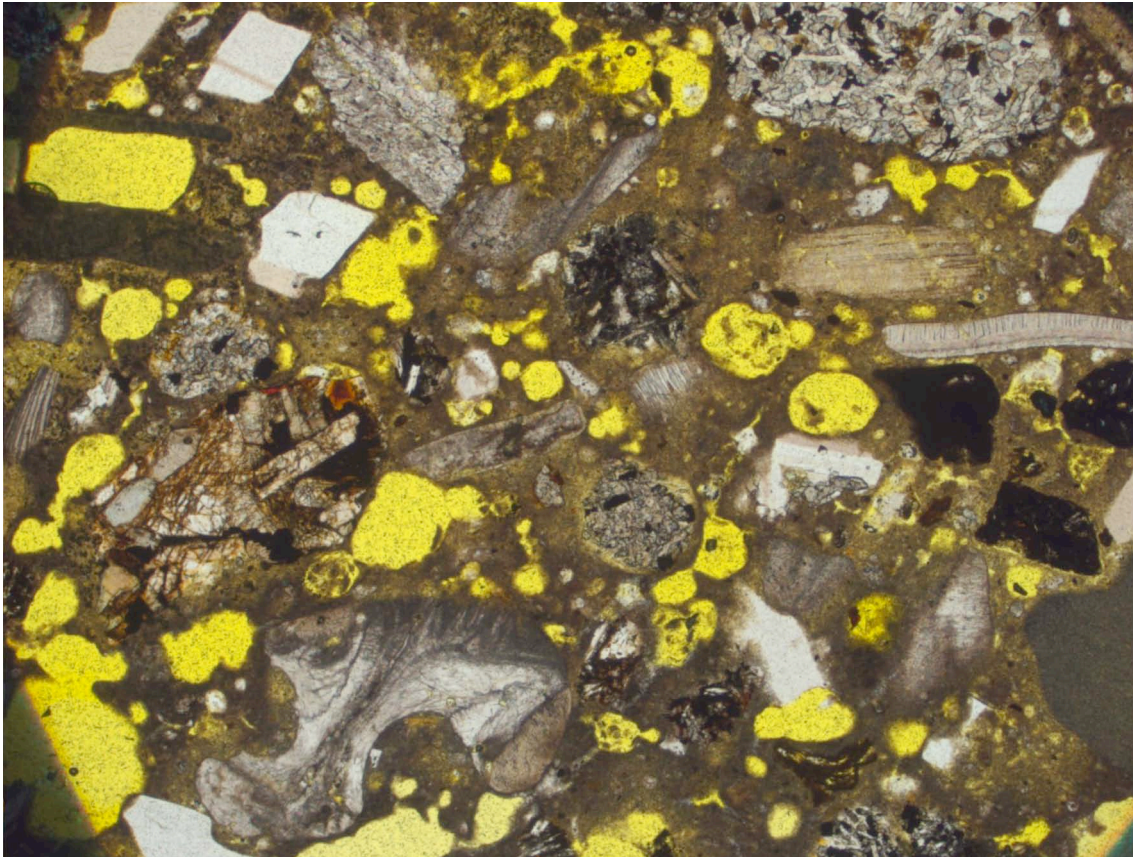


Fig. 32. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 7. Visar runda luftporer med diffus övergång till kalkpastan. Bildytan motsvarar 2,7 x 2 mm². Foto: SP 2008.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:1,5 (100:155) och torrsvikt 100/320, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 15 mm, dvs. den är mycket grovkornig.

Yta:

Det finns ingen bearbetad yta i det analyserade provet.

Kemisk analys för bestämning av hydraulisk modul

Den kemiska analysen visade att detta prov består av 0,74 % kiseldioxid SiO₂, 0,59 % aluminiumoxid Al₂O₃, 0,10 % järnoxid Fe₂O₃ samt 31 % kalciumoxid CaO och 0,58 % magnesiumoxid MgO.

Hydraulisk modul:

0,09, dvs. det är ett luftkalkbruk

Bruksprov Dom Fö 8

Introduktion

Murbruk. Igensatt fönsteröppning sakristians västmur invändigt (Fig. 33).



Fig. 33. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 8. Murbruk. Sakristians västmur, invändigt i sekundärt igensatt fönsteröppning. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Grått bruk med vita rester av musselskal och fin krossad ballast. Det är mycket hårt.

Mikroskopisk analys av tunnslip

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 39 %, kalkklumpar 1 %, silikatballast 33 %, kalkstensballast 8 % och luft 19 %.

Bindemedel - pasta:

Pastans färg varierar men är ljus i jämförelse med övriga prover. Det finns ingen nybildning av kalcitkristaller på por- och sprickväggar.

Ballast och tillsatsmaterial:

Finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt något större (1 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. I många fall består dessa partiklar till mycket stor del av malmmineral. Det är pyroxener och olivin som bryts ned. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår. Några korn är omgivna av en tät pastarand (Fig. 34).

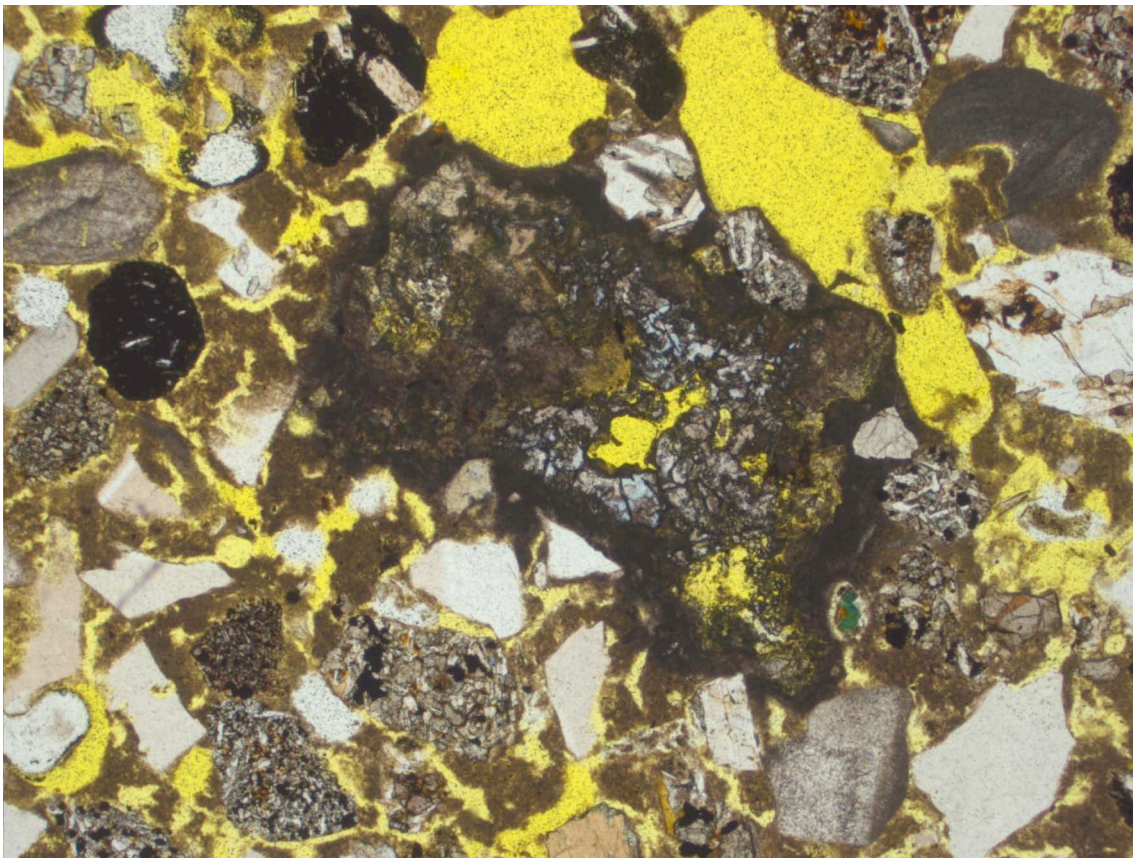


Fig. 34. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 8. Visar ett korn av bergartsfragment omgivet av en tät pastarand som visar på pozzolan reaktion. Bildytan motsvarar 2,7 x 2 mm². Foto: SP 2008.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Det finns exempel på korn som bryts ned i en tydlig reaktionsstruktur. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet.

Sprickor och luftporer:

I de ljusa partierna finns krympsprickor (Fig. 35). Porerna är oregelbundna till väl rundade i de mörka partierna. I de ljusa partierna finns troligen även preparationsartefakter från sågningen vilket gör det svårt att bedöma porositet i dessa partier.

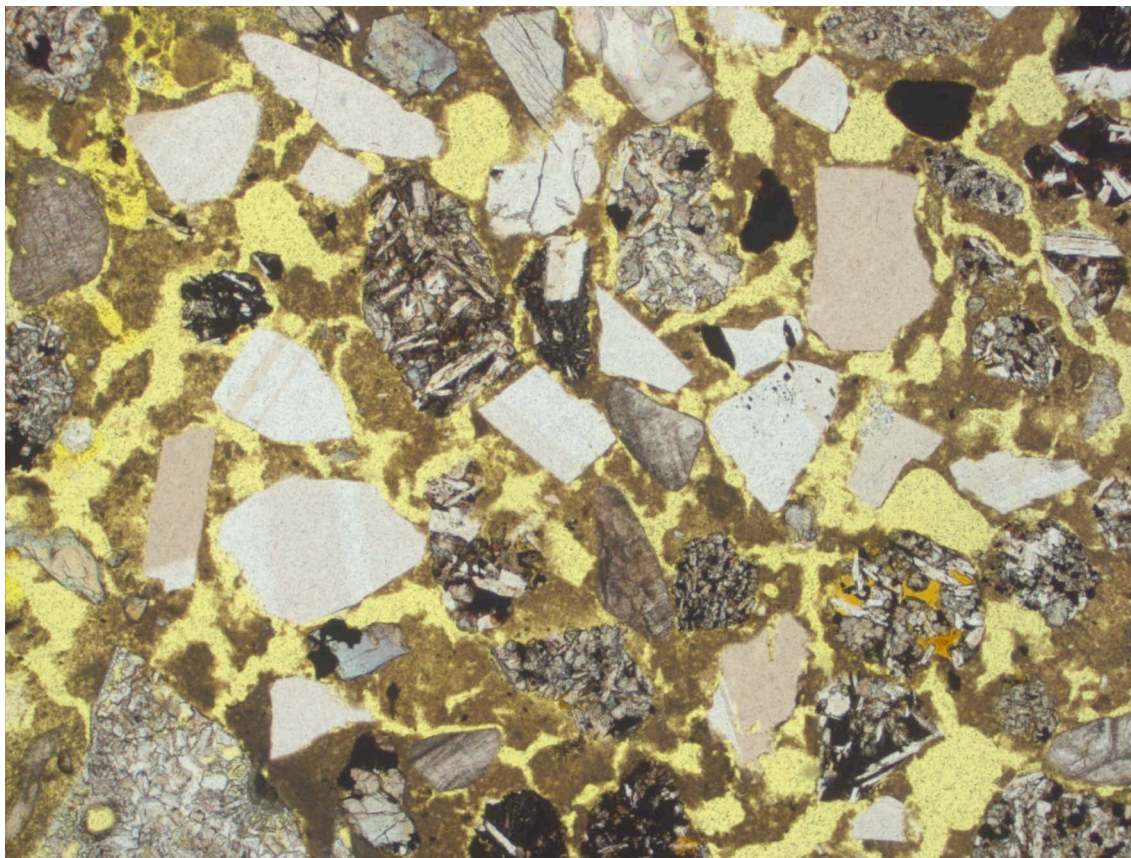


Fig. 35. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 8. Visar krympsprickor i de ljusa partierna. Bildytan motsvarar $2,7 \times 2 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:1,5 (100:154) och torrsvikt 100/320, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 1 mm, dvs. den är mycket finkornig.

Yta:

Det finns ingen bearbetad yta i det analyserade provet.

Kemisk analys för bestämning av hydraulisk modul

Den kemiska analysen visade att detta prov består av 1,35 % kiseldioxid SiO_2 , 0,89 % aluminiumoxid Al_2O_3 , 0,17 % järnoxid Fe_2O_3 samt 24,6 % kalciumoxid CaO och 0,65 % magnesiumoxid MgO .

Hydraulisk modul:

0,19, dvs. det är ett subhydrauliskt kalkbruk.

Bruksprov Dom Fö 9

Introduktion

Putsbruk med kalkfärg. Ovansidan sydmurens västra portal invändigt (Fig. 36).



Fig. 36. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 9. Putsbruk med kalkfärg. Sydmuren, invändigt ovansidan västportalen. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Gulbrunt bruk med vita rester av musselskal och fin krossad ballast. Det är mycket hårt.

Mikroskopisk analys av tunnslip

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 50 %, kalkklumpar 3 %, silikatballast 11 %, kalkstensballast 11 % och luft 13 %.

Bindemedel - pasta:

Mörk till mycket mörk färg. Förutom klumpar som är rester av kalkskal finns i detta prov även andra typer av kalkklumpar (Fig. 37). Provet innehåller relativt stor andel kalkklumpar som ej är rester av skalkalkpartiklar. Kalkklumparna liknar dem man vanligen finner i medeltida kalkbruk. På några por- och sprickytor finns nybildade kalcitkristaller.

TvK: Kalcitkristallerna är rätt stora. Det är samma bindemedel som i bruksprov Dom Fö 2. Bindemedlet består av rundade mörkare formationer, och ljusare i kanterna, eventuellt nykristalliserad kalk. Det kan vara musselskal, vilka inte blivit helt genombrända, utan bibehållit något av sin ursprungliga struktur.

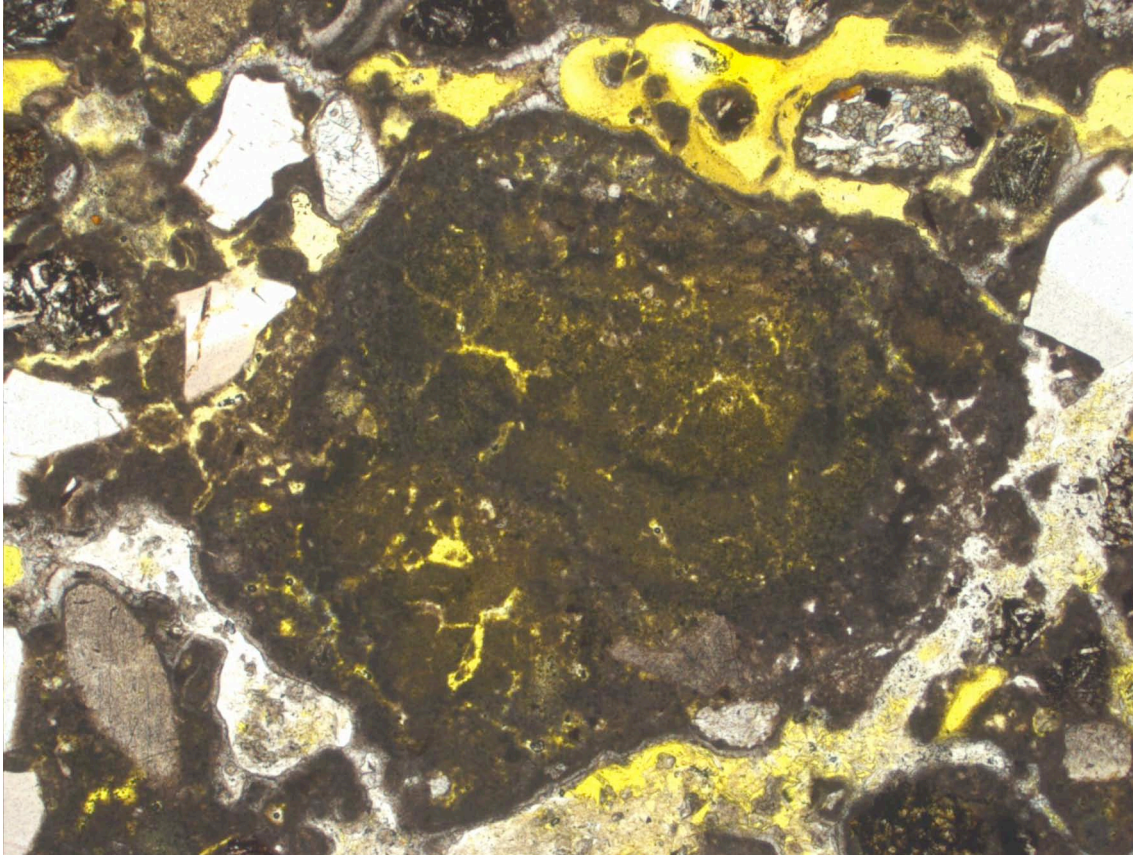


Fig. 37. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 9. Visar en mörk kalkklump och fickor av blandningsluft. Bildytan motsvarar 2,7 x 2 mm². Foto: SP 2008.

Ballast och tillsatsmaterial:

Finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt något större (4 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. I många fall består dessa partiklar till mycket stor del av malmmineral. Det är pyroxener och olivin som bryts ned. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår.

TvK: Maximum kornstorlek 2,5-3,5 mm. Det är samma typ av fältspat med kubiska och runda korn som i bruksprov Dom Fö 2. De kubiska kornen är i medeltal 0,2-0,3 mm och de runda 0,5 mm.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet. Det finns även enstaka små kalkstenspartiklar som kan ha annat ursprung än skalkalksten. Det har bildats kalcitkristaller.

Sprickor och luftporer:

Förutom väl rundade till något oregelbundna porer finns även fickor av blandningsluft som ligger parallellt med provets yta (Fig. 37).

TvK: I det ena putsskiktet är luftporerna riktade, i det andra inte.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:1 (100:108) och torrsvikt 1:220, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 4 mm, dvs. den är mycket grovkornig.

Yta:

Det finns rester av kalklager som kan varit kalkavfärgning (Fig. 38).

TvK: Det finns gipskristaller på ytan och i ett större hålrum.

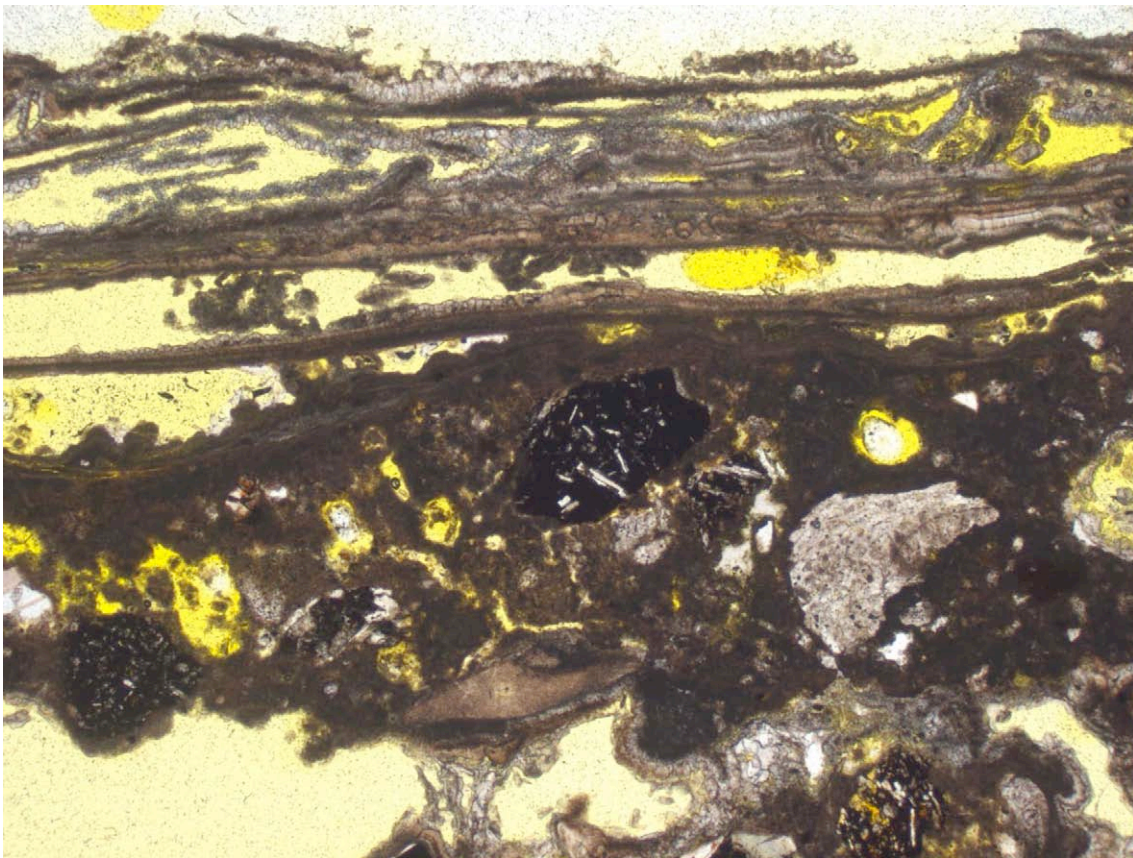


Fig. 38. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 9. Visar rester av kalkavfärgning. Bildytan motsvarar $2,7 \times 2 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Bruksprov Dom Fö 10

Introduktion

Murbruk. Bomhål nordmuren invändigt, väster om sakristiportalen ca 3,5 meter från marken (Fig. 39).



Fig. 39. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 10. Murbruk. Nordmuren, invändigt, bomhål väster om sakristiportalen ca 3,5 meter från marken. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Grått/gulbrunt bruk med vita rester av musselskal och krossad framför allt fin ballast. Det är mycket hårt.

Mikroskopisk analys av tunnslip

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 38 %, kalkklumpar 4 %, silikatballast 20 %, kalkstensballast 22 % och luft 16 %.

Bindemedel - pasta:

Mörk till mycket mörk färg. Det finns ingen nybildning av kalcitkristaller på por- och sprickväggar.

TvK: Det är samma typ av bindemedel som i bruksprov Dom Fö 1. Bindemedlet består av rundade mörka formationer, och ljusare i kanterna, eventuellt nykristalliserad kalk. Det kan vara musselskal, vilka inte blivit helt genombrända, utan bibehållit något av sin ursprungliga struktur. Ställvis finns mycket små 1-2 μm korn, vilka även bildar aggregat 15-20 μm .

Ballast och tillsatsmaterial:

Finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt något större (1 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat (Fig. 40). I många fall består dessa partiklar till mycket stor del av malmmineral. Det är pyroxener och olivin som bryts ned. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår.

TvK: Det är samma typ av fältspat med kubiska och runda korn som i bruksprov Dom Fö 2. De kubiska kornen är i medeltal 0,25-0,5 mm och de runda 0,5 mm.

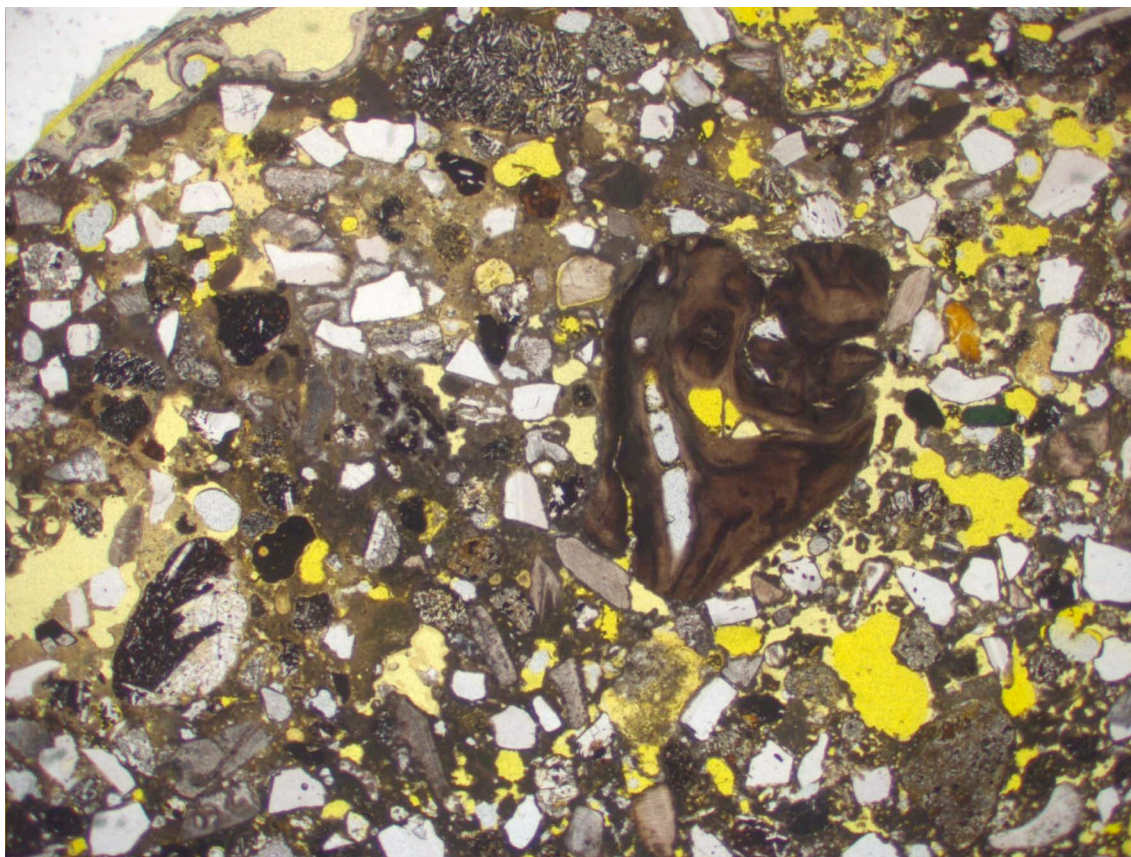


Fig. 40. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 10. Visar rundat bergartsfragment. Bildytan motsvarar 8,3 x 6,3 mm². Foto: SP 2008.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment (max 1,2 mm). Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet.

Sprickor och luftporer:

Oregelbundna till tämligen väl rundade porer.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:2 (100:178) och torrsvikt 100/370, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 1 mm, dvs. den är mycket finkornig.

Yta:

På provets båda sidor finns flera lager av omkristalliserad kalk i vad som kan vara rester av en kalkfärg men troligen är det ett lakningsfenomen (Fig. 41).

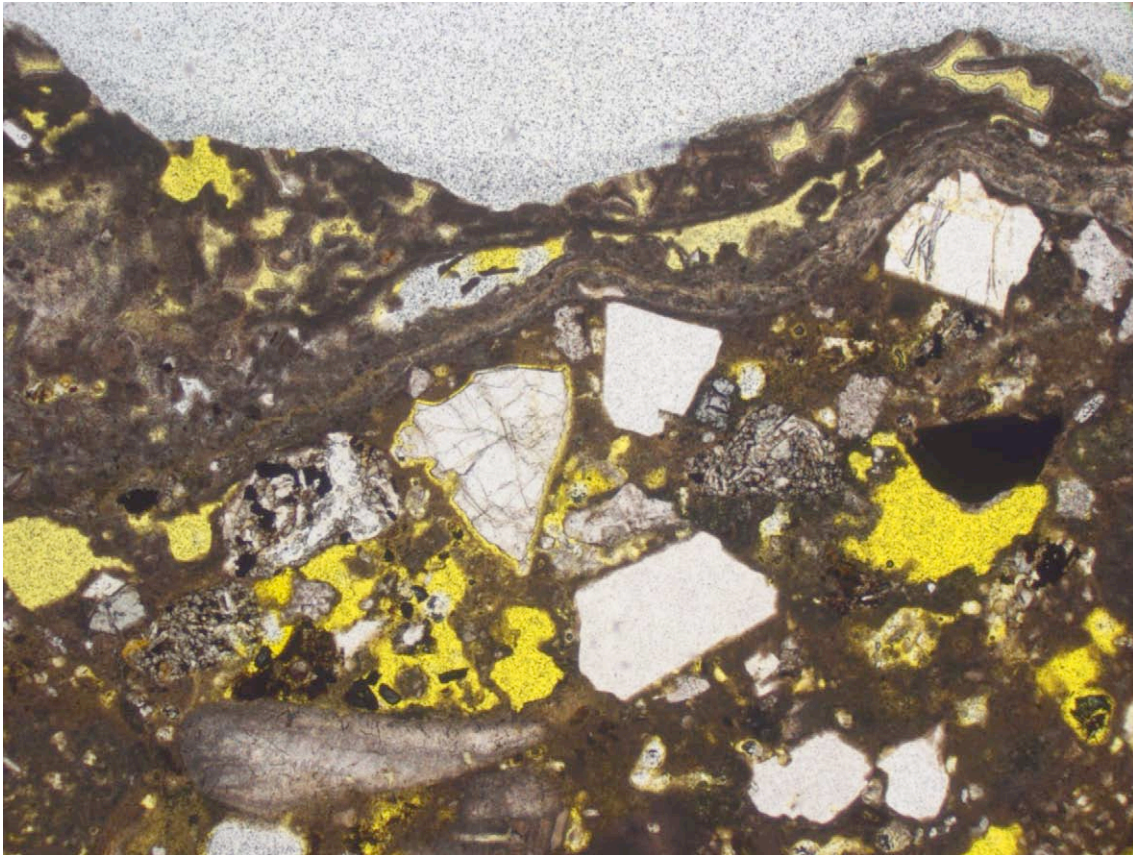


Fig. 41. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 10. Visar flera lager av omkristalliserad kalk, kalkfärg eller ett lakningsfenomen. Bildytan motsvarar 2,7 x 2 mm². Foto: SP 2008.

Kemisk analys för bestämning av hydraulisk modul

Den kemiska analysen visade att detta prov består av 1,93 % kiseldioxid SiO_2 , 1,59 % aluminiumoxid Al_2O_3 , 0,20 % järnoxid Fe_2O_3 samt 31,1 % kalciumoxid CaO och 1,66 % magnesiumoxid MgO .

Hydraulisk modul:

0,22, dvs. det är ett subhydrauliskt kalkbruk.

Bruksprov Dom Fö 11

Introduktion

Putsbruk med 2 skikt ? (utstruken fog). Östmuren invändigt, vid det nordöstra hörnet och det norra invigningskorset ca 2 meter från marken (Fig. 42). Jmf prov 5 1989 analyserat av Curt von Jessen 1991.



Fig. 42. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 11. Putsbruk med två skikt? Östmuren, invändigt, vid invigningskors åt nordöstra hörnet ca 2 meter från marken. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Brunaktigt bruk med vita rester av musselskal och krossad fin ballast som bär upp ett vitgrått bruksskikt med fin ballast. Det är mycket hårt.

Bruksprov Dom Fö 12

Introduktion

Murkärnebruk. Sydmuren åt väster upptill. Borrprov A 1990 (Fig. 43).

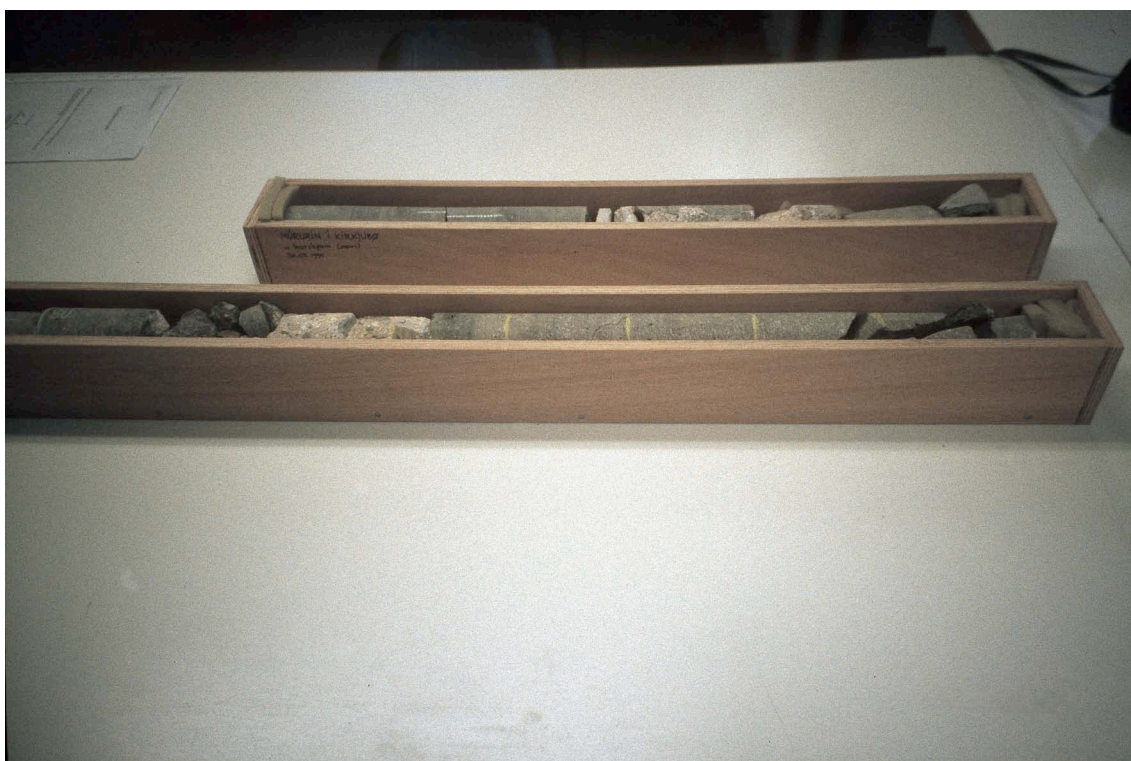


Fig. 43. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 12 och 13. Bruk från murkärnan borrprov A och B 1990. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Ljusgrått bruk med vita rester av musselskal och krossad fin ballast. Det är mycket hårt.

Mikroskopisk analys av tunnslip

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 48 %, kalkklumpar 6 %, silikatballast 7 %, kalkstensballast 33 % och luft 6 %.

Bindemedel - pasta:

Pastan har ljus färg. Relativt stor andel kalkklumpar i pastan som inte är rester av skalfragment. Det har bildats stora kalcitkristaller i vissa porer (ca 0,2 mm; Fig. 44).

TvK: Det är mycket svårt att föreställa sig denna pasta som hydraulisk enligt den kemiska analysen. Bindemedlet är mörkare endast kring två större snäckskal. I övrigt är det ljus utan den runda formationen, som finns i de övriga bruken.

Enligt SEM/EDS-analys är kisel- och aluminiumhalten i pastan mycket hög och jämt fördelad. Det stärker tolkningen av bruken som puzzolankalkbruk.

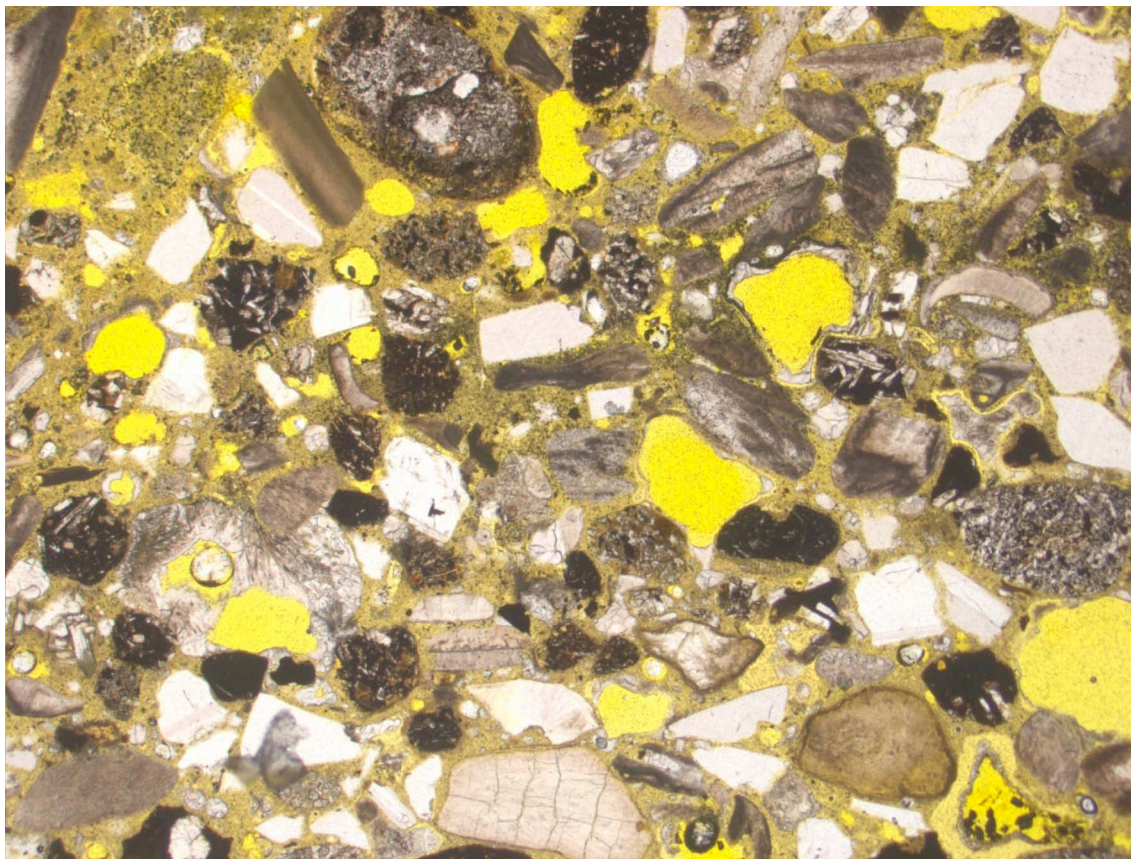


Fig. 44. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 12. Visar kalcitbildningar i pastan. Bildytan motsvarar $2,7 \times 2 \text{ mm}^2$. Fotot: SP 2008.

Ballast och tillsatsmaterial:

Finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt något större (1 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. I många fall består dessa partiklar till mycket stor del av malmmineral. Det är pyroxener och olivin som bryts ned. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår.

TvK: Minimum kornstorlek 0,01 mm, ca 1 %, maximum ca 2 mm rund basalt. Kubisk fältspat 0,05-0,7 mm. Kalksten förekommer i små druvliknande formationer med korn på 0,05 mm.

Det finns dessutom större (2,5 mm) och mindre partiklar av skalfragment (0,25-1 mm). Det finns även partiklar av porös järnslag i provet, troligen från kalkbränningen (Fig. 45).

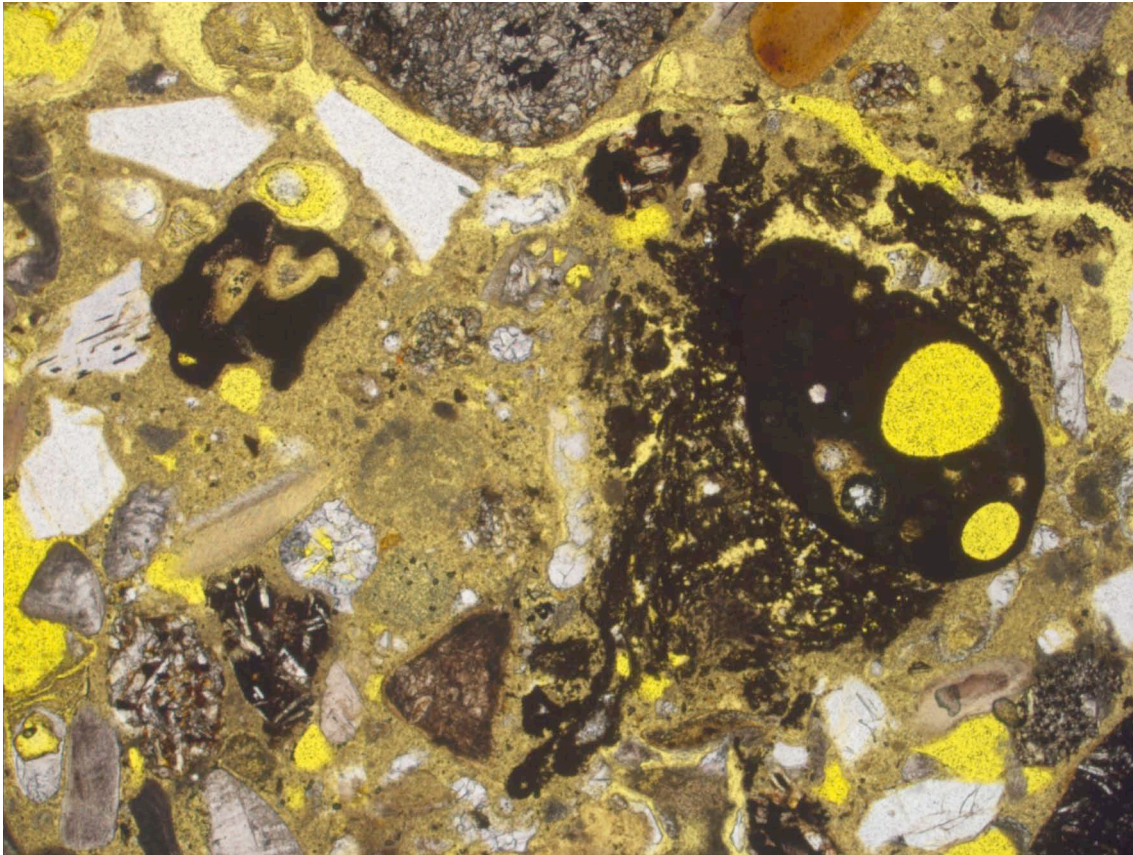


Fig. 45. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Dom Fö 12. Visar järnslagg. Bildytan motsvarar $2,7 \times 2 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Sprickor och luftporer:

Rundade till oregelbundna fina porer.

TvK: De flesta luftporerna är oregelbundna, och de största är 1,5 mm. Inga tydliga sprickor. Troligen gipskristaller i en del luftporer eller eventuellt portlandit (långa fibrer).

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:2 (100:192) och torrsvikt 100/400, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 1 mm, dvs. den är mycket finkornig.

Yta:

Det finns ingen bearbetad yta i det analyserade provet.

Kemisk analys för bestämning av hydraulisk modul

Den kemiska analysen visade att detta prov består av 2,96 % kiseldioxid SiO_2 , 1,49 % aluminiumoxid Al_2O_3 , 0,44 % järnoxid Fe_2O_3 samt 15,8 % kalciumoxid CaO och 0,38 % magnesiumoxid MgO .

Hydraulisk modul:

0,63, dvs. det är ett moderat hydrauliskt kalkbruk.

Bruksprov Dom Fö 13

Introduktion

Murkärnebruk. Sydmuren åt väster nedtill. Borrprov B 1990 (Fig. 43). Jørn Bredal-Jørgensens analys 1998.

Okulär undersökning

Ljusgrått bruk med vita rester av musselskal och krossad fin ballast. Det är mycket hårt.

Mikroskopisk analys av tunnslip

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 33,2 %, ohydratiserat bindemedel 5,2 %, ballast 48,5 % och luft 13,1 %.

Bindemedel - pasta:

Brukets pasta är homogen. Själva pastan/bindemedlet består av mycket små kalkpartiklar, som inte kan identifieras i mikroskop. Partiklarnas optiska egenskaper stämmer dock överens med kalciumkarbonat CaCO_3 . Det har inte återfunnits spår efter andra bindemedel. Större strukturlösa, grågula kalkkorn ($<2,5 \times 5 \text{ mm}$) med mycket enhetliga kristallstorlekar ($<10 \mu$), och tillsynes en mycket ren karbonat är ojämnt fördelad i pastan. Det finns enstaka orena (i bruna till mörkbruna färger) karbonataggregater. De stora kalkkornen har tydliga sprickor vinkelrätt mot partiklarnas yta, och bl.a. härvid avviker de signifikant från de kalkskal, som finns i ballasten.

Ballast och tillsatsmaterial:

Sandtillsatsen är homogent fördelad. Fältspatskornen är kantiga till skarpkantiga medan partiklarna av kalkskal är välrundade och ofta ovala. Kalkskalen visar på tydliga interna strukturer efter den funktion, som de hade ursprungligen. Det finns en del zeolitliknande mineraler i tillsatsmaterialet. Kornen, som ofta bär tecken på nedbrytning, har inte kunnat identifieras. Det syns enstaka glaukonitkorn samt vulkaniska glasfragment.

Sprickor och luftporer:

Det finns flera sprickor vinkelrätt mot ytan. Sprickorna är delvis utfyllda med oidentifierat salt.

Luftinnehållet är medel till högt. Porerna är delvis oregelmässiga och har längdmåttet $<1,5 \text{ mm}$. Det syns ofta fina kristallina utfällningar i porerna. Det skall observeras, att några porer är hålrum efter partiklar, som har försvunnit.

Omvandlingar:

Delar av bruksfragmentens ytor är tydligen en gränsyta, antingen mot fri luft eller mot sten eller annat material. Gränsytan har inga tillsatspartiklar, och där ses ett större antal sprickor vinkelrätt mot gränsytan. 4 mm under gränsytan finns ännu en horisont med mycket få tillsatsmaterial och en homogen pasta.

Som nämnts i avsnitten om ballast, sprickor och luftporer har talrika zeolitliknande mineraler observerats i bruket. Medan några av kristallerna tydligen fyller ut defekter såsom sprickor och luftporer, bör andra tecken på att vara delvis borteroderade.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Ballastens andel i relation till bruket bedöms vara medel till hög, dvs. det är förmodligen ett fett eller något magert bruk. Ballasten är maximalt 5 mm, dvs. den är mycket grov.

Slutsatser:

Brukets bindemedel är sannolikt en våtsläckt kalk. De stora, strukturlösa och grågula karbonataggregater, som består av enhetliga karbonatkristaller, är med stor sannolikhet klumpar av en ursprunglig våtsläckt kalk. Mot bakgrund av de enhetliga färgerna är det frågan om mycket rent karbonat, dvs. en kalk med ett mycket ringa hydrauliskt index. De delvis förekommande bruna till mörkbruna kalkaggregaten är sannolikt klumpar från den ursprungliga kalken. Dessa bör sannolikt ha vissa hydrauliska egenskaper.

Brukets tillsatsmaterial består dels av skalfragment, dels av fragment av lokala vulkaniska bergarter. Förekomsten av marina mineraler indikerar, att sanden är från en strandförekomst. De mycket kantiga vulkaniska fragmenten visar, att det vulkaniska materialet enbart är bearbetat kort tid medan kalkskalen bär spår av relativt lång tids bearbetning.

Likhuset i Kirkjubøur (Fig. 46 och 47)



Fig. 46. Likhuset i Kirkjubøur Färöarna. Översiktsbild åt nordost. Foto: Sölve Johansson 2007.



Fig. 47. Likhuset i Kirkjubøur Färöarna. Översiktsbild åt nordväst.
Foto: Sölve Johansson 2007.

Bruksprov Lik Fö 1

Introduktion

Murbruk. Nordvästra muren utvändigt åt nordväst (Fig. 48). Jmf. prov 12 och 13 1989 analyserade av Curt von Jessen 1991.



Fig. 48. Likhuset i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Lik Fö 1 Murbruk. Mur åt nordväst. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Vitgrått till gulaktigt bruk samt grå och vita rester av musselskal och krossad grov och fin ballast. Det är mycket hårt.

Bruksprov Lik Fö 2

Introduktion

Mur/putsbruk. Nordmuren/skiljemuren åt sydväst (Fig. 49). Jmf. prov 11 1989 analyserat av Curt von Jessen 1991.



Fig. 49. Likhuset i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Lik Fö 2 Mur/putsbruk. Norra muren, skiljemur, åt sydväst. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Vitgrått bruk och vita rester av musselskal och krossad grov och fin ballast. Det är hårt.

Mikroskopisk analys

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 48 %, kalkklumpar 6 %, silikatballast 7 %, kalkstensballast 33 % och luft 6 %.

Bindemedel - pasta:

Mörk till mycket mörk inhomogen pasta. Det finns ingen nybildning av kalcitkristaller på por- och sprickväggar.

Ballast och tillsatsmaterial:

Mycket liten mängd finkorniga (max 1 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt större (3 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. I många fall består dessa partiklar till mycket stor del av malmmineral och plagioklas medan pyroxen och olivin har förbrukats vid bildningen av malmmineralen. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av

främst malmmineral återstår. I detta prov är de basiska partiklarna i stor utsträckning omgivna av en mörk reaktionsrand som indikerar att de är puzzolana (Fig. 50). Det finns även material av samma typ som i bruksprovet Sock Fö 4. Enligt SEM/EDS-analys består materialet av kalcium och fosfor. Det kan vara en benflisa från tillsatt animaliskt protein för att förbättra det färska brukets bearbetbarhet (Fig. 51).

TvK: Bindemedlet är likt det i bruksprov Dom Fö 2. Det består av rundade mörka formationer. Det kan vara musselskal, vilket inte blivit helt genombränt, utan bibehållit något av sin ursprungliga struktur.

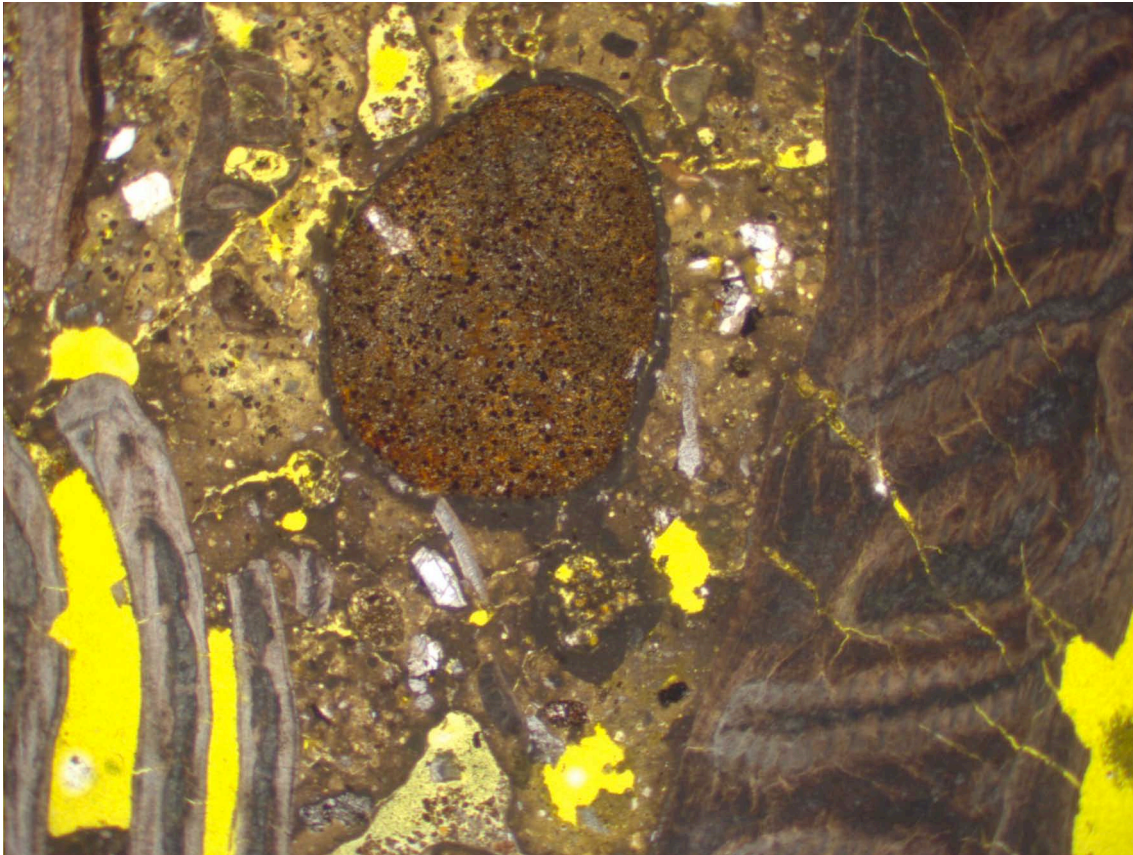


Fig. 50. Likhuset Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Lik Fö 2. Visar basisk partikel med mörk reaktionsrand. Bildytan motsvarar $8,3 \times 6,3 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.



Fig. 51. Likhuset Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Lik Fö 2. Visar material, förmodligen en benflisa av samma typ som i bruksprov Sock Fö 4. Det är förmodligen animaliskt protein. Bildytan motsvarar $5,3 \times 4 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet.

Sprickor och luftporer:

Inga krympsprickor. Rundade till oregelbundna porer. Stor mängd blandningsluft som långa luftfickor parallellt med provets yta. Kalcitbildning förekommer i vissa av de större porerna.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:1,5 (100:140) och torrsvikt 100/290, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 3 mm, dvs. den är grovkornig.

Yta:

Det finns ingen bearbetad yta i det analyserade provet.

Kemisk analys för bestämning av hydraulisk modul

Den kemiska analysen visade att detta prov består av 0,55 % kiseldioxid SiO_2 , 0,38 % aluminiumoxid Al_2O_3 , 0,09 % järnoxid Fe_2O_3 samt 48 % kalciumoxid CaO och 0,15 % magnesiumoxid MgO .

Hydraulisk modul:

0,04, dvs. det är ett luftkalkbruk.

Sockenkyrkan i Kirkjubøur (Fig. 52 och 53)



Fig. 52. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Översiktsbild åt nordost. Foto: Sölve Johansson 2007.



Fig. 53. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Översiktsbild invändigt åt öster. Foto: Sölve Johansson 2007.

Bruksprov Sock Fö 1

Introduktion

Mur/fogbruk. Västmuren invändigt, i det oputsade partiet i muren vid ingången åt norr (Fig. 54). Jmf prov 16 1989. Ej analyserat av Curt von Jessen.



Fig. 54. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Sock Fö 1. Mur/fogbruk. Västmuren, invändigt, från det oputsade partiet vid ingången till kyrkan. Jmf prov 16 1989. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Rosafärgat bruk med vita rester av musselskal och grov krossad och fin ballast. Det är hårt.

Bruksprov Sock Fö 2

Introduktion

Putsbruk. Nordmuren invändigt, i krypgrunden under koret under fönstret (Fig. 55). Jmf prov 15 1989. Ej analyserat av Curt von Jessen.



Fig. 55. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Sock Fö 2. Putsbruk. Nordmuren, invändigt, i krypgrunden under koret. Jmf prov 15 1989. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Rosafärgat bruk med vita rester av musselskal och krossad grov och fin ballast. Det är hårt.

Mikroskopisk analys

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 47 %, kalkklumpar 3 %, silikatballast 3 %, kalkstensballast 34 % och luft 13 %.

Bindemedel - pasta:

Mörk till mycket mörk pasta. Det finns minst en mörk hydraulisk kalklump (Fig. 56). Det finns ingen nybildning av kalcitkristaller på por- och sprickväggar.

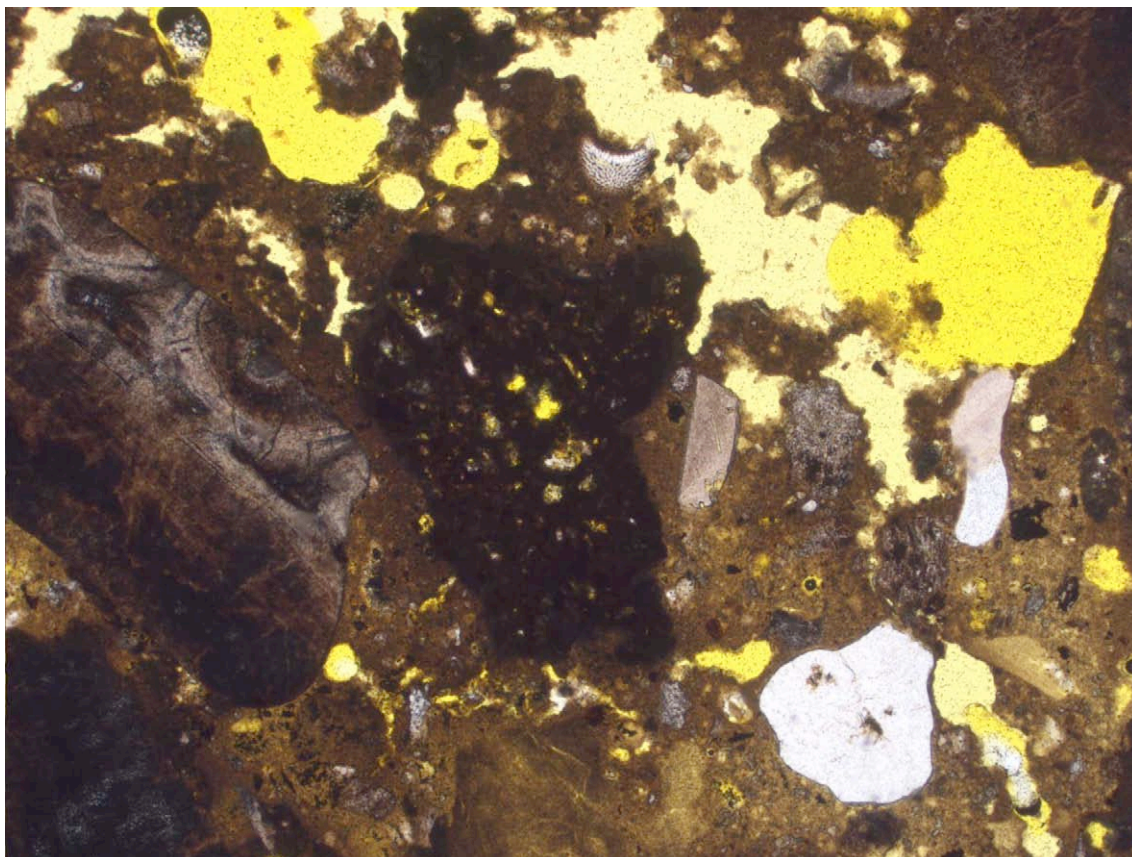


Fig. 56. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Sock Fö 2. Visar en mörk hydraulisk kalkklump. Bilden motsvarar $2,7 \times 2 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Ballast och tillsatsmaterial:

Finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt något större (2 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. I många fall består dessa partiklar till mycket stor del av malmmineral och plagioklas medan pyroxen och olivin har förbrukats vid bildningen av malmmineralen. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet.

Sprickor och luftporer:

Relativt många grövre sprickor och fickor med blandningsluft. Luftporerna är oregelbundna till tämligen rundade.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:1,5 (100:127) och torrsvikt 1:270, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 2 mm, dvs. den är finkornig.

Yta:

Det finns rester av kalkavfärgning på provets yta (Fig. 57).

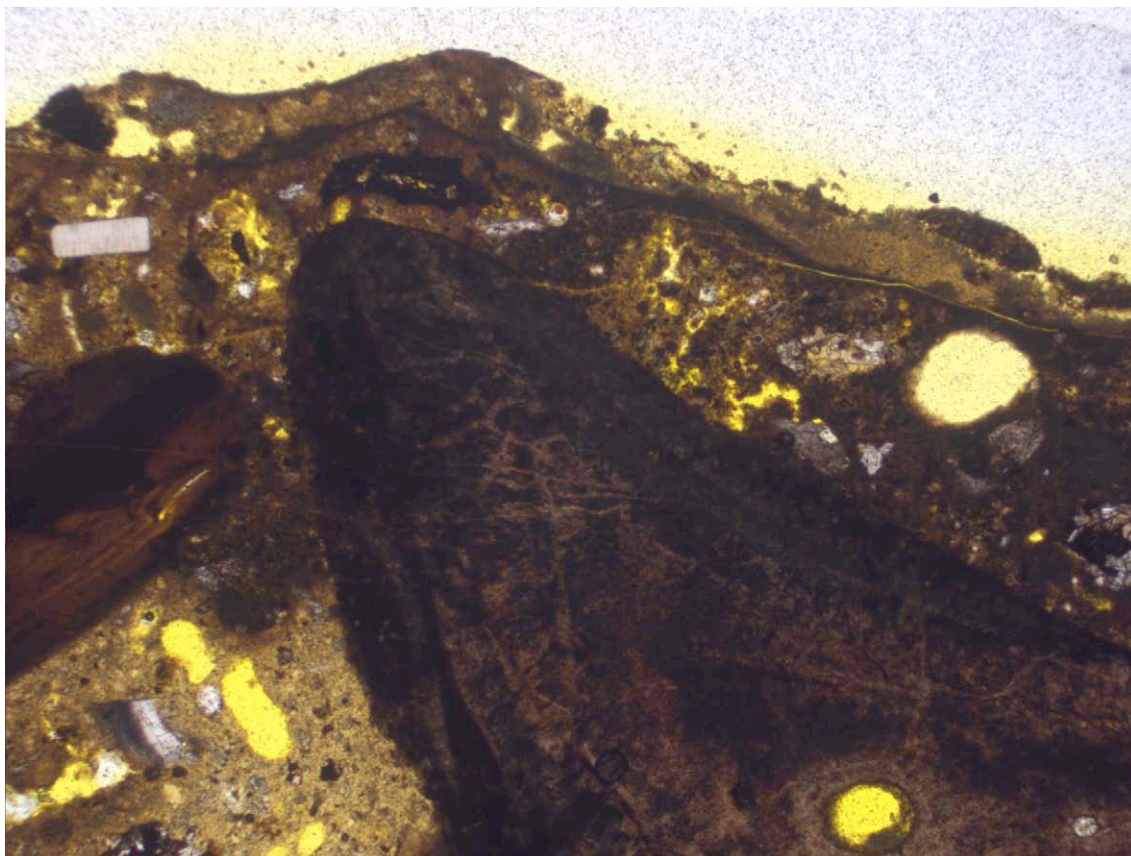


Fig. 57. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Sock Fö 2. Visar rester av kalkavfärgning. Bilden motsvarar 2,7 x 2 mm². Foto: SP 2008.

Kemisk analys för bestämning av hydraulisk modul

Den kemiska analysen visade att detta prov består av 0,29 % kiseldioxid SiO_2 , 0,26 % aluminiumoxid Al_2O_3 , 0,07 % järnoxid Fe_2O_3 samt 48 % kalciumoxid CaO och 0,44 % magnesiumoxid MgO .

Hydraulisk modul:

0,02, dvs. det är ett luftkalkbruk.

Bruksprov Sock Fö 3

Introduktion

Murbruk. Sydmuren invändigt, från grundsten i krypgrunden under koret under fönstret (Fig. 58).



Fig. 58. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Sock Fö 3. Murbruk. Sydmuren, invändigt, i krypgrunden under koret. Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Rosafärgat bruk med vita rester av musselskal och krossad grov och fin ballast. Det är hårt.

Mikroskopisk analys

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 48 %, kalkklumpar 4 %, silikatballast 4 %, kalkstensballast 36 % och luft 8 %.

Bindemedel - pasta:

Homogen pasta som jämfört med övriga prover är tämligen ljus. Det finns ingen nybildning av kalcitkristaller på por- och sprickväggar.

TvK: Bindemedlet liknar det i bruksprov Dom Fö 2. Det har inte så utpräglade runda formationer, men de finns. Därtill finns det i pastan små brunröda korn 0,01-0,05 mm, vilka kan vara järnföreningar, på samma sätt som i bruksprov Munk Fö 1.

Ballast och tillsatsmaterial:

Liten mängd finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt enstaka något större (4 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. Det finns ett basiskt korn som är omgivet av en mörk rand vilket indikerar att det är pozzolan (Fig. 59).

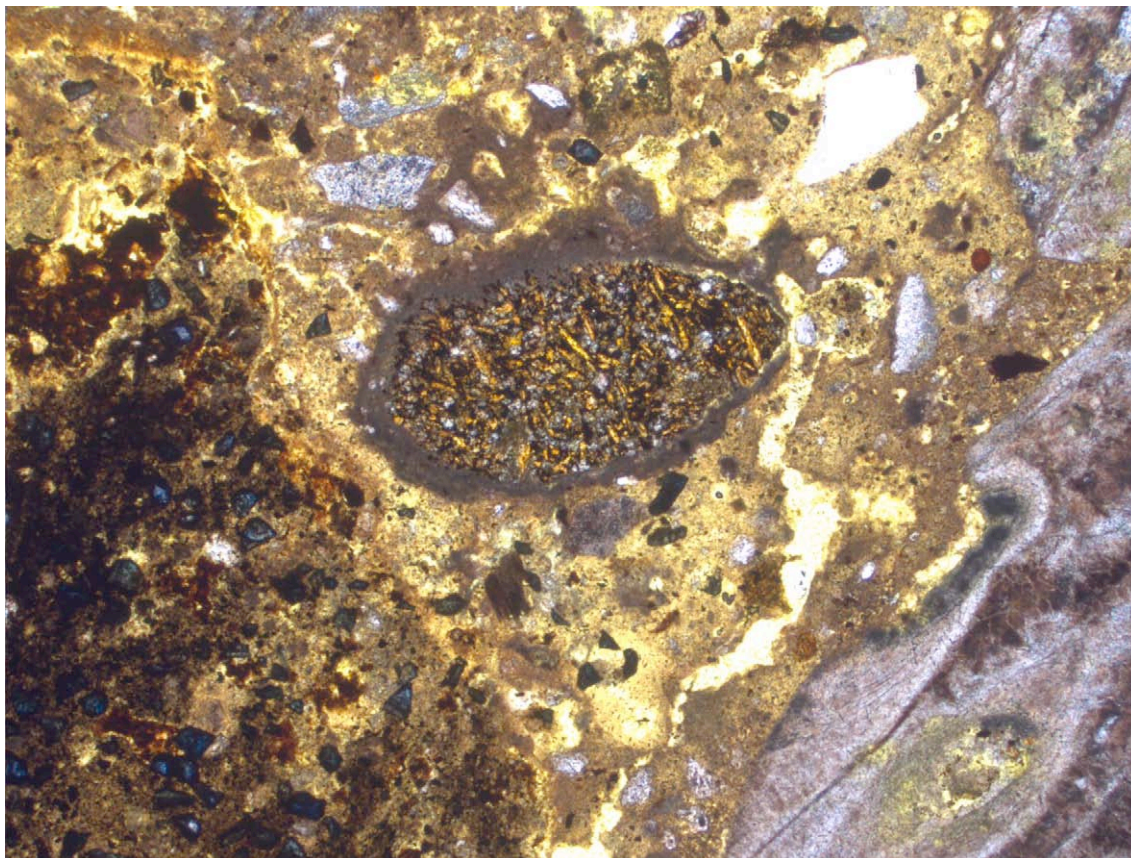


Fig. 59. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Sock Fö 3. Basiskt korn med mörk reaktionsrand. Bildytan motsvarar 2,7 x 2 mm². Foto: SP 2008.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet. Skalfragmenten är i olika grad av omvandling (Fig. 60).

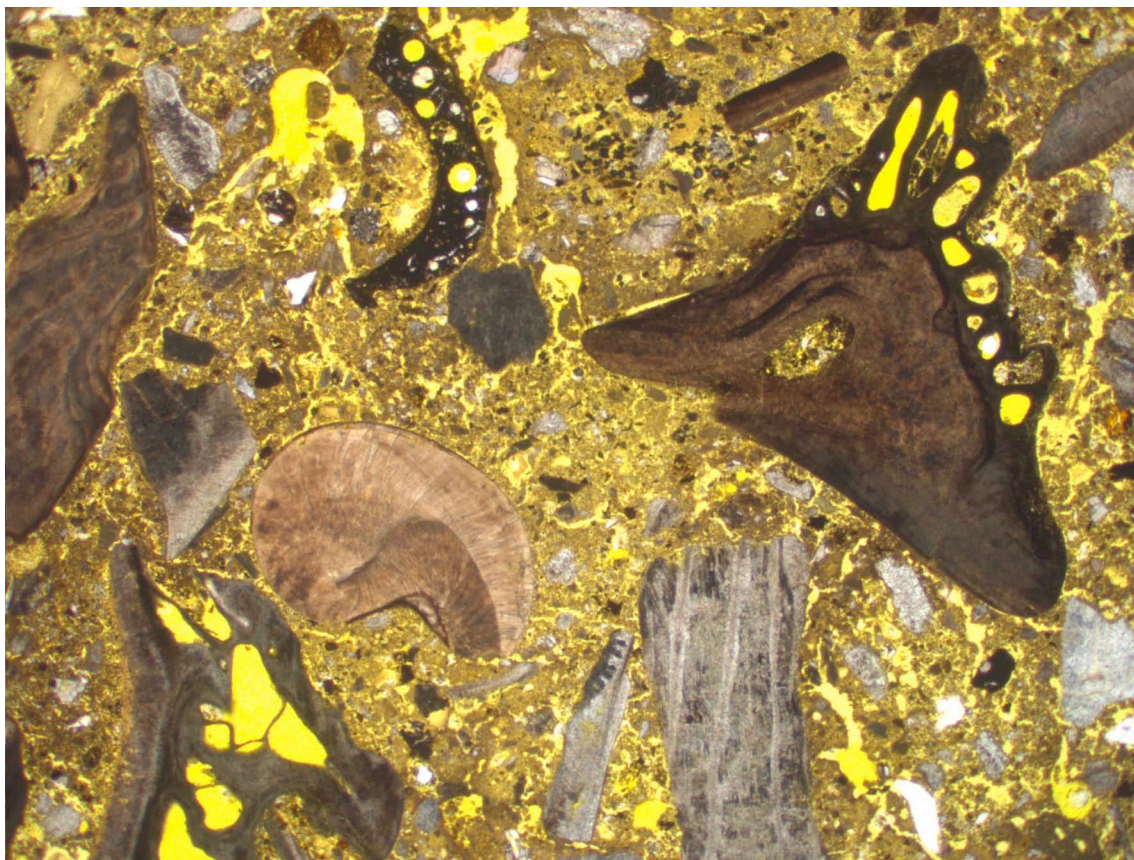


Fig. 60. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Sock Fö 3. Visar skalfragment med olika grad av omvandling. Bildytan motsvarar 8,3 x 6,3 mm². Foto: SP 2008.

Det finns enstaka kolpartiklar i provet (Fig. 61).

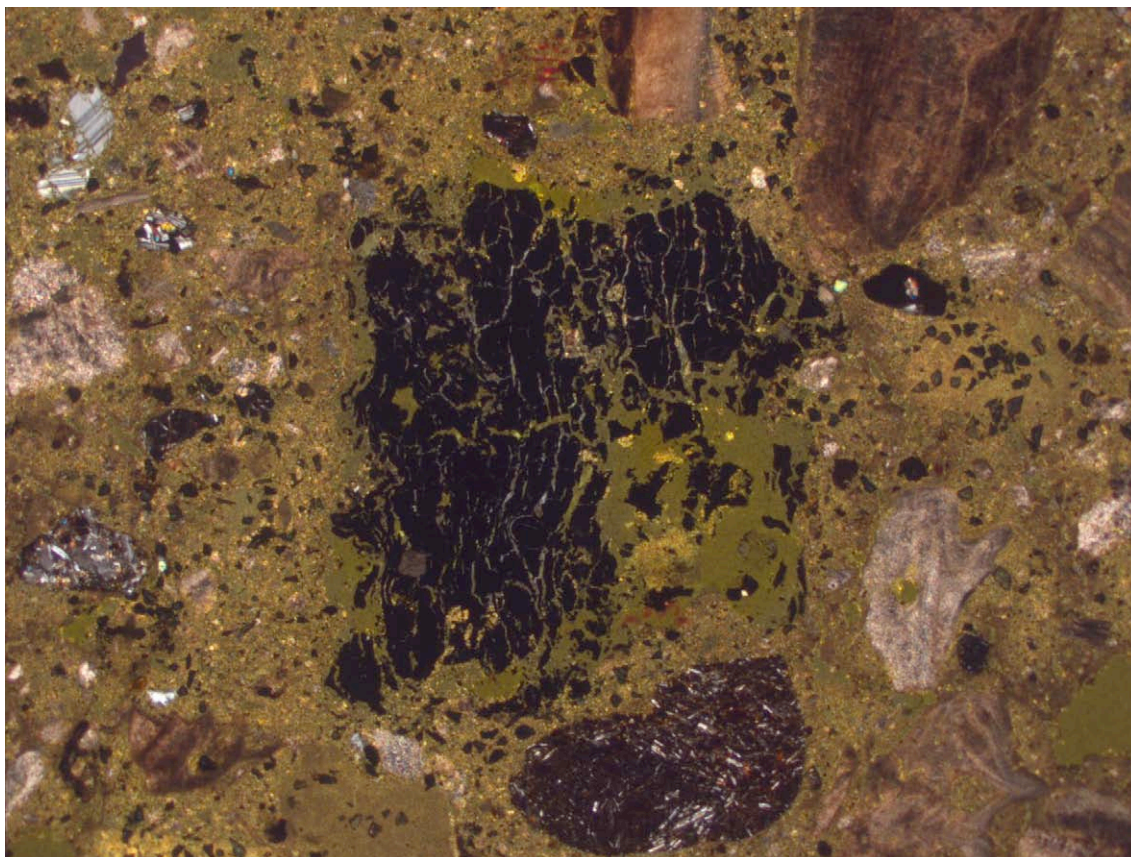


Fig. 61. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Sock Fö 3. Visar en kolpartikel i provet. Bildytan motsvarar $5,3 \times 4 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Sprickor och luftporer:

I vissa domäner är det relativt mycket krympsprickor. Luftporerna är något oregelbundna.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:1,5 (100:132) och torrsvikt 1:270, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 4 mm, dvs. den är mycket grovkornig.

Yta:

Det finns beläggning på provets yta som kan vara rester av kalkavfärgning.

Kemisk analys för bestämning av hydraulisk modul

Den kemiska analysen visade att detta prov består av 0,44 % kiseldioxid SiO_2 , 0,40 % aluminiumoxid Al_2O_3 , 0,13 % järnoxid Fe_2O_3 samt 47 % kalciumoxid CaO och 0,45 % magnesiumoxid MgO .

Hydraulisk modul:

0,04, dvs. det är ett luftkalkbruk.

Bruksprov Sock Fö 4

Introduktion

Putsbruk med grov spritputs. Utvändigt med okänt läge förvarat i låda med diverse bruksprover i krypgrunden under koret.

Okulär undersökning

Rosafärgat bruk med vita rester av musselskal och krossad grov och fin ballast. Yta med grov spritputs. Det är mycket hårt.

Mikroskopisk analys

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 37 %, kalkklumpar 4 %, silikatballast 10 %, kalkstensballast 36 %, kol 0 %, okänt material 7 % och luft 6 %.

Bindemedel - pasta:

Relativ ljus till mörk tämligen inhomogen pasta. Det finns ingen nybildning av kalcitkristaller på por- och sprickväggar.

TvK: Det finns i pastan små brunröda korn 0,01-0,05 mm, vilka kan vara järnföreningar, likt bruksproven Sock Fö 3 och Munk Fö 1.

Ballast och tillsatsmaterial:

Relativt liten mängd finkorniga (max 0,5 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt större (6 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. I många fall består dessa partiklar till mycket stor del av malmmineral och plagioklas medan pyroxen och olivin har förbrukats vid bildningen av malmmineralen. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår. Det finns även ett granitiskt fragment i provet.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet.

Det finns även ett centimeterlångt band som inte är identifierat (Fig. 62).

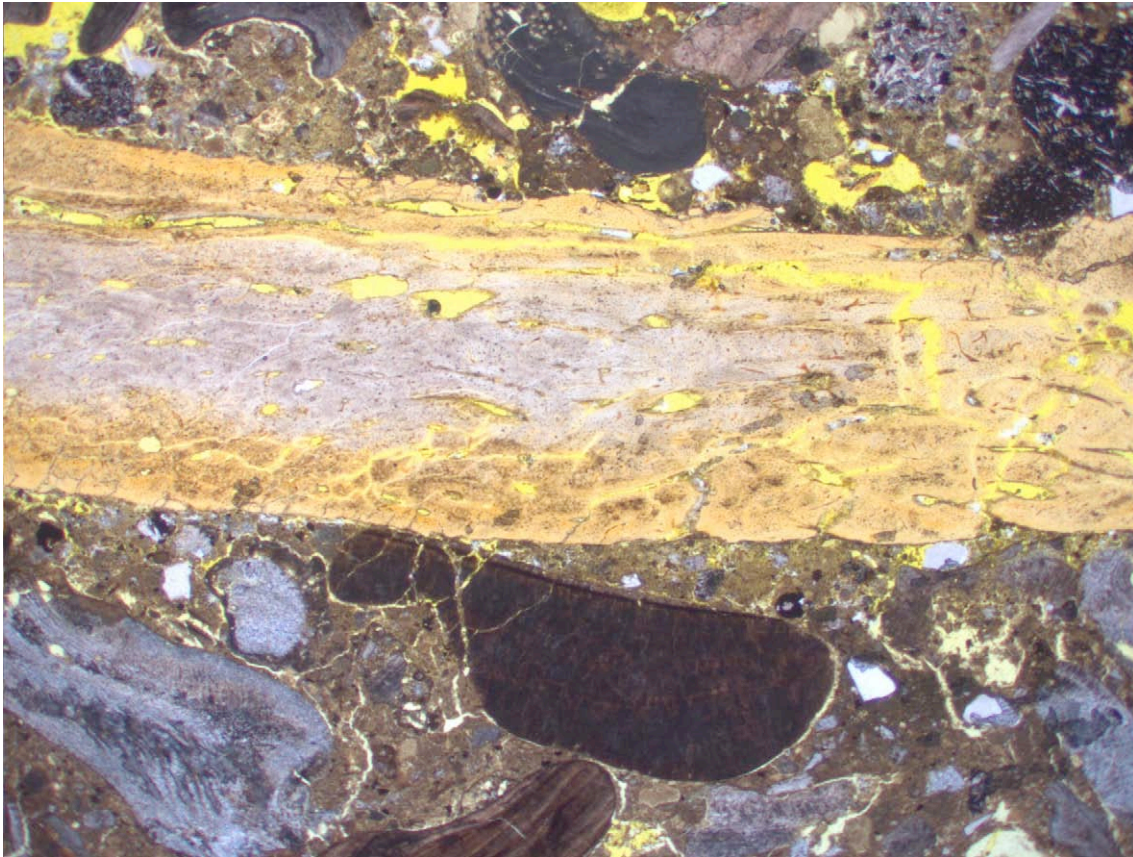


Fig. 62. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Sock Fö 4. Visar ett oidentifierat band. Bildytan motsvarar $2,7 \times 2 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Sprickor och luftporer:

En del krympsprickor men även större sprickor som ofta är vidhäftningssprickor vid skalgrus och större ballastpartiklar.

TvK: I sin helhet har bindemedlet en tät struktur.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:2 (100:180) och torrsvikt 100/370, dvs. det är ett fett bruk. Ballasten är max 6 mm, dvs. den är mycket grovkornig.

Yta:

På provets yta finns ett 0,1-0,5 mm tjockt rosafärgat isotropt skikt (Fig. 63). Enligt SEM/EDS-analys innehåller ytskiktet 10 % kisel, 1 % natrium, 1 % kalcium samt kol och syre. Det har därmed en sammansättning som motsvarar silikatglas (vattenglas eller silikatfärg), där kalcium upptagits från bruket och kol kan vara limimpregnering. Här finns även ett material av samma typ som i bruksprov Lik Fö 2. Enligt samma typ av analys består materialet av kalcium och fosfor. Det kan vara en benflisa från tillsatt animaliskt protein för att förbättra det färska brukets bearbetbarhet.

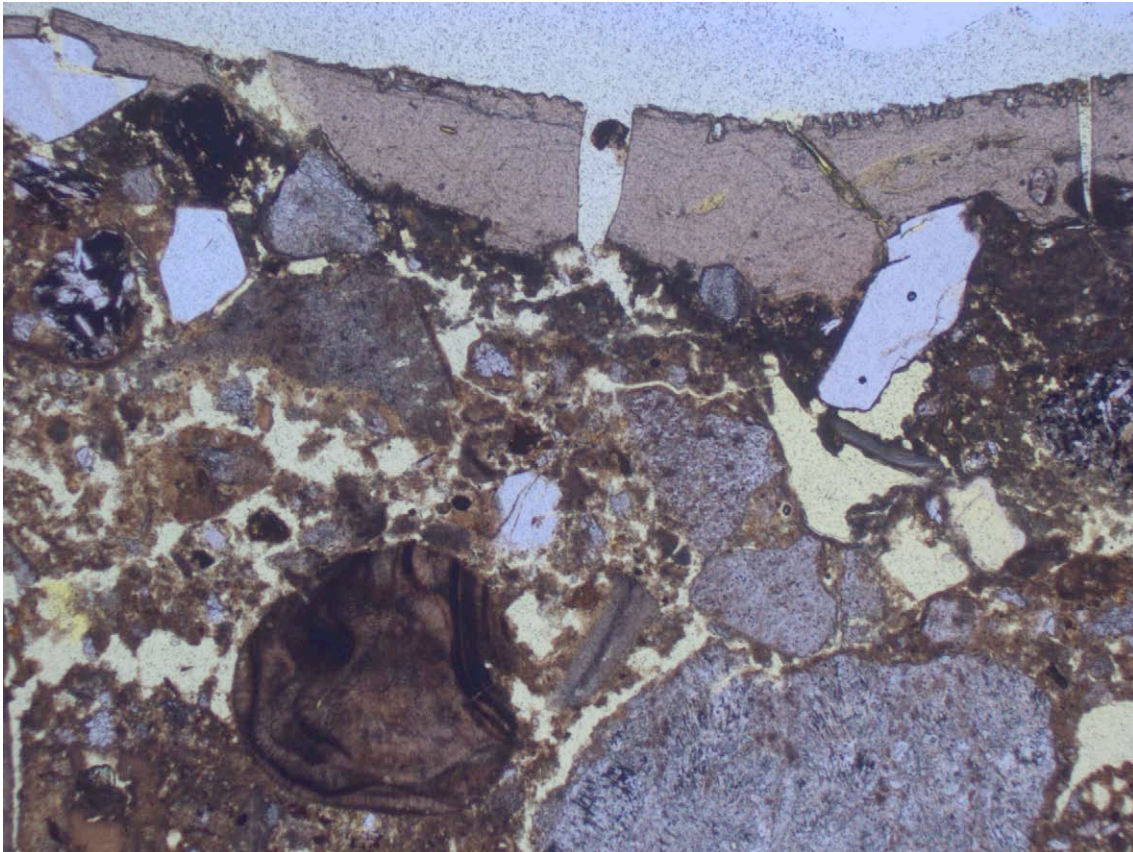


Fig. 63. Sockenkyrkan i Kirkjubøur Färöarna. Bruksprov Sock Fö 4. Visar ytan med rosafärgat isotropt skikt samt ett material, förmodligen en benflisa av samma typ som i bruksprov Lik Fö 2. Det är förmodligen animaliskt protein. Bildytan motsvarar $2,7 \times 2 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Munkastovan på Tinganes i Torshavn (Fig. 64)



Fig. 64. Munkastovan på Tinganes Färöarna. Översiktsbild åt nordväst. Foto: Sölve Johansson 2007.

Bruksprov Munk Fö 1

Introduktion

Mur/fogbruk. Nordmuren utvändigt, ca 1,5 meter från västgaveln och 75 cm från marken. (Fig. 65).



Fig. 65. Munkastovan på Tinganes i Torshavn Färöarna. Bruksprov Munk Fö 1 och 2. Mur/fogbruk. Nordmuren, utvändigt, mellan stenskärv "klipur". Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Rosafärgat bruk med vita rester av musselskal och krossad grov och fin ballast. Ljusare (vit) yta. Det är hårt.

Mikroskopisk analys

Volymandelar olika komponenter kvantitativ analys:

Bindemedel - pasta 58 %, kalkklumpar 2 %, silikatballast 9 %, kalkstensballast 18 % och luft 12 %.

Bindemedel - pasta:

Mörk till mycket mörk inhomogen pasta (Fig. 66). Det finns endast en liten nybildning av kalcitkristaller på por- och sprickväggar.

TvK: Bindemedlet är likt det i bruksprov Dom Fö 2. Därtill finns det i pastan små brunröda korn 0,01-0,05 mm, vilka kan vara järnföreningar. Mycket inhomogent.

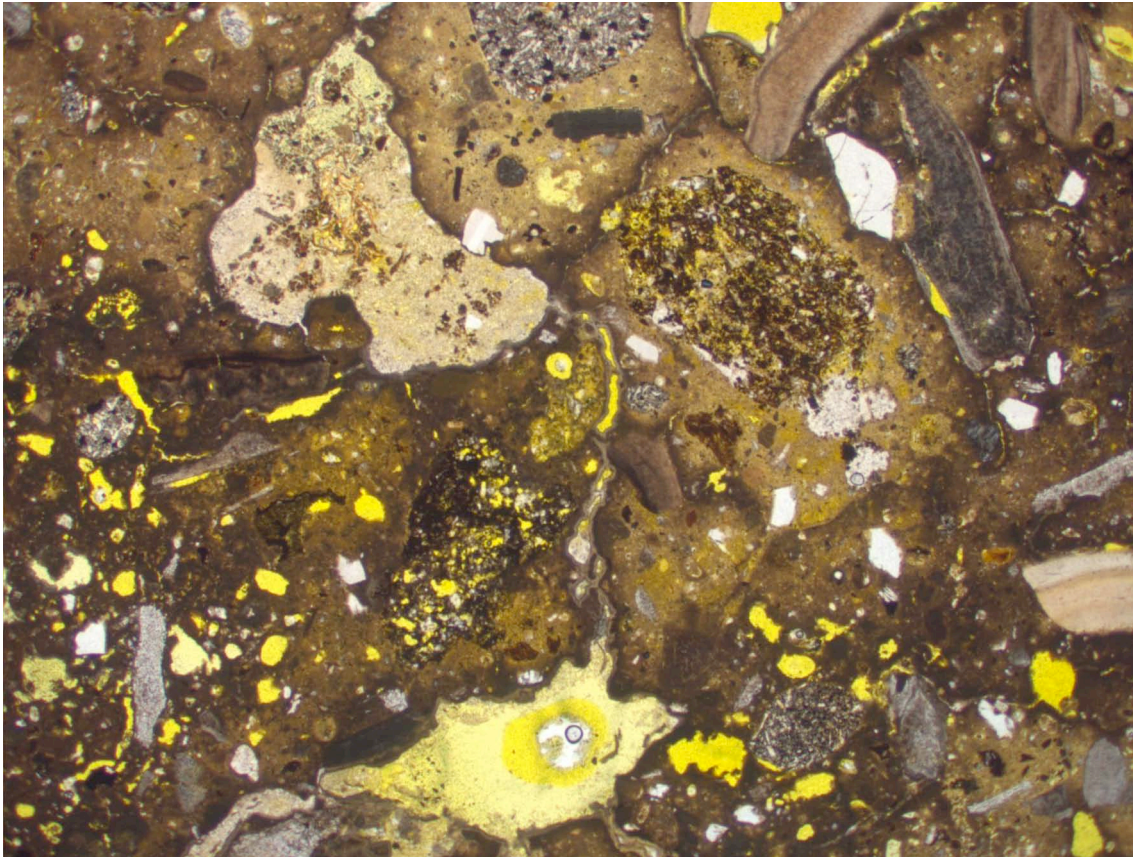


Fig. 66. Munkastovan på Tinganes i Torshavn Färöarna. Bruksprov Munk Fö 1. Visar den inhomogena mörka till mycket mörka pastan. Bildytan motsvarar 8,3 x 6,3 mm². Foto: SP 2008.

Ballast och tillsatsmaterial:

Liten mängd finkorniga (max 1 mm) partiklar med kubisk kantig form av fältspat samt större (2 mm) mer rundade basiska bergartsfragment med olivin, pyroxen och fältspat. I många fall består dessa partiklar till mycket stor del av malmmineral och plagioklas medan pyroxen och olivin har förbrukats vid bildningen av malmmineralen. Bergartsfragmenten ser i vissa fall ut att reagera med pastan så att endast ett skelett av främst malmmineral återstår.

Det finns dessutom större partiklar av skalfragment. Skalfragmenten ger ett intryck av att varit utsatta för upphettning. Vissa har sprickmönster som tyder på en volymminskning i materialet. Färg och struktur går från partiklar som är tydligt kalcitpartiklar till de som närmast liknar kalkpastan i provet.

Sprickor och luftporer:

Inga krympsprickor. Rundade till oregelbundna porer (Fig. 67). Stor mängd blandningsluft som långa luftfickor parallellt med provets yta. Kalcitbildning i vissa av de större porerna.

TvK: Sprickorna har vuxit igen av kalcitbildning. Det är väldigt mycket salt i en del av luftporerna.

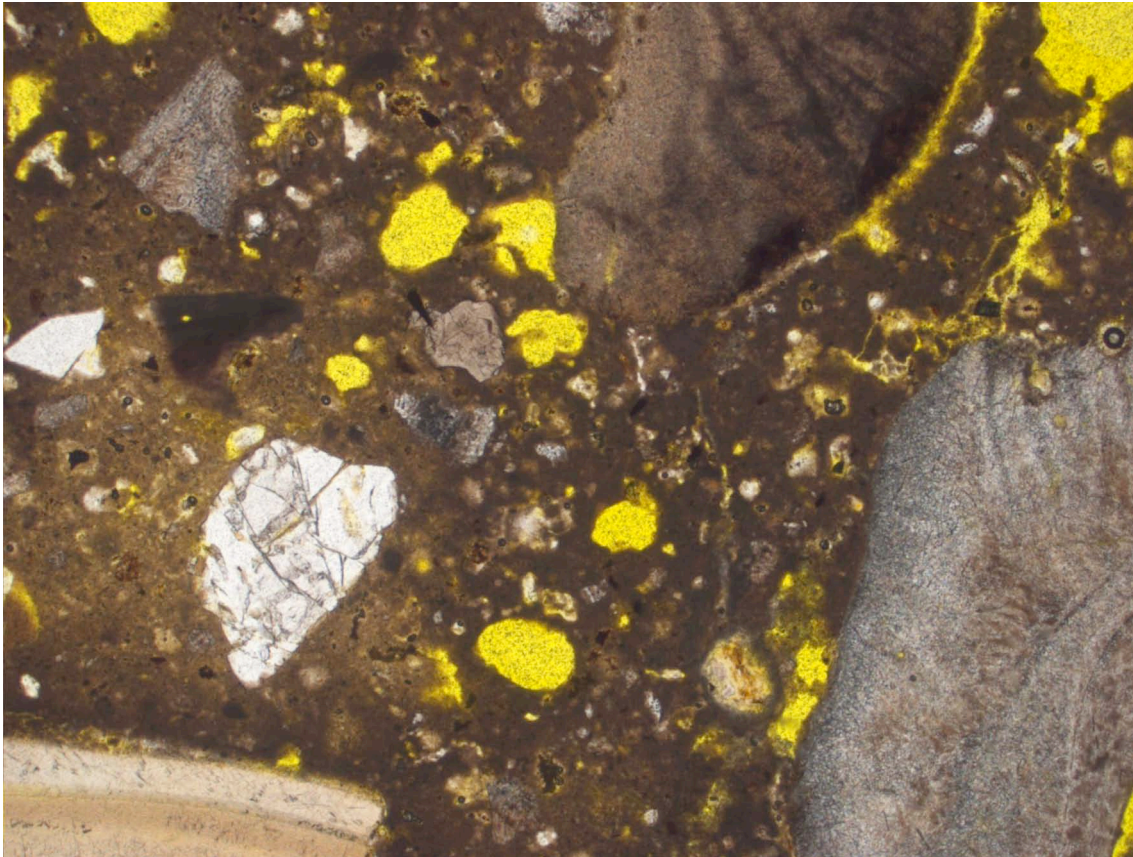


Fig. 67. Munkastovan på Tinganes i Torshavn Färöarna. Bruksprov Munk Fö 1. Visar rundade till oregelbundna luftporer. Bildytan motsvarar $2,7 \times 2 \text{ mm}^2$. Foto: SP 2008.

Blandningsförhållande/ballastens storlek:

Bindemedel/ballast, volym 1:0,8 (100:73) och torrsvikt 1:150, dvs. det är ett mycket fett bruk. Ballasten är 2 mm, dvs. den är finkornig.

Yta:

Det finns ingen bearbetad yta i det analyserade provet.

Kemisk analys

Den kemiska analysen visade att detta prov består av 0,49 % kiseldioxid SiO_2 , 0,30 % aluminiumoxid Al_2O_3 , 0,14 % järnoxid Fe_2O_3 samt 50 % kalciumoxid CaO och 0,68 % magnesiumoxid MgO .

Hydraulisk modul:

0,03, dvs. det är ett luftkalkbruk.

Bruksprov Munk Fö 2

Introduktion

Mur/fogbruk. Nordmuren utvändigt, ca 2 meter från västgaveln och 75 cm från marken (Fig. 68).



Fig. 68. Munkastovan på Tinganes i Torshavn Färöarna. Bruksprov Munk Fö 1 och 2. Mur/fogbruk. Norrmuren, utvändigt, mellan stenskärv "*klipur*". Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Rosafärgat bruk med vita rester av musselskal och krossad grov och fin ballast. Det är hårt.

Bruksprov Munk Fö 3

Introduktion

Mur/fogbruk. Nordmuren utvändigt, ca 2,5 meter från västgaveln och 75 cm från marken (Fig. 69).



Fig. 69. Munkastovan på Tinganes i Torshavn Färöarna. Bruksprov Munk Fö 3. Mur/fogbruk. Nordmuren, utvändigt, mellan stenskärv "klipur". Foto: Sölve Johansson 2007.

Okulär undersökning

Rosafärgat bruk med vita rester av musselskal och krossad grov och fin ballast. Ytputs. Det är hårt.

Kommentarer - slutsatser

Allmänt

Bindemedlet är i samtliga bruk kalk från brända musselskal. Detta visas av de gradvisa övergångarna från musselskal till kalkpasta som finns i flera av proverna. Denna tolkning skiljer sig från den som Jørn Bredal-Jørgensen gjorde 1998. Men i den nu aktuella undersökningen har vi haft möjlighet att studera ett stort antal prover medan Jørn endast hade ett tunnslip att tillgå.

I Nordeuropa har bränning av musselskal för kalktillverkning i kalkstensfattiga områden varit känd sedan förhistorisk tid och pågick i delvis stor skala intill mitten av 1930-talet. Carl von Linné beskrev i sin Västgöta resa 1746, som även inkluderade Bohuslän, hur kalkbränningen av musselskal gick till i detta landskap. I Bohuslän, där kalksten saknas,

finns skalbankar från vilka man tog skal för bränning utan ugn. Den brända kalken våtsläcktes och användes för tillverkning av såväl mur- som putsbruk och kalkfärg. På Färöarna brändes musselskal *skilp* i en kalkugn i Skilpeheyggi på Hvitanes fram till 1920-talet. I flera andra områden i världen pågår sådan bränning fortfarande.

SEM/EDS-analys visar att pastakemin är mycket inhomogen med avseende på kalcium/kiselförhållandet. Det gör att även i de prover som har hög halt syralösligt kisel finns mikrodomäner med låg halt kisel i pastan. Detta tyder på att det syralösliga kisel som finns i vissa bruk kommer från en puzzolan tillsats snarare än från ett hydrauliskt bindemedel. Det rör sig i dessa fall således om puzzolankalkbruk. Det stöds även av att det finns vulkaniska bergarter på Färöarna som har potential att ge en puzzolan effekt. De kan ha använt vulkanisk aska eller tuff som tillsats. Bruken är genomgående mycket starka och har tidigare beskrivits som betongaktigt hårda. Bruksproverna Dom Fö 1 och 12 har högst halt syralösligt kisel. Det skiljer i hur mörk pastan i proven är. Det finns inget i strukturen som antyder att de som grupp skiljer ut sig från övriga bruk. Den höga halten och jämna fördelningen av kisel och aluminium i bruksprov Dom Fö 12 stärker tolkningen av bruken som puzzolankalkbruk.

Jørn Bredal-Jørgensen pekar på att det finns vulkaniskt glas i det av honom analyserade bruket. Den färöiska basalten vittrar lätt, och den glasaktiga delen med olivin ombildas lätt till sekundärmineraler, särskilt lermineraler. Den omvandlade basalten kan ha påverkat de analyserade bruksproverna, särskilt murkärnebruket Dom Fö 12. Frågan är om det skett en omvandling kraftigare djupt inne och i skydd i muren än närmare ytan. Detta gäller i så fall framför allt det nedre murkärnebruket som Jørn Bredal-Jørgensen analyserat (Dom Fö 13). Bruksprov Dom Fö befinner sig upptill och är mer utsatt.

Det finns ytterligare förklaringsmöjligheter. När man analyserar syraslösliga komponenter i bruk finns det ett flertal olika metoder baserade på olika syror, koncentrationer, temperaturer etc för upplösningen av proverna. Olika metoder fungerar olika bra för de olika bindemedel som finns. Här kan finnas en möjlighet att de mer väder- och fuktutsatta ytliga putserna kan ha omkristalliserats så att de bildat faser som inte löst sig i det upplösningsförfarande vi använt. Fördelen med den använda metoden är att den inte löser ut kisel ur ballasten, vilket kan leda till för hög kiselhalt i analysen och därmed indikera för hög hydraulisk modul, men i vissa fall löser den inte allt kisel i provet.

Domkyrkoruinen

Murkärnebruket har en hydraulisk modul på 0,63, dvs det motsvarar ett moderat hydrauliskt kalkbruk och har det högsta värdet av de undersökta bruken. Murbrukens hydrauliska modul har ett medelvärde på 0,4 (svagt hydrauliska kalkbruk) och putsbrukens medelvärde ligger på 0,1 (luftkalkbruk). Detta tyder på att man medvetet valt att använda de olika bruken logiskt med avseende på styrka och hydraulicitet. Medelvärdet för samtliga bruk är 0,3 (subhydrauliska kalkbruk/svagt hydrauliska kalkbruk). Karaktäriserar man bruken efter tunnslipsanalys är mur- och putsbruken så gott som identiska. Frapperande är bl a att murkärnebruket i bruksprov Dom Fö 12 inte alls ser ut som ett klart hydrauliskt bruk med sin ljusa pasta. Enligt Jan Erik Lindqvists analyser av prover med låg hydraulisk modul antyder dessa att det finns hydrauliska komponenter även i dessa men att de är osäkra att bestämma.

Fogbruken är till största delen utformade som utstrukna fogar (fog/putsbruk) med horisontellt applicerad stenskärv *klipur* av basalt, som inte mer än marginellt täcker stenblocken. Men det finns även rester av väggputs, bl a i sydmurens två portaler och dörren till sakristian, som i varje fall delvis kan ha varit heltäckande (Fig. 70). Normalt består putsbruken av två ursprungliga skikt. I flera fall förekommer vad som kan tolkas som kalkfärg, men det kan lika gärna vara resultatet av ett lakningsfenomen.



Fig. 70. Domkyrkoruinen i Kirkjubøur Färöarna. Putsbruk, heltäckande på stenytor, sydmuren, invändigt öster om västportalen ca 1 meter från marken. Foto: Sölve Johansson 2007.

Bruksprov Dom Fö 8 från den sekundärt igensatta fönsteröppningen i sakristians västmur har en ljusare pasta i jämförelse med övriga prover. I övrigt är det inte möjligt att uttala sig om olika byggnadsetapper mot bakgrund av utförda analyser.

Likhuset, Sockenkyrkan och Munkastovan

Det finns en skillnad mellan bruken på Domkyrkoruinen och de övriga bruken, vilka i viss mån mer liknar medeltida kalkbruk från övriga Norden. Det gäller särskilt det mycket feta luftkalkbruket på Munkastovan Munk Fö 1 (mur/fogbruk). Sockenkyrkans och Munkastovans bruk är samtliga rosafärgade, vilket skiljer dem från alla andra bruk både på domkyrkoruinen och Likhuset. Det rosafärgade ytskiktet på dessa prover består av kisel (ca 10 %), natrium (ca 1 %) och kalcium (ca 1 %), där kalcium upptagits från bruket, och har därmed en sammansättning som motsvarar silikatglas, dvs vattenglas eller silikatfärg. Man har strykt vattenglas på puts eller målat med silikatfärg sedan 1800-talet. Frågan när man applicerat vattenglas eller silikatfärg på de aktuella murverken borde kunna besvaras genom arkivundersökningar. Bruken på Likhuset Lik Fö 2 (mur/putsbruk) och Sockenkyrkan Sock Fö 4 (putsbruk) innehåller material, förmodligen benflisor som kan vara tillsatt animaliskt protein för att förbättra det färska brukets bearbetbarhet, vilket inte finns i domkyrkoruinens bruk. Benflisan kan även ha funnits i

sanden. Det enda bruksprovet Sock Fö 3 med kolpartiklar är från Sockenkyrkan. Kol kan ha använts som bränsle vid kalkbränningen. Det finns en lokal förekomst av kol på Färöarna. I annat fall kan lokalt förekommande torv ha använts som bränsle. Munkastovans bruksprov Munk Fö 1 innehåller salt, förmodligen sulfat, inte natriumklorid, vilket inga andra bruksprover inkluderar. Det kan förklaras med byggnadens skyddade läge på Tinganes som skiljer sig från byggnaderna i Kirkjubøur där saltet sköljs av pga det regnutsatta läget.

Fortsatta undersökningar och analyser

Jämförande undersökningar bör göras av skalkalk i andra delar av Nordeuropa, både ur historisk synpunkt och vad gäller tekniska egenskaper, så att de färöiska bruken kan placeras i sitt rätta sammanhang. Samma sak gäller kunskapen om puzzolankalkbruk baserade på vulkaniska bergarter såsom vulkanisk aska eller tuff som puzzolan, så att man eventuellt kan förklara vilka influenser som kan ha funnits. Frågan är bl a hur medvetet man på Färöarna under medeltiden använde dessa puzzolan för att producera och använda det puzzolankalkbruk som domkyrkoruinen består av. Bruksanalyser erfordras.

Som led i dessa undersökningar bör bränning och släckning av musselskal utföras, samt provblandning med musselskal som bindemedel och lokala sandblandningar från Färöarna.

Stor osäkerhet råder kring resultatet av de kemiska analyserna och överensstämmelsen mellan mikroskopiska och kemisk analys, som är mindre god. Detta problem påpekade Sölve Johansson även i sin doktorsavhandling om hydrauliskt kalkbruk 2006. Möjligen kan det göras kompletterande kemiska analyser på ett laboratorium som använder en annan metod för kemisk analys. Andra tänkbara undersökningar än de utförda är t ex röntgendiffraktion, för att förklara brukens hårdhet. Ny tunnslipsanalys inklusive kemisk och SEM/EDS-analys bör göras av bruksprov Dom Fö 13 (Jørn Bredal-Jørgensens prov), dvs från murkärnans nedre och mer skyddade läge. Det borde göra provet mer jämförbart med bruksprov Dom Fö 12 från murkärnans övre del, så att vi får en mer klar bild av dessa bruk där omvandlingen av basalten antas ha orsakat den höga hydrauliska modulen. Pga att bruken innehåller rikligt med musselskal kan datering enligt C^{14} -metoden inte utnyttjas.

Bruksundersökningen bör utvidgas så att den även omfattar källaren till den medeltida Kungsgården och kringliggande murar.