

# Förekomsten av utfällningar på måleriskikt

En studie av Holdhus kyrkas predikstol

**Amanda Svanberg**

Uppsats för avläggande av filosofie kandidatexamen i  
Kulturvård, Konservatorprogrammet

15 hp

Institutionen för kulturvård  
Göteborgs universitet

2013:11





Förekomsten av utfällningar på måleriskikt  
En studie av Holdhus kyrkas predikstol

Amanda Svanberg

Handledare: Yvonne Fors

Kandidatuppsats, 15 hp  
Konservatorsprogrammet  
Lå 2012/13



Program in Integrated Conservation of Cultural Property  
Graduating thesis, BA/Sc, 2013

By: Amanda Svanberg  
Mentor: Yvonne Fors

Presence of precipitations on paint layers  
A case study of the pulpit in Holdhus Church

## ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to investigate and describe the occurrence of different precipitations on paint layers by advanced analytical methods. The impact these precipitations have on painting layers as degrading agents, are also of great interest.

During internship at NIKU in Oslo, Norway, some samples were taken from the pulpit in Holdhus church. The paint was curling up and detached from the wood. When looking closer at the samples in microscope something that looked like crystalloid formations appeared. This bachelor thesis gave the opportunity to investigate the occurrence of crystals and other precipitations on paint layers and their degradation effects.

Through the literature study indications are given to what kind of crystals and perspirations one can find on a painted surface. Also factors that influence the formation of these reaction products are presented.

This thesis includes a case study of Holdhus church's pulpit. For the analysis microscope, scanning electron microscope- Energy dispersive X-ray (SEM-EDX), fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and X-ray diffraction (XRD) have been used in attempts to investigate the presence of precipitations that derive from the paint layer. Because of the samples' size, composition and time limitations, the use of FTIR and XRD have been limited in this study. Some suggestions to the origin of the precipitations found on the painting layer are presented, together with some theories based on the literature studies.

The results from the analysis were inconclusive, as they could support neither the presence nor the absence of fatty acids or true crystals on the paint layer. However, other interesting observations made are discussed.

Title in original language: Förekomsten av utfällningar på måleriskikt

En studie av Holdhus kyrkas predikstol

Language of text: Swedish

Number of pages: 33+ appendix

Keywords: Holdhus church, crystals, fatty acid, precipitation, paint layer, XRD, SEM, FTIR

ISSN 1101-3303

ISRN GU/KUV—13/11--SE



## Förord

Denna uppsats hade nästintill varit omöjlig att genomföra utan hjälp av kunniga och välvilliga människor, särskilt när man själv känner att man är ute på djupt vatten. Detta hade helt enkelt inte varit möjligt utan er, därför vill jag tacka:

Målerikonservern och forskaren Mille Stein på NIKU, som gav mig möjligheten att arbeta med prover från Holdhus kyrka under min praktik hos NIKU. Jag är mycket tacksam för alla råd och tips som jag har fått och det intresse för Mille visat för min studie. Utan Milles samt Forntidminneforeningens och Riksantikvarens godkännande hade inte fallstudien varit möjlig att genomföra. Personalen på Hålandsdalen leirskole är värd all uppskattning för det fina välkommandet jag fick då jag besökte Holdhus kyrka. Johan Winkler förtjänar all ros för alla de fantastiska bilder han tagit åt mig i Holdhus kyrka och för att han alltid ställer upp för mig och finns där.

Jag är även mycket tacksam för alla hjälp jag fått från Jonny Bjurman med analyser i SEM-EDX samt FTIR och nedladdning av klimatdata. Rodney Stevens professor vid geovetarcentrum, ska även han ha ett stort tack för hjälp med analysen i XRD.

Den mycket trevliga och kunniga personalen på geovetenskapliga biblioteket ska tackas för sin strålande service. Tack även till Lotta Hanner Nordstrand för din eviga entusiasm och kunskap i de förberedande kurserna inför denna uppsats.

Sist men inte minst ett stort tack till min flexibla och uppmuntrande handledare Yvonne Fors för alla givande samtal och fantastiska kontakter som hjälpt mig på vägen fram till detta arbete.

Amanda





# INNEHÅLL

1. INLEDNING .....	9
1.1 Bakgrund .....	9
1.2 Syfte och frågeställning .....	9
1.3 Metod .....	9
1.4 Tidigare forskning .....	9
1.5 Disposition .....	10
1.6 Avgränsningar .....	10
2. Utfällningar .....	11
2.1 Kristaller .....	11
2.1.1 Kristallisation .....	11
2.1.2 Indelning och analys .....	12
2.1.3 Salter .....	12
2.2 Begrepp .....	12
2.3 Utfällningar i målerikontext .....	13
2.3.1 Sammanfattning gällande tidigare studier .....	16
3 FALLSTUDIE .....	17
3.1 Holdhus kyrka .....	17
3.2 Klimat och geografisk placering .....	17
3.3 Predikstolen .....	18
3.4 lakttagelser .....	19
3.5 Provtagning .....	20
4 ANALYSER .....	21
4.1 Mikroskop .....	21
4.2 SEM-EDX .....	22
4.3 FTIR .....	23
4.4 XRD .....	24
4.5 Sammanställning av resultat .....	25
4.6 Felkällor vid analyser .....	26
5 DISKUSSION .....	27
6 SAMMANFATTNING .....	29
7. Figur- och tabellförteckning .....	31
8. Käll- och litteraturförteckning .....	32
Bilagor .....	34
BILAGA I: Bilder från provtagningen .....	34
BILAGA II. SEM-EDX analys .....	35
BILAGA III. Spektra från FTIR .....	40
BILAGA IV. Resultat från XRD .....	42
BILAGA V: Klimatdata från Tiny tag .....	44



# 1. INLEDNING

I detta inledande kapitel förklaras mitt intresse för ämnet och hur det har uppkommit samt vad som är syftet med uppsatsen. De tidigare studier som ligger till grund för arbetet presenteras. Metod, avgränsningar samt dispositionen förklaras.

## 1.1 Bakgrund

Under min praktikperiod på NIKU (Norsk Institutt for Kulturminneforskning) i Oslo, Norge, fick jag vid ett tillfälle titta närmare på några färgflagor från Holdhus kyrkas predikstol. Man ville ha dessa analyserade för att komma fram till varför färgen krullade sig och släppte från det underliggande träet. Detta var som en del i ett förarbete till den konservering som senare skulle utföras. Man ville veta vad som orsakade skadorna för att kunna avgöra vilket konserveringsmedel man skulle använda sig av. Då jag tittade närmare på proverna i mikroskop såg jag vad jag tyckte liknade kristallbildningar. Detta fångade mitt intresse eftersom jag inte hade sett något liknade förut. Denna uppsats har gett mig möjlighet att utforska kristallers och andra utfällningars uppkomst och skadebilder på måleri som kan kopplas till dem.

## 1.2 Syfte och frågeställning

Syftet var att utreda hur utfällningar och kristaller generellt uppstår i målerikontext. Dessutom att ta reda på vad utfällningarna på Holdhus kyrkas predikstol bestod av och hur de uppkommit. Eventuella skadebilder som kan kopplas till kristallbildningar och andra utfällningar på ett måleri har också varit en central fråga i denna uppsats.

## 1.3 Metod

I detta arbete ingår en litteraturstudie, där bland annat databaserna Scopus och Libris använts för att hitta artiklar och böcker som varit intressanta i ämnet. Jag har även fått ta del av tillstånds- och konserveringsrapporter rörande predikstolen från NIKU. Som en del av arbetet med fallstudien så har tillstånd sökts för att få lov att ta färgprover på predikstolen. Holdhus kyrka är automatiskt skyddad enligt lag i Norge, vilket innebär att det behövdes tillstånd från både Riksantikvaren i Oslo och ägaren (Forntidsminneforeningen) för att få ta prover. För analys av proverna har mikroskop, SEM-EDX, XRD och FTIR använts. Tung vikt har lagts vid att förklara olika ämnens förekomst i proven och då särskilt det som uppfattats som kristaller och utfällningar på måleriet.

## 1.4 Tidigare forskning

Många artiklar har skrivits om blypigment som förtvålas i närvaron av fettsyror. I denna studien valdes en av dessa artiklar ut: "*SEM backscattered-electron images of paint cross sections as information source for the presence of the lead white pigment and lead-related degradation and migration phenomena in oil paintings*". Anledningen till valet av just denna artikel var att den är skriven av författare som

tidigare publicerat artiklar i ämnet. Deras kunskaper i ämnet förefaller trovärdiga och välgrundade. Vidare tas en peer review artikel upp från Analytical Chemistry, *"Clarifying the haze, efflorescence on works of art"*. Artikel har en bred infallsvinkel gällande utfällningar på måleri, där de ämnar förklara utfällningarnas härkomst. Denna artikel är mycket välskriven med underbyggda resonemang, intressanta iakttagelser och teorier. I studien med titeln: *"Identification of reaction compounds in micrometric layers from gothic paintings using combined SR-XRD and SR-FTIR"* från 2009, studeras tendensen hos bindemedlen olja och äggtempera att ge ifrån sig fria fettsyror. De fria fettsyrorna kan i sin tur reagera med metallinnehållande pigment i färgfilmen. Studien bygger på analyser gjorda av författarna och ger en djupare inblick i mekanismerna bakom bildandet av olika reaktionsprodukter då fria fettsyror reagerar med olika element i måleriet. Salter i muralkonservering tas upp genom artikeln *"Salt damage at Cleeve Abbey, England"*. Denna artikel var av intresse eftersom den beskrev ett fenomen där utfällningen av salt stod i direkt proportion till den relativa fuktigheten. Flera av studierna har även varit av intresse för denna uppsats, eftersom de använt sig av liknade analysmetoder som de som kommer användas här.

## 1.5 Disposition

Uppsatsen är indelad i fyra kapitel samt diskussion och sammanfattning. I inledningen till varje kapitel ges en kortfattad resumé om vad kapitlet behandlar. I andra kapitlet ges en allmän bild av kristaller samt sammanfattningar av tidigare studier som behandlar utfällningar i målerikontext. I kapitel tre presenteras Holdhus kyrka och dess predikstol som studieobjekt. Vidare i kapitel fyra beskrivs de olika analysmetoder som använts samt vilka resultat och indikationer de har givit.

## 1.6 Avgränsningar

I andra kapitlet koncentreras uppsatsen främst till kristaller och utfällningar som uppkommit i samband med oljefärg. Till en viss del tas här även problematiken med salter i muralkonservering upp. Salter är ett exempel på kristaller som kan återfinnas på en bemålad yta.

Analyserna blev gjorda i ett senare skede i studien än vad som var tänkt från början. Detta har lett till att det som har kunnat uttolkas genom analyserna i viss utsträckning inte har någon direkt koppling eller kunnat kopplas till kristaller, vilket var tanken i ett inledande skede. I fallstudien har fokuset till viss del skiftat till att istället härleda olika grundämnen som påvisats i proven.

## 2. Utfällningar

Detta avsnitt kommer behandla olika slags utfällningar. Med utfällningar menas här reaktionsprodukter som fällts ut i fast form på måleriets yta, såsom salter, kristaller, mineraler etc. Först ges en överskådlig bild av vad som rent definitionsmässigt är en kristall. Sedan kommer olika kristallgrupper och analysmetoder avhandlas. Några ord som ofta används då man talar om utfällningar i konserveringssammanhang presenteras och förklaras. Därefter kommer olika utfällningar som uppstått i kontext med måleri tas upp. Litteraturen som ligger till grund för detta avsnitt är tidigare forskning på området, uppslagsverk och läroböcker inom kemi.

### 2.1 Kristaller

Kristaller definieras som tredimensionella fasta faser med ett homogent mönster av upprepade enheter av atomer. Alla kristaller är kristallina på grund av deras ordnade struktur. Det som är utmärkande för en kristall är att det upprepade atommönstret är tredimensionellt vilket ger kristallen dess regelbundna kristallstruktur (Ladd, 1979, s35). Kristaller är en vid ämnesgrupp som innefattar allt från salter till diamanter. En kristall bestäms dels av dess uppbyggnad och dels av dess fysikaliska egenskaper. En kristall kan byggas upp av enheter bestående av molekyler, atomer eller joner (Kristall. Nationalencyklopedin, 2013).

Kristalliniteten skiljer tydligt kristaller från amorfa ämnen som har en mer oregelbunden struktur. Signifikativt för kristaller är att de har en väldefinierad smältpunkt, vilket betyder att de vid en bestämd temperatur går från fast- till flytande form. Amorfa ämnen saknar en mer definierad smältpunkt, de mjuknar gradvis och går istället över från fast- till flytande form under ett längre temperturintervall (Ladd, 1979, s38).

#### 2.1.1 Kristallisation

Kristaller återfinns antingen som enhetskristaller eller som sammanväxta aggregat. Början till en kristall kallas för grodd.

Bildandet av kristaller kräver förutom de rätta kemiska förhållandena även rätt yttre förhållande. Temperatur, tryck och fuktighet är tre parametrar som påverkar kristallisationen. Som tidigare nämnts så har kristaller en bestämd smältpunkt, vilket även ger att de olika specifika kristallerna bildas på temperaturer som ligger på värden under deras smältpunkt. En del kristaller är lösliga i vatten vilket innebär att fuktigheten har en stor inverkan på om dessa återfinns i fast form eller inte. Kristaller kan bildas genom kondensering på en yta, smälta eller genom att de fälls ut ur en lösning (Kristallisation, nationalencyklopedin, 2013).

### **2.1.2 Indelning och analys**

Kristaller delas in i sju olika kristallsystem och 32 kristallklasser. Denna indelning görs utifrån kristallens yttre symmetri och dess fysikaliska egenskaper (Kristall, nationalencyklopedin, 2013). Kristaller är i allmänhet anisotropa med undantag för de kristaller som tillhör det kubiska systemet som på grund av sin höga symmetri har optisk isotropi, vilket innebär att ljuset bryts lika i alla riktningar i kristallen (Ladd, 1979, s 36). Det kubiska kristallsystemet skiljer sig på detta sätt från de övriga kristallsystemen som till övervägande del besitter anisotropi gällande de flesta fysikaliska egenskaper, i det avseendet att egenskaperna skiljer sig i olika riktningar i kristallen.

Man kan avgöra vilket system och vilken klass en kristall tillhör genom att analysera kristallen med hjälp av röntgen för att få fram ett diffraktionsmönster. Diffraktionsmönstret ger kristallens symmetri (kristall, nationalencyklopedin, 2013).

### **2.1.3 Salter**

Salter bildas genom en reaktion mellan en syra och en bas, saltet får då ofta sitt namn efter de joner som ingår i reaktionen (Borén (red.), 1997, s 86). Salter är föreningar av katjoner och anjoner, det vill säga positivt och negativt laddade joner. I fast tillstånd bildar dessa saltkristaller. Denna förening skapas då jonerna binder sig till varandra i en lösning. De starka jonbindningarna i saltkristallerna gör att de har en relativt hög smältpunkt. Saltet fälls ut då lösningen är övermättad, saltets löslighet är beroende av dess koncentration i lösningen ställt mot rummets temperatur och relativa fuktighet (Borrelli, 1999, s4). Om jämnvikten mellan dessa skulle förändras, t.ex. om den relativa fuktigheten sänks så innebär detta att lösningen kommer avdunsta vilket ger saltet en tillräckligt hög koncentration för att bilda fasta saltkristaller (Borrelli, 1999, s4).

## **2.2 Begrepp**

Här nedan kommer olika svenska och engelska begrepp presenteras som ibland används i samband med utfällningar inom konservering. En del uttryck har fått en subjektiv tolkning utifrån hur de används i litteraturen.

**Utfällning (eng. precipitation)**, skapas då ett ämne inte längre är lösligt i ett givet lösningsmedel. Ämnet fälls då ut i fast form ur lösningen (Precipitate, Encyclopedia - Britannica Online Encyclopedia, 2013).

**Efflorescence**, är ett engelskt uttryck som används när man talar om saltutfällningar ofta använt inom geologi, byggnadsindustrin och vid konservering av byggnader (Ordonez & Twilley, 1997, s 416 A).

**Kristallin utfällning**, används allmänt för att beskriva en oorganisk utfällning, oftast dras här felaktigt slutsatsen att ett kristallint ämne är oorganiskt även om det finns ett flertal kristallina ämnen som är organiska.

**Bloom, chalkning, blanching**, engelska uttryck som används inkonsekvent inom konservering för att beskriva en ojämn och oklar yta (Ordonez & Twilley, 1997, s

416 A). Ofta sätts dessa uttryck i förbindelse med blinding eller utfällning på en yta.

**Blinding**, syftar till att en ytas ljusbrytning har förändrats, detta kan bero på ändringar i materialets struktur eller på utfällningar på ytan (Jones, 1992, s 116-117).

**Förtvålning**, En process där en fettsyra tillsammans med en bas bildar ett salt.

**Saponifiera (förtvålning)**, Saponifiering är ett annat ord för förtvålning vilket beskriver reaktionen mellan en fettsyra och en bas. Inom målerikonservering ofta använt för att beskriva procesen av urlakning av pigment, migration i substratet (Keune, Van Loon & Boon, 2011, s 699). Metallinnehållande pigmentet kan tillsammans med fria fettsyror migrera genom substratet(färgfilmen) och bilda ett salt på måleriets yta.

**”Light-scattering particles”**, är ett uttryck som återkommer i flera texter skrivna på engelska. Här syftar man till partiklar på ett objekts yta som ändrar ljusets brytningsindex för den samma (Ordonez & Twilley, 1997, s 416 A). Kan sättas i förbindelse med orden utfällning och blinding.

**Fria fettsyror**, är fettsyror som inte ingår i triglycerider eller fosfolipider. En fettsyra utgörs av en karboxylsyra med minst fyra kolatomer. Råa oljor och fetter innehåller mellan 0,5- till 10 % fria fettsyror (Fria fettsyror, Nationalencyklopedin, 2013).

## 2.3 Utfällningar i målerikontext

Här nedan presenteras några vetenskapliga artiklar som direkt eller indirekt har ett förhållande till utfällningar på måleri.

Eugena Ordonez och John Twilley, gjorde en studie som 1997 publicerades i den Amerikanska tidskriften *Analytical Chemistry*. Titeln på artikeln var *”Clarifying the haze, efflorescence on works of art”*. Studien syftar till att finna ett samband mellan de tjugo olika föremål som hade dimmiga, vita och förfulande fläckar på ytan. Föremålen skiljde sig från varandra på flera plan, de hade olika konserverings och utställningshistorik. Teknik och materialsammansättningen skilde sig även de väsentligt från varandra. Ändå återfann man det man i artikeln benämner för efflorescence på samtliga föremål. Med ordet efflorescence vill författarna beskriva hela utvecklingsförloppet gällande de partiklar man återfunnit på objektens yta och inte inskränka uttrycket till att enbart gälla salter. Med hjälp av flera analysmetoder så som Fourier transform infrared microspectroscopy (FT-IR), X-ray diffraction(XRD) och scanning electron microscopy (SEM) så har man kommit fram till vad utfällningarna på föremålen består av. Genom detta har man också kunnat dra vissa slutsatser om vad i materialen som givit upphov till dessa. På ungefär två tredjedelar av objekten visade det sig att fläckarna till en övervägande del bestod av fria fettsyror. På flera ställen i texten påpekar man att i en del fall har dessa utfällningar vid första anblick tagits för att vara mögel.

Författarna presenterar flera faktorer som kan ligga till grund för denna efflorescence av fria fettsyror. Man går igenom olika komponenter som ingår i

kommersiell färg, där standolja det vill säga upphettad linolja visade sig innehålla höga nivåer av fria fettsyror medan kallpressad linolja endast till en liten del består av fria fettsyror. För att exemplifiera detta hänvisar man till en annan studie där en målning endast hade efflorescence på vissa partier, här hade man genom analyser dragit slutsatsen att konstnären hade använt sig av standolja där man återfann fria fettsyror på ytan och att han till övriga partier hade använt sig av en kallpressad linolja. Olika slags additiv som tillsatts färgen då den producerats eller av konstnären själv för att modifiera dess egenskaper, tas också upp som en källa till fettsyror. Här ibland nämns stearater som använts som dispergeringsmedel för att få organiska pigment att blanda sig bättre med oljan och bivax för konsistensen. Basiska ämnen har även använts av konstnärer som tillsats för att undvika att färgen härsknar. Detta undviks genom att de basiska ämnet reagerar med de fria fettsyrorna.

Författarna tar även upp olika konserveringsmetoder som en källa till fria fettsyror. Tidigare inom konservering använde man ofta bivax och andra vaxer för att impregnera eller konsolidera målerier. Vaxerna innehåller naturligt en stor andel fria fettsyror. Emulgerade rengöringsmedel som används för rengöring av måleriets yta kan ibland innehålla olika typer av vaxer som kan lämnas kvar som rester på måleriets yta. Användning av organiska lösningsmedel för att ta bort de kristalliserade fria fettsyror på måleriets yta kan leda till att de migrerar in i måleriet igen för att vid ett senare tillfälle fällas ut på ytan på nytt.

På ett av förmålen i studien visade det sig att efflorescensen till viss del bestod av zink-alkanoat som troligen bildats genom en reaktion mellan fettsyror och zinkvitt. Studien visar även att pigmentet spelar en viktig roll vad det gäller utfällningar av fettsyror på ytan. Pigment så som blyvitt och zinkvitt kan förtvålas tillsammans med de fria fettsyrorna vilket kan stoppa deras migration genom substratet. Andra pigment så som koboltblå och carbon black "kimrök" saknar förmågan att förtvålas tillsammans med fettsyrorna, vilket leder till att de fria fettsyrorna kan migrera genom färgfilmen och till måleriets yta. Temperaturen ger en annan möjlighet för bildandet av kristalliserade fettsyror på objektets yta. En åldrad oljefilm har ett T<sub>g</sub> på cirka 31-45 °C. Om temperaturen skulle överstiga färgens T<sub>g</sub> och samtidigt ligga under fettsyrans smältpunkt så är förutsättningarna goda för fettsyrorna att röra sig genom substratet och kristalliseras (Ordonez & Twilley, 1997, s 416 A- 422A).

En nyare studie med titeln "*Identification of reaction compounds in micrometric layers from gothic paintings using combined SR-XRD and SR-FTIR*" som publicerades 2009, tar också upp relationen mellan bindemedel och pigment för bildandet av olika slags reaktionsprodukter. I denna studie har man främst använt sig av SR-XRD och FTIR för sina analyser. Undersökningarna gjordes på åtta olika altartavlor från 1400-talet i kombination med referensplattor med färg som man låtit åldras i laboratorium. Målningarna var utförda i äggtempera och olja. På målningarna återfann man reaktionsprodukter som bildats genom reaktioner mellan fria fettsyror och metallinnehållande pigment. I undersökningen säger man att metallsalter i form av oxalater inte är ovanliga att finna på äldre måleri. Bildandet av karboxylater och oxalater är en del av färgens torknings- och åldrandeprocess. Koppar- och blyinnehållande pigment samt kalcium från



omgivningen eller grunderingen, visade sig i studien ha den största potentialen att bilda oxalater tillsammans med fria fettsyror. Vad det gällde bindemedlen så visade det sig att reaktionsprodukterna på äggtemperan var mer välkristalliserade än de på oljan (Salvadó, et al. 2009, s 419-428).

Författarna Keune, van Loon och Boon har tidigare publicerat ett flertal artiklar som belyser problematiken med migration av blyvitt. Tillsammans publicerade de 2011 artikeln "*SEM backscattered-electron images of paint cross sections as information source for the presence of the lead white pigment and lead-related degradation and migration phenomena in oil paintings*". Här beskriver man ingående fenomenet där blyvitt pigment reagerar med substanser i måleriskiktet och bildar blyinnehållande kristaller, som kan återfinnas både i och på ytan av färgfilmen. Studien utfördes på konstverk från 1600- talet fram till 1800-talet. Man poängterar att det blyvita pigmentet från den här tiden hade en annan morfologi än vad den har idag. Det gamla blyvita pigmentet består av pigmentkorn av mycket varierade storlekar medan den moderna är mer homogen i det avseendet. När oljan åldras släpper den ifrån sig fria fettsyror som reagerar med blypigmentet. I och med detta löses sakta pigmenten i den blyvita färgen upp, vilket gör måleriskiktet mer transparent. Detta leder i sin tur till färgförändringar i måleriet, då underliggande lager skiner igenom. Författarna säger att transporten av "blytvålen" till objektets yta sker beroende av det yttre klimatet så som temperatur och fuktighet, dock saknas här en närmare förklaring. Ett fall visade att bly hade vandrat från ett underliggande lager och inkorporerats i ett övre lager, vilket även detta hade lett till färgförändringar. Man nämner även svårigheten att konservera dessa föremål, då blykristallerna är svårösliga och är starkt bundna till måleriet, vilket gör dem nästintill omöjliga att ta bort mekaniskt utan att åsamka skador på måleriet (Keune, van Loon & Boon, 2011, s 696-701).

Inom muralmåleri finns många artiklar skrivna om salters påverkan och förekomst. Även om oljemåleri på trä skiljer sig väsentligt från muralmåleri så finns det en del intressanta aspekter i artikeln "*Salt damage at Cleeve Abbey, England*". Den är intressant för att den tar upp klimatet i relation till saltutfällningar mer grundligt än många andra artiklar. I en studie har man undersökt vad som kan vara orsaken till de saltutfällningar man har funnit på en bemålad vägg i sakristian till en klosterkyrka byggd i sten. Först tog man prover på väggen och analyserade dessa för att avgöra saltinnehållet. Sedan gick man vidare med klimatomätningar i den uppvärmda sakristian, där hade man väntat sig ett helt annat resultat än det man fick. Det visade sig att över ett helt år så låg den relativa fuktigheten stabilt på mellan 85-90 %, alltså en mycket hög luftfuktighet med små fluktuationer. De observationer man gjort på plats visade att det var betydligt mer saltutfällningar i september än i december då det var som lägst för att sedan stiga åter igen i april. För att lösa gåtan samkördes de resultat man fått från proverna med klimatomätningarna i programmet ESCO. Det visade sig att det kaliumnitrat som fanns i väggen fälldes ut då RF låg på 85 % i september medan när RF i december låg på 90 % så blev saltutfällningarna betydligt färre. En så liten ökning som fem procent var tillräckligt för att saltet inte skulle kunna kristalliseras (Sawdy & Price, 2005, s125-135).

### **2.3.1 Sammanfattning gällande tidigare studier**

Skadeinverkan och klimatpåverkan i samband med bildandet av kristaller och andra utfällningar i en färgfilm är till stora delar ett outforskat område. I ett flertal av studierna säger man med reservation att bildandet av de olika reaktionsprodukterna troligen står i relation till klimatet och att dessa eventuellt kan vara skadliga för måleriet. De fenomen som beskrivs ovan är ofta en del av måleriets naturliga åldrandeprocess.

Fria fettsyror återkommer i flera studier som en övervägande faktor när det kommer till utfällningar på konst. Kristaller och andra kristallina ämnen syns ofta som utfällningar på måleriets yta. Vad det gäller deras påverkan på målerier kan sägas att de har en estetisk inverkan på måleriet, då det både kan ligga som en slöja eller som en krusta vilket deformerar eller gör motivet otydligt. Som tidigare studier beskriver så kan bly från pigment reagera med fria fettsyror och bilda en kristallartad utfällning på måleriets yta. Detta innebär att pigment lakas ur färgfilmen, som i sin tur leder till att skiktet blir mer och mer transparent, vilket ger en permanent skada på måleriet. Man talar också om "light scattering particles" som gör ytan på måleriet diffus eller blinderad. Detta är utfällningar på måleriets yta som påverkar ljusbrytningen. I egenskap av blytvål så är de mycket svåra att få bort. Det rekommenderas också att man inte försöker tvätta bort eller lösa upp utfällningar på måleriets yta, då de kan migrera in i färgfilmen igen för att senare fällas ut på nytt.

Studier om saltutfällningar är ofta förekommande inom muralmåleri, varav flera artiklar beskriver saltutfällningar på måleriets yta. En av dessa berör ett speciellt sorts salt som är känslig för variationer i luftfuktigheten. Eftersom salter är sammansatt av joner är de i allmänhet relativt lösliga. Detta innebär att deras kristallisation står i direkt proportion till luftens fukttinnehåll.

## 3 FALLSTUDIE

I detta avsnitt presenteras Holdhus kyrka och dess predikstol som fallstudie. En kortare historik om kyrkan ges och en mer utarbetad beskrivning av predikstolen som är själva studieobjektet i denna uppsats. Särskilda iakttagelser som gjordes vid provtagningstillfället tas upp och diskuteras.

### 3.1 Holdhus kyrka

Holdhus kyrka nämns för första gången i skrift på ett pergament från 1300-talet. Från början var kyrkan en stavkyrka men har med tiden genomgått ett flertal förändringar och idag står en enskeppig timmerkyrka med vapenhus och absid på platsen. Timmerkyrkan tros vara från omkring 1726. Koret tillkom 1848 och är något smalare än skeppet. Kyrkan var under en längre tid i privat ägo i och med "det store kyrkesalet" under 1720-talet. I slutet av 1800-talet hade kyrkan gått ur bruk och var rivningshotad. Den siste private ägaren Hans Holdhus bestämde sig då för att köpa kyrkan för att förhindra att den revs. Han sålde i sin tur kyrkan till Forntidsminneforeningen 1900, som är kyrkans nuvarande ägare. En omfattande upprustning av kyrkan blev genomförd 1905-1906, därefter har Forntidsminneforeningen värnat om att hålla kyrkan i befintligt skick. Kyrkan är idag en museikyrka som är stängd under vinterhalvåret, men öppen för besökare under sommaren. En gång om året hålls det enligt tradition olsokmessa (olofsmessa) i kyrkan. Kyrkan används även i undervisningssammanhang av ortens lägerskola (Hoff et.al, 1997, s 8-24).

### 3.2 Klimat och geografisk placering

Holdhus kyrka ligger 3,2 mil fågelvägen från Bergen i Norge, mellan Björnafjorden och Hardangerfjorden. Som en del av studien ingår mätresultaten från en Tiny tag som blivit placerad av NIKU i kyrkan. Klimatmätningen som gjorts i kyrkan från 1/6-2012 till 16/4-2013 visar på en mycket hög relativ luftfuktighet (se: Fig.1). Under perioder överstiger luftfuktigheten 100 % vilket innebär att vatten fälls ut från luften i rummet. Det fuktiga klimatet överensstämmer med prognoser från Kvamskogens väderstation som finns ungefär två mil från kyrkan. Mätuppgifter från stationen visar på perioder med kraftig nederbörd, samtliga månader har ett normalvärde på över 100 mm nederbörd, med en topp på över 400 mm (yr.no, Kvamskogen). Som en jämförelse kan man ta Oslos normalvärde från mätstationen i Blinderen som har en nederbörd som ligger under 100 mm för samtliga månader (yr.no, Blinderen). Kyrkan påverkas extra mycket av uteklimatet då den både är oisolerad och ouppvärmad. Predikstolen står placerad intill ett fönster vilket även gör att den kan utsättas för stark solljusexponering dagtid.

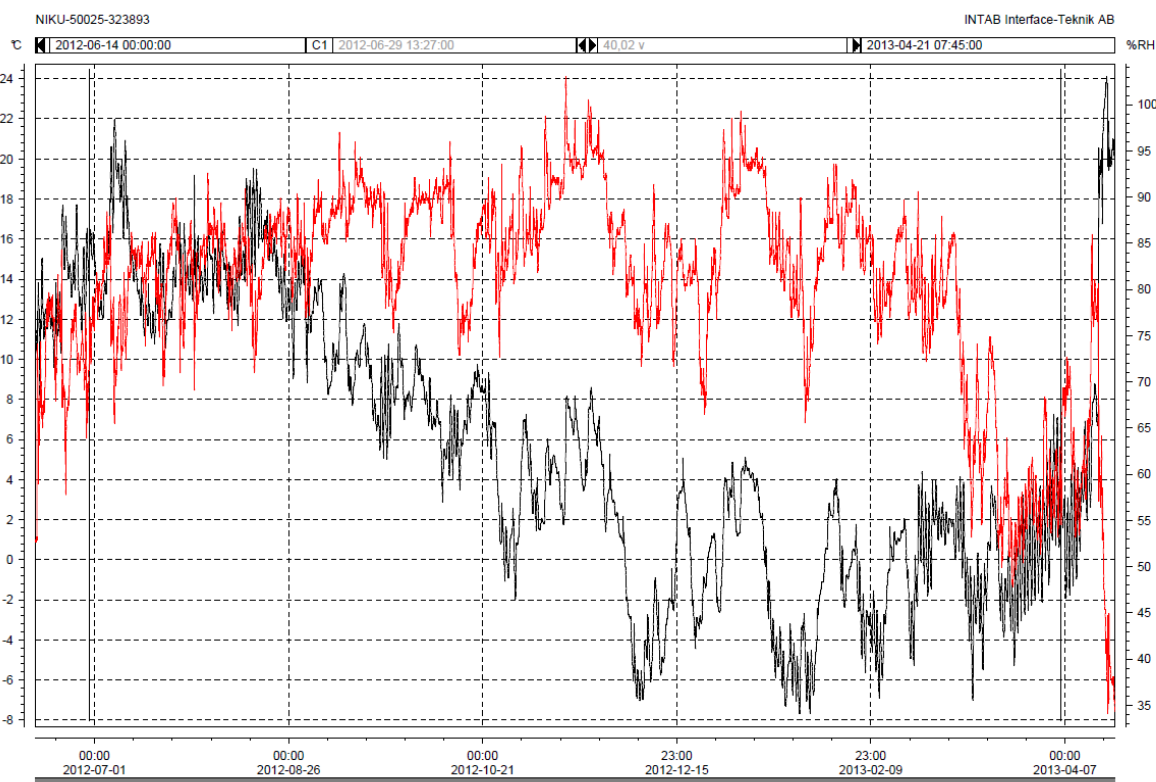


Fig.1. Klimatkurva från Tiny tag, placerad i Holdhus kyrka från 1/6-2012 till 16/4-2013. Se bilaga V för större figur.

### 3.3 Predikstolen

Predikstolen är genom en inskription på en list något osäkert daterad till 1570, eftersom listen bedöms vara ett senare tillägg (Stein & Matheson, 2013, s7). Predikstolen är placerad mot sydväggen längst fram i skeppet med uppgång från koret.

Predikstolen har fyra sidor, vilka bedöms vara original, som vetter ut mot skeppet. Dessa sidor har utskuren dekor som utgörs av geometriska mönster och växtrankor. Varje fält ramas in av ett profilerat listverk. Bemålningen är idag övervägande rödbrun. Spår av tidigare målning syns på predikstolen vilket ger intryck av ett den tidigare haft en betydligt rikare färgsättning.

Predikstolens tillstånd blev utvärderat i 2010 och bedömdes då tillhöra kategori tre<sup>1</sup> vilket innebär att den bör konserveras omgående (Stein, 2011, s4). Färgskiktet är mycket instabilt, färgen flagnar och har rullat ihop sig i vad som närmast kan liknas vid pergamentrullar. I en rapport från NIKU nämns att det borde vara något skikt på färgenens yta som givit upphov till att färgen krullat sig. I rapporten bedömer man färgskiktet som gammalt men det råder osäkerhet över om det är original eller inte. Man har inte kunnat hitta några konserveringsrapporter eller spår efter tidigare konservering på predikstolen (Stein & Matheson, 2013, s.7-8).

<sup>1</sup> Föremålens tillstånd delas in i en skala med värden från noll till tre. Noll innebär att föremålets tillstånd är gott och ingen konservering behövs. Sedan går det i en stigande skala till tre som betyder att konservering bör utföras snarast för att bevara föremålet.

### 3.4 lakttagelser

Provtagning och okulärundersökning av predikstolen utfördes den 16 april 2013. Som konservatorsstudent får man ofta höra hur viktigt det är att ta med sig olika intryck och observationer man gör då man undersöker ett föremål. Eftersom dessa kan visa sig vara värdefulla längre in i arbetsprocessen. Därav kommer här ett antal observationer som gjordes vid provtagningstillfället.

Ett vitt ämne som runnit ner på predikstolen noterades, liknande "rinningar" sågs även i koret. Den höga luftfuktigheten kan vara en förklaring till de vita "rinningarna" som syntes på predikstolen. Det vitmålade takets färg kan ha runnit ner på predikstolen då luftfuktighet blivit allt för hög, liknade företeelser har stötts på i andra kyrkor (Informant 1). Det som skulle tala emot detta är att taket i koret inte är vitmålat. En annan orsak till "rinningarna" kan vara fågelträck, nära marknivå fanns det flera större hål i väggen där fåglar eller andra mindre djur skulle kunna ta sig in.

Små vita korn sågs på flera ställen på predikstolens framsida och en liknande fällning återfanns också under predikstolen på ett trärent<sup>2</sup> parti, eftersom dessa korn också återfanns där predikstolen saknade bemålning så krävs ytterligare analyser för att ta reda på vad detta kan röra sig om. Ett test utfördes med bomullstops och avjoniserat vatten på fällningarna, de visade sig vara lösliga i vatten.

En gul färg noterades på predikstolen, som intressant nog i UV-ljus fluorescerade gulgrönt där den var tunt påförd och rosa där den låg tjockare. En eventuell förklaring skulle kunna vara att den gula färgen fluorescerar så kraftigt att det rosa färgen blir en optisk illusion, då den gula färgen ligger mot en röd bakgrund.

Ljusa spån från insektsangrepp sågs intill predikstolen, dock observerades knappt några ingångshål alls på själva predikstolen och speciellt inga färska angrepp. Den bemålade timmerväggen som predikstolen står placerad mot hade däremot ett flertal insektshål, spånen kommer troligen därifrån.



Fig.2. vita korn/ utfällning på bemålat ornament.



Fig.3. vit utfällning på trärens yta under predikstolen.

<sup>2</sup> Trären- tillsynes obehandlad träyta

### 3.5 Provtagning

Sammanlagt togs fem färgprover från predikstolen. Proverna togs med hjälp av skalpell och pincett. Ytterligare två prover togs på två vita utfällningar med hjälp av klisterremsa. Proven valdes ut från representativa områden. Samtliga prover lades i fyndpåsar av polyetenplast för förvaring. Provtagningsprocessen dokumenterades noggrant med både för- och efterbilder i bilaga I. Tre av proven togs i anslutning till skadade partier där färgen släppt från träverket. Ett prov togs av den gula färgen som beskrivs under rubriken lakttagelser, och ytterligare ett prov togs där en vit utfällning syntes på måleriet (Fig.8). Ytterligare två prover togs med klisterremsor, dels direkt på måleriet (Fig.2) och dels på en större utfällning som noterats under predikstolen på ett trärent parti (Fig.3). På bilden nedan (Fig.4) är de ungefärliga positionerna för vart de fem proverna togs utmarkerade.



Fig.4. Predikstolen i Holdhus kyrka. Pilarna markerar vart de fem färgproven togs. Foto: Johan Winkler

## 4 ANALYSER

Här nedan beskrivs de olika analysmetoder som har använts i studien och deras syfte samt vilka resultat och indikationer de har gett.

### 4.1 Mikroskop.

Proverna har analyserats både i arbetsmikroskop och i ljusmikroskop. Genom analys i mikroskop bildar man sig en uppfattning om ämnens struktur och deras utbredning på proven med hjälp av olika grad av förstoring.

Vid ett tidigare skede gjöts två färgflagor in för analys på NIKU-ateljé. Dessa visar två lager med porös rödbrun färg som skiljs åt av ett mörkt lager. Detta mörka lager visade sig fluorescera kraftigt i UV-ljus (se: Fig 5 & 6). Där det övre lagrets färg fallit bort noterades ett lager som låg som en glansig transparent film över ytan. Detta lager kan vara ett lim eller en fernissa och hör troligen ihop med det starkt fluorescerande lagret på tvärsnittet.

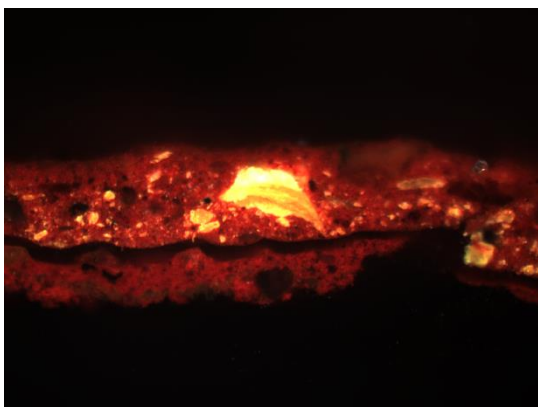


Fig.5. Tvärsnitt, förstoring 1x500.

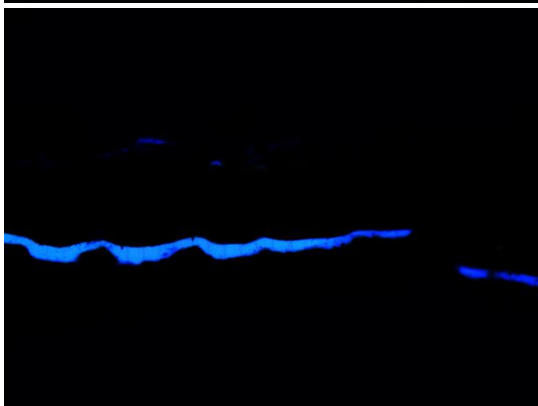
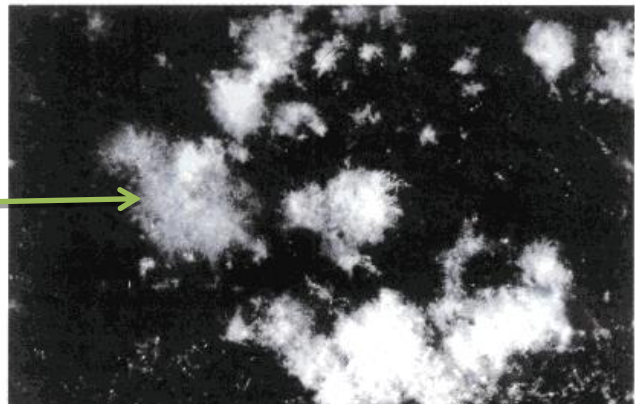
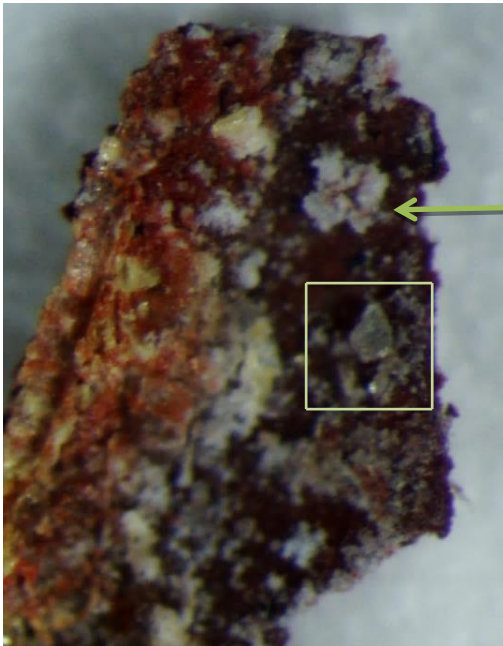


Fig.6. Tvärsnitt i UV-ljus, förstoring 1x500.

På ett av proven som togs för denna fallstudie, återfanns vad som såg ut att vara opaka vita utfällningar. Dessa vita utfällningar som låg på ytan liknade en bild på fria fettsyror som fällts ut på ett objekt i Ordonez och Twilleys studie (se: Fig.7 & 8). Detta har vid första anblick ofta misstagits för mögel enligt författarna. En annan sak som noterades på detta prov var några translucenta kristallliknande korn (Fig.8). Liknande ämnen, såsom de vita utfällningarna och de kristallliknande

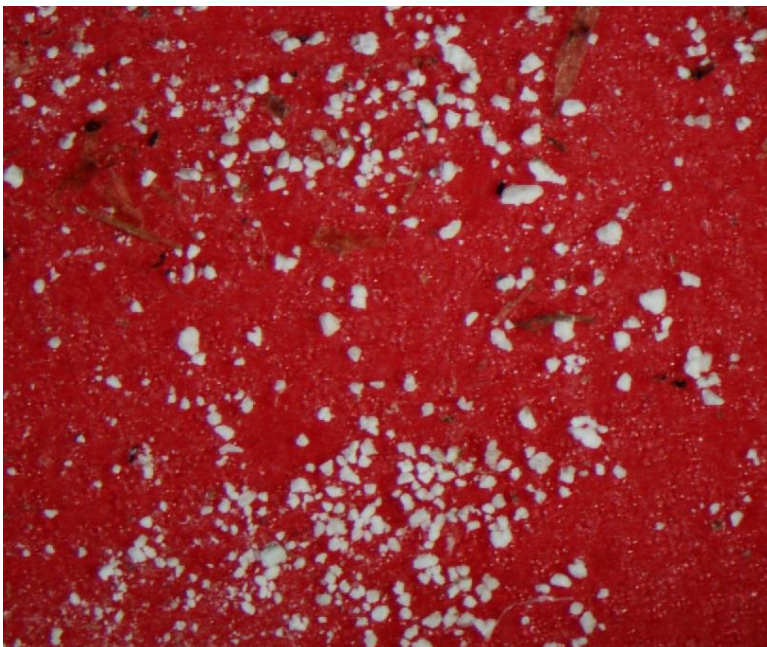
kornen, sågs även på två andra prov men inte lika tydligt och i samma omfattning som det prov som redovisas här.



Ovan: Fig. 7. Fria kristalliserade fettsyror (Bild publicerad med tillstånd från Analytical Chemistry, 1997, s 419).

Till vänster: Fig.8. Närbild på färgflaga, med markör för de "translucenta kristallkornen". Bilden är tagen i arbetsmikroskop.

Proven på utfällningarna som tagits med klisterremsa såg ut som massiva vita korn som till största del var sammanväxta som aggregat (se: Fig.10). För att med viss säkerhet kunna utesluta att det var frågan om mögel så analyserades proverna i ljusmikroskop och arbetsmikroskop. Inga hyfer eller liknande syntes som skulle kunna indikera att det var frågan om mögel eller annan mikrobiell förekomst. Provet som togs på den gula fluorescerande färgen såg i förstoring gulsvart melerad ut. Färgflagen är ihopsjunken i mitten med resta kanter (Fig.9).



Ovan: Fig.9. Gul färgflaga med resta kanter. Bild tagen i arbetsmikroskop.

Till vänster: Fig.10. Vit utfällning på klisterremsa, prov taget från predikstolens undersida. Bilden är tagen i arbetsmikroskop.

## 4.2 SEM-EDX

Svepelektronmikroskopet gör det möjligt att se proven i en mycket hög förstoring. Den starka förstoringen får man genom att man utnyttjar elektronernas vågrörelser istället för ljusets som i traditionella mikroskop (Elektronmikroskop, Nationalencyklopedin, 2013). Elektronstrålen kan siktas in på specifika ställen på



provet och ger då en grundämnesanalys. Då provet blir träffat så sänder det i sin tur ut röntgenstrålning som gör det möjligt att analysera grundämnena i provet, om elektronmikroskopet är utrustat med en röntgendetektor. SEM-EDX analysen ger bara rena grundämnena, vilket innebär att ytterligare analyser behövs för att kunna fastställa vilka föreningar som finns i proven.

Fyra prov analyserades i SEM-EDX. Proven fästes på en kolbehandlad tejp. Kolet är till för att minimera bakgrundsbruset vid analysen. Därefter sätts proven in i en vakuumbakgrundkammare för analys. Analyserna utfördes i ett Hitachi S-3400N scanning electron microscope. Analysen gav kvalitativ information om vilka grundämnena som ingick i provet på de ställen som analyserades. Kvantitativ information så som procentsattser av de ingående grundämnena saknas i denna analys, men är möjlig att få.

Resultatet av analysen redovisas i tabellen nedan och i bilaga II.

<b>Prov</b>	<b>Område</b> (på provet där analysen utfördes)	<b>Grundämnena</b> (syre och kol förekommer i samtliga prov)
1 Färgflaga (Fig.8)	"translucent kristallkorn"	Si, S, Ca
1	"translucent kristallkorn"	Si, S, Ca, Fe, As
1	Vit utfällning	Ca, Mg, As
1	Gulvit utfällning	Ca, Mg, As, S
2 Vit utfällning under predikstolen på trärens yta (Fig. 3 & 10).		P, Mg, Ca, S
2		P, Mg, Mn
2		P, Mg
3 Utfällning på måleriet (Fig. 2)		K, Fe, Mg, Al, Si
3		K, Ca, As, Mg, Al, Si, S
3		Ca, Mg, As, S
4 Gul färgflaga (Fig.9)		As, Mg, K, S, Si, Al, Fe

Tabell 1. Resultat från grundämnesanalys med SEM-EDX.

### 4.3 FTIR

I FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy) bestrålas provet med infrarött ljus vilket leder till att olika bindningar i molekylerna absorberar strålningen och börjar vibrera vid en bestämd frekvens. Detta konverteras sedan till ett spektrum. Genom topparna i spektretmet kan man utläsa vilka funktionella grupper som ingår i provet (Borén, red, 2008, s150). För att kunna utläsa spektretmet behövs oftast tillgång till olika referensdatabaser där jämförelser kan göras mellan olika spektra.

Analyserna utfördes i en Bruker ALPHA FT-IR spectrometer. Provet som togs med klisterremsa under predikstolen visade sig vara det enda provet som lämpade sig för analys i FTIR. Försök gjordes att skrapa av utfällningen från en färgflaga (Fig.8) men provet var för litet för att ge något utslag.

Eftersom provet som analyserades satt på en klisterremsa behövdes först ett spektrum tas av en ren klisterremsa för att utesluta dessa toppar från provets

toppar (Fig.11). Provets toppar som skilde sig från klisterremans stämmer relativt bra överens med magnesiumfosfat och indikerar även på närvaron av magnesiumoxalat (informant 1).

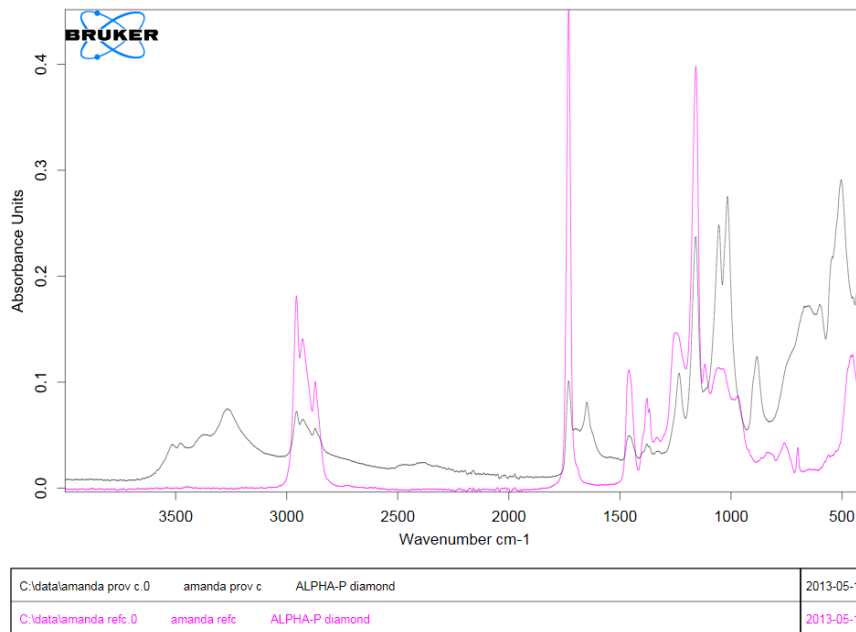


Fig.11. FTIR-spektra, den rosa är klisterremans och den svarta är provet. Se bilaga III för större figur.

#### 4.4 XRD

XRD (X-ray diffraction) används främst för att analysera fasta kristallina ämnen. Röntgenstrålning ger det kristallina ämnets struktur genom atomernas position. Röntgenstrålningen träffar provet ur olika vinklar och fångas upp i en röntgendetektor. Beroende på atomernas position i kristallen så skickas vågorna mot detektorn i olika grad av intensitet, detta ger i sin tur ett skarpt diffraktionsmönster i och med kristallens ordnade struktur (Ebsworth et.al, 1987, s 304). En nackdel med XRD är att röntgenstrålen bestrålar hela provet vilket gör det svårt att avgöra vart på provet kristallerna sitter.

På grund av provets storlek så lades det på en specialbehandlad platta med amorf bakgrund för att undvika bakgrundsbrus. Provet kördes sedan i tre timmar i en XRD av märket Siemens D5005 X-ray diffractometer. Vanligtvis krävs det runt 40 minuter för att få ut ett diffraktionsmönster men i och med att provet var så litet krävdes det längre tid. Resultatet redovisas sedan i ett spektrum med toppar. Spektrumet som erhöles från färgflagan (Fig.8) bestod till en övervägande mängd av bakgrundsbrus. En topp kunde urskilja vid 26,6 (Fig.12). Toppen stämmer överens med mineralerna kvarts och muskovit (Informant 2). Denna topp bör dock tolkas med återhållsamhet i och med att spektrumet inte är tillräckligt bra för en säker identifikation. Inga ytterligare prov kördes i XRD eftersom dessa inte förväntades ge mer utslag eller kunna ge ett tillförlitligt resultat.

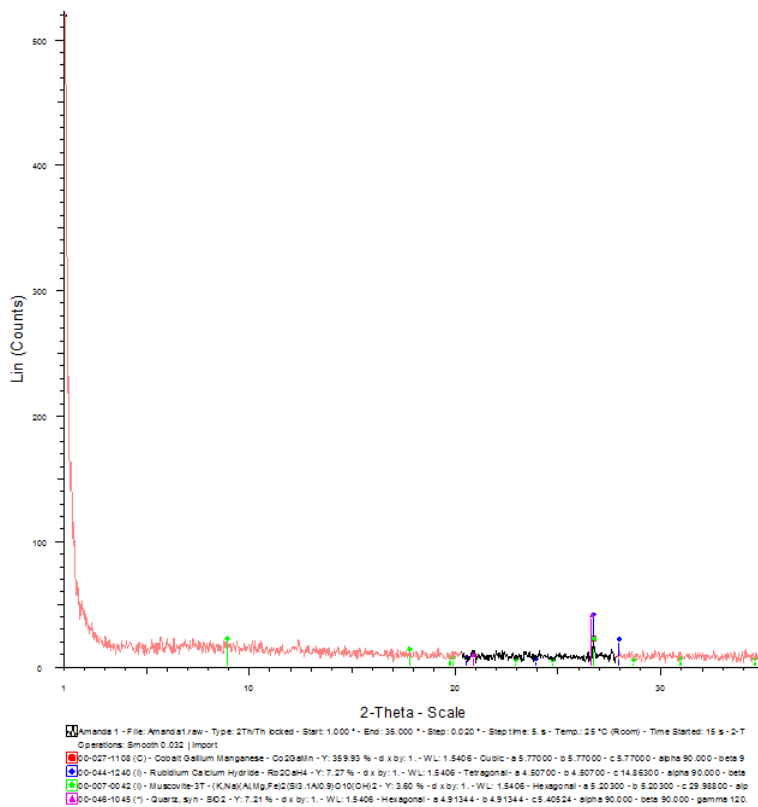


Fig.12. Resultat från XRD-analys av färgflaga med en topp vid 26.6. Se bilaga IV för större figur.

## 4.5 Sammanställning av resultat

Samtliga resultat vägs samman för att bilda en uppfattning om vad analyserna har gett för indikationer. Vidare diskussion av resultaten förs i kapitel fem.

Utfällningen under predikstolen är det prov som visar genomgående i analyserna att de vita kornen som observerats mest troligt är två former av magnesiumsalter, magnesiumfosfat ( $Mg_3(PO_4)_2$ ) och magnesiumoxalat ( $C_2MgO_4$ ). Detta stämmer överens med både analyser i SEM-EDX och FTIR. Utfällningen på måleriet som till utseendet har jämförts med utfällningen under predikstolen, visade sig i SEM-EDX inte innehålla fosfor. Detta utesluter mest troligen förekomsten av magnesiumfosfat i utfällningen på måleriet.

Vad det gäller färgskiktet är analyserna betydligt mer svårtolkade och i stor utsträckning har analysmetoderna inte gått att applicera på proven på grund av provens storlek och renhet. Detta har gjort det svårt att kunna identifiera kristaller eller andra utfällningar. Resultatet från XRD indikerar förekomsten av kvarts vilket troligtvis är det som benämns som "translucenta kristallkorn" i mikroskopanalysen. Genom att jämföra resultaten från XRD analysen med resultaten från SEM-EDX, så indikerar de att det är kvarts. Kvarts är ett mineral bestående av kiseldioxid,  $SiO_2$ . Troligen är detta en naturlig komponent i färgen som förekommer i fyllmedel eller som orenheter i pigmentet.

Den jämförelse som görs mellan utfällningen (Fig.8) och kristalliserade fettsyror (Fig.7) har inte kunnat fastställas genom analyser. I SEM-EDX visade sig dessa utfällningar innehålla kalcium, arsenik och magnesium. I grundämnesanalys i SEM återkommer både arsenik och magnesium på flera av proven, vilket diskuteras vidare i kapitel fem.

#### **4.6 Felkällor vid analyser**

Vid provtagning användes instrument som tidigare använts till andra ändamål, även om dessa var rengjorda kan de ha kontaminerat proverna. Vissa av proverna har använts i flera analyser vilket innebär att de har utsatts för mycket hantering vilket även detta kan förorena proverna. Ändrade klimatförhållanden från provtillfället kan ändra de kemiska sammansättningarna i proven. Tolkingen av analysresultaten är till största del utförda av författaren som saknar erfarenhet gällande tolkning av analysdata.

## 5 DISKUSSION

Genom litteraturstudien lades grunden för vilka sorters utfällningar, salter och kristaller man kan vänta sig att återfinna på ett måleri, samt olika faktorer som är involverade i bildandet av dessa.

Ett genomgående problem när det kom till analyserna var provernas renhet och storlek. Att utföra analyserna och dra konkreta slutsatser försvåras när provet innehåller många olika ämnen. Fallstudien fallerade på så sätt att det inte gick att tydligt påvisa förekomsten av kristaller eller utfällningar som härrör från färgskiktet. Detta utesluter dock inte att de förekommer. Den främsta anledningen till uteblivna resultat är att proven varit allt för små för att kunna ge utslag i de analysmetoder som använts i studien. I de studier som beskrivs i kapitel två har man använt sig av liknade analysmetoder för att påvisa fettsyror och utfällningar på måleri. I dessa studier har proven också varit mycket små, möjligt är att deras apparatur varit mer känslig och bättre anpassad för ändamålet.

En teori var i ett inledande skede att det som såg ut att vara kristallbildningarna skulle kunna vara en av orsakerna till att måleriet släpper från träunderlaget och krullar sig. Genom litteraturstudien och de resultat som analyserna gett så är detta mest troligt inte fallet. Bildandet av kristaller i form av metallsalter och andra utfällningar är en naturlig del av måleriets åldrandeprocess, vilket främst ger upphov till oönskade estetiska skador på måleriet. Ingen funnen studie beskriver att kristaller eller kristallina utfällningar skulle ge upphov till stora strukturskador på ett oljemåleri.

Arsenik och svavel återkommer i SEM-analyserna gjorda i anslutning till färgen och utfällningar på måleriet. Arseniken kan vara en anledning till att det fanns så få insektsangrepp på predikstolen. Varifrån arseniken härrör är svårt att säga, det kan vara en tidigare odokumenterad behandling man har gjort av predikstolen för att just undvika insektsangrepp och röta eller så kan det vara från pigment i färgen så som orpiment.

Pigmentteorin kan också vara relevant då samtliga tre prover som indikerar arsenik är tagna i områden där den gula färgen förekommer. Orpiment är en arseniksulfid som använts främst inom interiört måleri och då oftast för att efterlikna guld. Orpiment ger färgen en lång torktid, vilket innebär att man bör använda sig av en snabbtorkande olja. Användandet av orpiment i kombination med en långsamt torkande olja kan föra med sig skador i målerisiktet, färgen kan krympa och ger då en färgfilm med resta kanter (van Loon, 2008, s 86), vilket stämmer överens med de observationer som gjorts av den gula färgflagan. Skador i dessa färgskikt skulle således kunna skyllas på målertechniken.

En annan studie beskriver hur arsenikoxid som är en produkt av fotoxidation av arsenik innehållande pigment, kan transporteras genom vatten i porer och mikrosprickor i färgfilmen, vilket leder till att arsenik i praktiken kan återfinnas över

hela måleriet (Keune K, & Boon, J.J, 2011, s6). Här påpekar man även att man bör vara försiktig med användandet av polära lösningsmedel då dessa kan påverka transporten, inte bara av arsenikoxid utan även av fria fettsyror och metallsalter. I och med den höga luftfuktigheten i Holdhus kyrka så finns det goda förutsättningar för transport av dessa ämnen i färgfilmen. En genomsökning av litteratur har gjorts för att dels se om orpiment kan fluorescera rödrosa, dels för att se om någon tidigare studie nämner migration av arsenik i samband med förtvålning. Båda dessa frågor får dock lämnas obesvarade.

Magnesium återkommer i proven från färgfilmen och utfällningen från den träreana undersida av predikstolen. Detta ger indikationer på att magnesiumet inte i första hand härrör från färgfilmen utan kan komma från havsluft eller från en eventuell odokumenterad behandling av predikstolen. Provet som togs under predikstolen gav indikationer på två magnesiumhaltiga salter, magnesiumoxalat och magnesiumfosfat.

Fosfater kan oftast härledas till fågelträck eller gödningsmedel, men det ger svårigheter att förklara hur de kan ha gett upphov till fällningen under predikstolen. Dock kan sägas att fosfater ger en god grogrund för mikrobiell nedbrytning. I en studie som beskriver salters nedbrytande effekt i muralkonservering så nämns tre källor till förekomsten av oxalater; exkrement från larver, mikrobiell nedbrytning av komplexa proteiner och kolmonoxid i luften (Borrelli, 1999, s8). Att hitta en källa till uppkomsten av dessa två salter visade sig vara mycket svårt och denna gåta lämnas till stora delar olöst. Dock ger närvaron av dessa salter i så nära anslutning till måleriet indikationer på att liknade ämnen skulle kunna förekomma även där. Särskilt eftersom magnesium förekom i flera av proverna från måleriet.

## 6 SAMMANFATTNING

Syftet med uppsatsen var att ta reda på hur olika utfällningar och kristaller bildas i anslutning till ett måleri och då företrädesvis ett oljemåleri. Även vilka slags skador de medför på måleriet har varit av stort intresse. Genom analyser har försök gjorts till att fastställa vad som kan ha orsakat de som uppfattades som kristaller på färgproverna från Holdhus kyrka.

I andra kapitlet beskrivs kristaller. Kristaller är fasta tredimensionella faser med ett homogent upprepat mönster av atomer. De flesta kristaller har olika fysikaliska egenskaper beroende på riktningen i kristallen, undantaget är de kubiska kristallerna som på grund av sin höga symmetri b.l.a bryter ljus lika i alla riktningar. Den kristallina strukturen ger kristaller en skarp smältpunkt. Salter är ett exempel på kristaller som byggs upp av positivt och negativt laddade joner. Jonbindningarna gör att saltet är relativt lösligt. Som en förlängning av detta blir kristallisationen av salt beroende av koncentrationen i lösningen och luftens fuktinnehåll.

Genom de studier som tidigare har gjorts gällande bildandet av utfällningar i och på ett måleriskikt kan följande sägas. I konserveringssammanhang talar man ofta om utfällningar och kristaller som, partiklar med högt ljusbrytningsindex eller som en produkt av förtvålning. Utfällningar på och i ett måleri härrör oftast från färgen själv och är då ofta en del av måleriets naturliga åldrandeprocess. Flera studier beskriver hur bindemedlet och andra tillsatser i färgen kan ge ifrån sig fria fettsyror som antingen kan kristalliseras ensamma på ytan eller i en reaktion tillsammans med metaller som kan återfinnas i pigmentet eller andra tillsatser i färgen så som sikkativ. Konserveringsbehandlingar kan också vara en källa till fria fettsyror. Här ibland nämns användandet av vaxer och emulgerade lösningsmedel. Vid försök att avlägsna en oönskad utfällning så bör man vara mycket försiktig. Organiska lösningsmedel kan till synes avlägsna utfällningen, men kan i realiteten bara uppskjuta problemet. Detta eftersom fällningen kan migrera in i måleriskiktet igen, för att fällas ut vid ett annat tillfälle.

I fall där fettsyror reagerat med metallinnehållande pigment och saponifierats till ett salt på måleriets yta så är dessa mycket svåra att avlägsna då de kan sitta hårt bundna till måleriet och är mycket svårösliga. Ett mekaniskt avlägsnande av dessa salter är i princip omöjlig att utföra utan att skada underliggande måleri. I studierna tar man också upp klimatets relation till utfällningar på måleriet, dock råder här stor tveksamhet i vilken utsträckning klimatet påverkar bildandet av olika utfällningar. Vidare studie på klimatets relation till uppkomsten av utfällningar på måleri hade varit av stort intresse.

I tredje kapitlet presenteras Holdhus kyrka och dess predikstol som är själva studieobjektet i denna uppsats. Historik gällande kyrkan och predikstolen ges, samt en genomgång av klimatmätning som gjorts i kyrkan som visar på en mycket hög luftfuktighet. En beskrivning ges av olika lakttagelser som gjorts vid provtagningen. Med fallstudien har syftet varit att ta reda på vad det som i ett tidigt skede antogs vara kristaller egentligen var.

Vidare i det fjärde kapitlet beskrivs de olika analysermetoderna som har valts ut för ändamålet, genom litteratur och expertishjälp. Vid analys av proverna i mikroskop återfanns tecken på närvaron av kristallina ämnen och eventuellt även fria fettsyror. Dessa iakttagelser visade sig svåra att styrka genom ytterligare analyser. Men deras närvaro går heller inte att utesluta. De främsta orsakerna till att utfällningar och kristaller i anslutning till måleriet inte gått att bevisa är att proven varit allt för små för att ge tydliga utslag i FTIR och XRD. Samtidigt har ett prov som togs under predikstolen på en trären yta givit indikationer på två magnesiumhaltiga salter (magnesiumfosfat och magnesiumoxalat). Detta skulle kunna vara en indikation på att det även finns goda förutsättningar för att liknade produkter skulle kunna återfinnas på måleriet, särskilt då SEM-EDX analysen av proverna från färgfilmen visar på förekomsten av magnesium. Andra indikationer som givits av analyserna tas också upp och diskuteras vidare i kapitel fem.



## 7. Figur- och tabellförteckning

Figur 1. Klimatkurva från klimatlogg som varit placerad i Holdhus kyrka från 1/6-2012 till den 16/4-2013.

Figur 2. Vita korn/utfällning på bemålat ornament. Foto: Amanda Svanberg

Figur 3. Vit utfällning på trärens yta under predikstolen. Foto: Amanda Svanberg

Figur 4. Predikstolen i Holdhus kyrka. Pilarna markerar vart de fem färgproven togs. Foto: Johan Winkler.

Figur 5. Tvärsnitt, förstoring 1x500. Foto: Amanda Svanberg

Figur 6. Tvärsnitt i UV-ljus, förstoring 1x500. Foto: Amanda Svanberg

Figur 7. Fria kristalliserade fettsyror. Bildrättigheter: Analytical Chemistry, 1997, s 419A, Copyright 1997 American Chemical Society.

Figur 8. Närbild på färgflaga, bilden är tagen i arbetsmikroskop. Foto: Amanda Svanberg

Figur 9. Gul färgflaga med resta kanter. Bilden är tagen i arbetsmikroskop. Foto: Amanda Svanberg

Figur 10. Vit utfällning på klisterremsa, prov taget från predikstolens undersida. Bilden är tagen i arbetsmikroskop. Foto: Amanda Svanberg

Figur 11. FTIR-spektra, den rosa är klisterremsan och den svarta är provet.

Figur 12. Resultat från XRD-analys av färgflaga med en topp vid 26,6.

Tabell 1. Resultat från grundämnesanalys med SEM-EDX.

Bilaga I. samtliga för- och efterbilder är tagna av Johan Winkler.

## 8. Käll- och litteraturförteckning

### Otryckta källor

Informant 1, Jonny Bjurman. Professor vid Institutionen för kulturvård, kommunikation 19/4-2013 samt 17/5-2013 .

Informant 2, Rodney Stevens. Professor vid institutionen för geovetenskap, kommunikation 17/5-2013.

Stein Mille & Matheson Ingrid, A258 Holdhus kirke. Konsolidering av maling på prekestolen. Forprojeckt, *NIKU oppdragsrapport 37/2013*, s3-10

Stein Mille, A258 Holdhus kirke, Hordaland. Tilstandsregistrering av kunst og inventar. *NIKU oppdragsrapport 186/2011*.

### Tryckta källor

Borén, Hans (red.) (1997). *Kemiboken: för gymnasieskolan NV-programmet. A. 1.* uppl. Stockholm: Liber

Borén, Hans (red.)(2008). *Kemiboken. Kemi B : med laborationer och arbetsövningar.* 4. uppl. Stockholm: Liber

Borrelli, Ernesto. & Urland, Andrea. (red.) (1999). *ARC laboratory handbook, s 3-24*, Tillgänglig på Internet, hämtad 2013-03-07:  
[http://www.iccrom.org/pdf/ICCROM\\_14\\_ARCLabHandbook00\\_en.pdf](http://www.iccrom.org/pdf/ICCROM_14_ARCLabHandbook00_en.pdf)

Ebsworth, Evelyn Algernon Valentine, Rankin, David W. H. & Cradock, Stephen (1987). *Structural methods in inorganic chemistry.* Oxford: Blackwell Scientific

Hoff, Anne Marta, Lidén, Hans-Emil & Storsletten, Ola (red.) (1997). *Norges kirker. Hordaland, H. 2.* Oslo: Land og kirke, s 8-25

Jones, Rica (1992). Paint versus paper? A few notes on the risks posed to oil paint by high humidities and by movement in the support. *Conference Papers Manchester 1992*, s 116-118

Keune, K., van Loon, A. & Boon, J.J.( 2011), "SEM backscattered-electron images of paint cross sections as information source for the presence of the lead white pigment and lead-related degradation and migration phenomena in oil paintings", *Microscopy and Microanalysis*, vol. 17, no. 5, s 696-701.

Keune K, & Boon, J.J, (2011) Can dispersed and migrated arsenic from degraded pigments in paintings be a marker for water-linked transport processes?, In:ICOM-

Ladd, Marcus Frederick Charles (1979). *Structure and bonding in solid state chemistry*. Chichester.

Ordonez, E. & Twilley, J, (1997). Clarifying the haze: Efflorescence on Works of Art. *Analytical Chemistry*, 69(11), s. 416A-422A.

Salvado, N., Buti, S., Nicholson, J., Emerich, H., Labrador, A. & Pradell, T. (2009). Identification of reaction compounds in micrometric layers from gothic paintings using combined SR-XRD and SR-FTIR. *Talanta*, **79**(2), s 419-428.

Sawdy, A. & Price, C. (2005), "Salt damage at Cleeve Abbey, England". Part I: A comparison of theoretical predictions and practical observations", *Journal of Cultural Heritage*, vol. 6, no. 2, s 125-135.

van Loon, A, (2008) Color changes and chemical reactivity in seventeenth-century oil paintings. *UvA Faculty of Science*, s 43-92

## Internetkällor

### Elektronmikroskop

<http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/lang/elektronmikroskop>

Nationalencyklopedin, hämtad 2013-05-19.

### Fria fettsyror.

<http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/fria-fettsyror/174997>, Nationalencyklopedin, hämtad 2013-05-22.

### Klimatdata från Kvamskogens väderstation.

[http://www.yr.no/sted/Norge/Hordaland/Kvam/Kvamskogen\\_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html](http://www.yr.no/sted/Norge/Hordaland/Kvam/Kvamskogen_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html)

Hämtad: 2013-05-09.

### Klimatdata från Blinderens väderstation.

<http://www.yr.no/sted/Norge/Oslo/Oslo/Oslo/statistikk.html>

hämtad: 2013-05-09.

### Kristall

<http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/lang/kristall/231612>,

Nationalencyklopedin, hämtad 2013-03-10.

### Kristallisation

<http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/kort/kristallisation>

Nationalencyklopedin, Hämtad 2013-05-02.

### Precipitate

<http://www.britannica.com.ezproxy.ub.gu.se/bps/search?query=precipitate>,  
Encyclopedia - Britannica Online Encyclopedia, hämtad 2013-05-22.

# Bilagor

## BILAGA I: Bilder från provtagningen

Bilder före provtagning

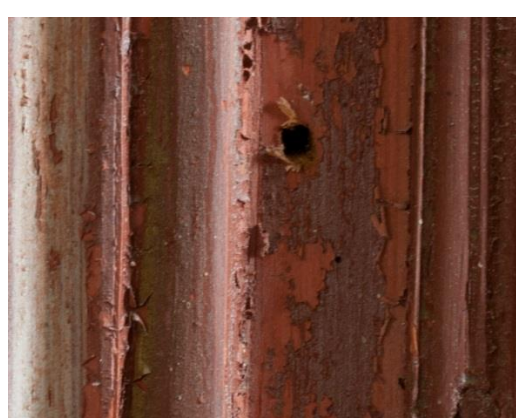
Bilder efter provtagning



Prov 1.



Prov 2.



Prov 3.

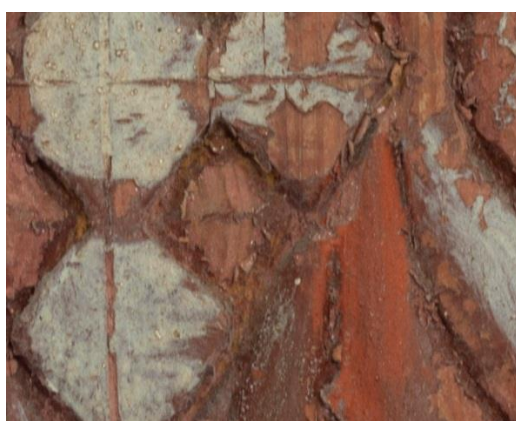


Bild före provtagning



Prov 4.

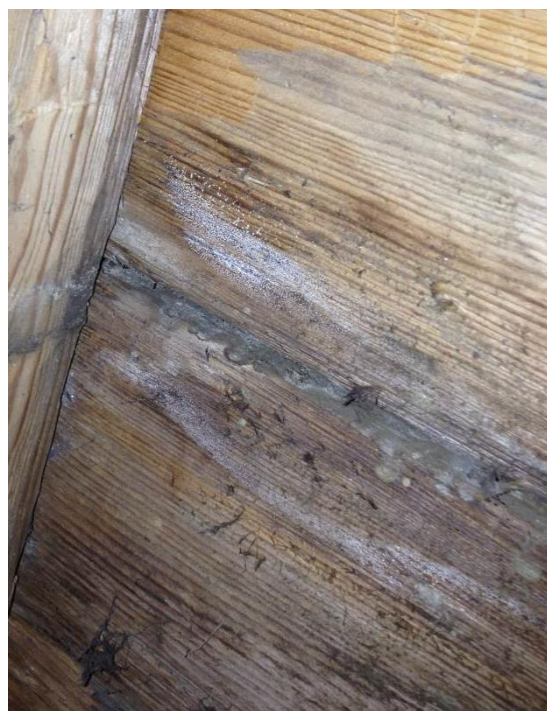
Bild efter provtagning



Utfällning på bemålat ornament,  
prov togs med kisterremsa

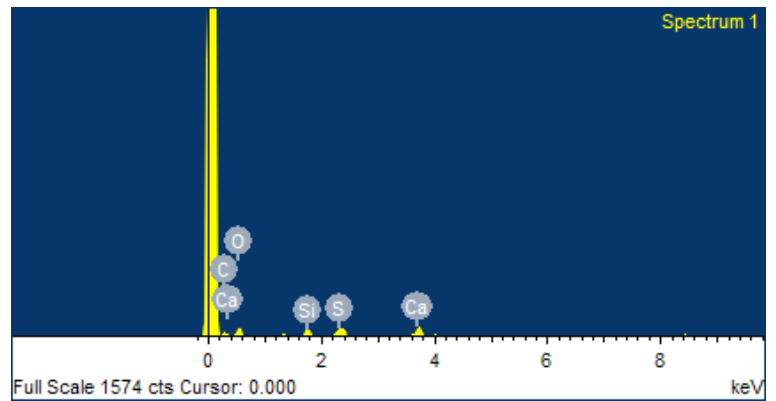
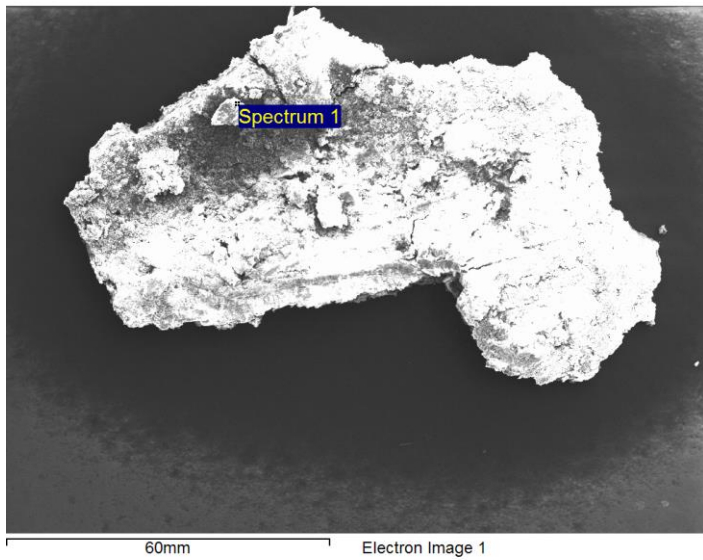


Prov 5. Området där den gula  
färgflagan togs.

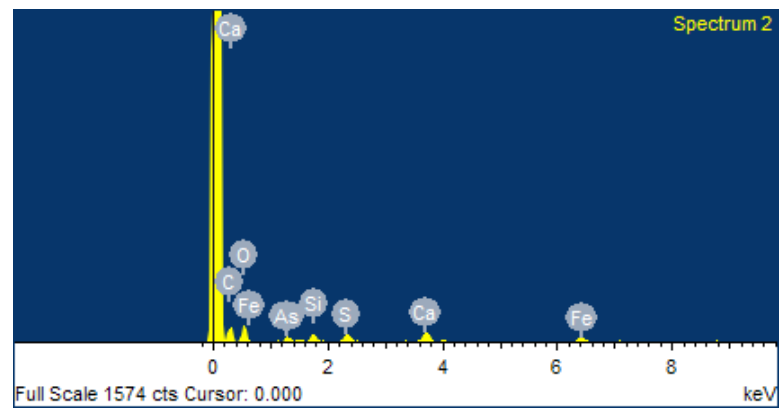
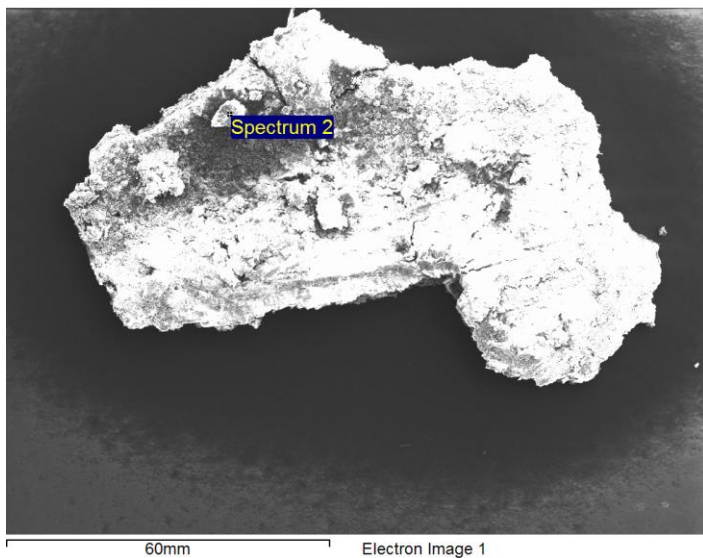


Utfällning under predikstolen,  
prov togs med klisterremsa

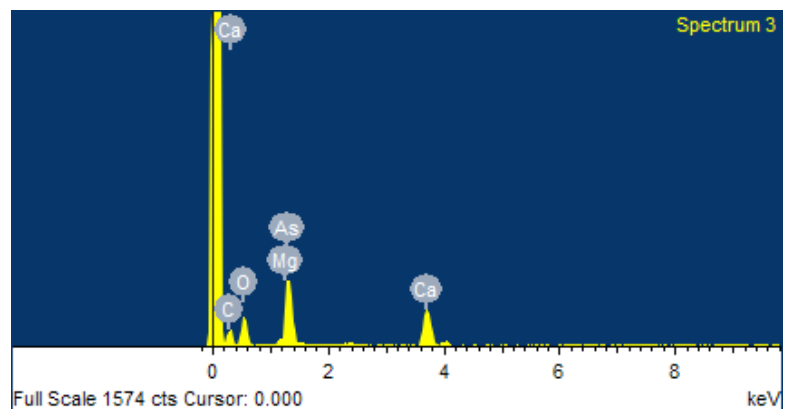
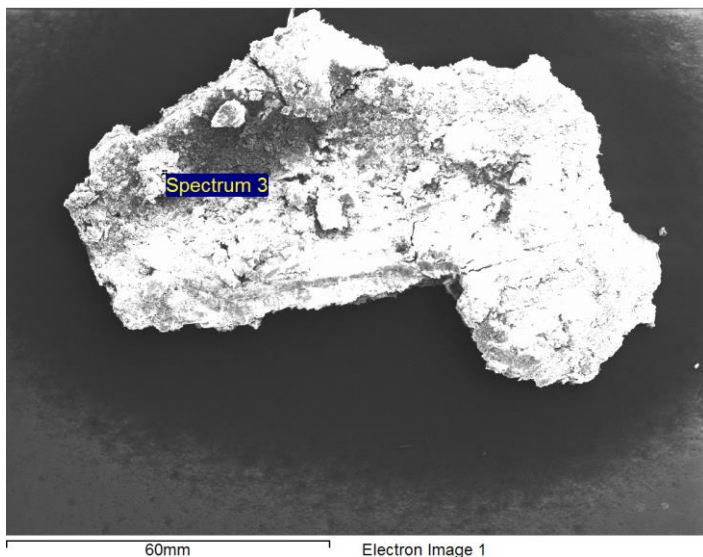
## BILAGA II. SEM-EDX analys



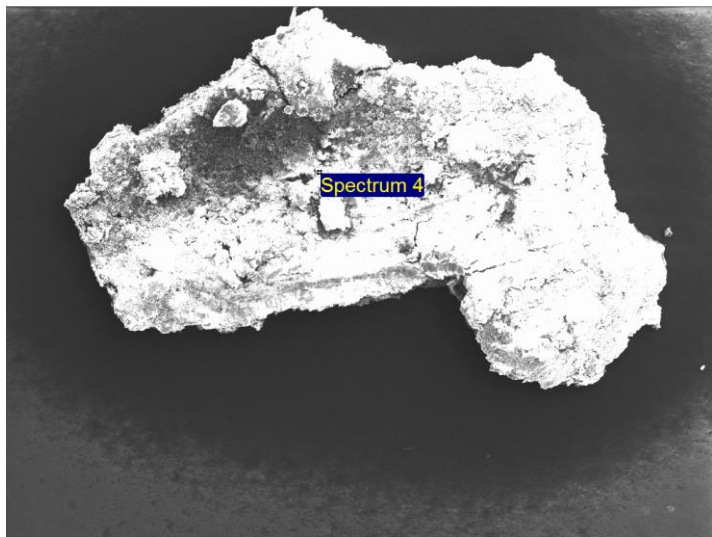
Spektrum av "translucent kristallkorn" på färgflagan med utfällning (prov 4).



Spektrum av "translucent kristallkorn" på färgflagan med utfällning (prov 4).

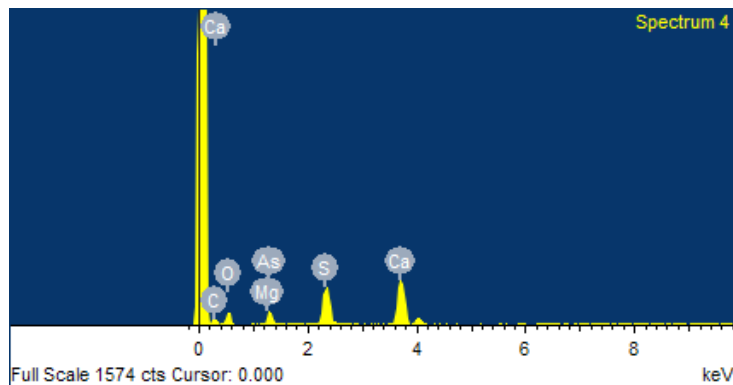


Spektrum av "vit utfällning" på prov 4.

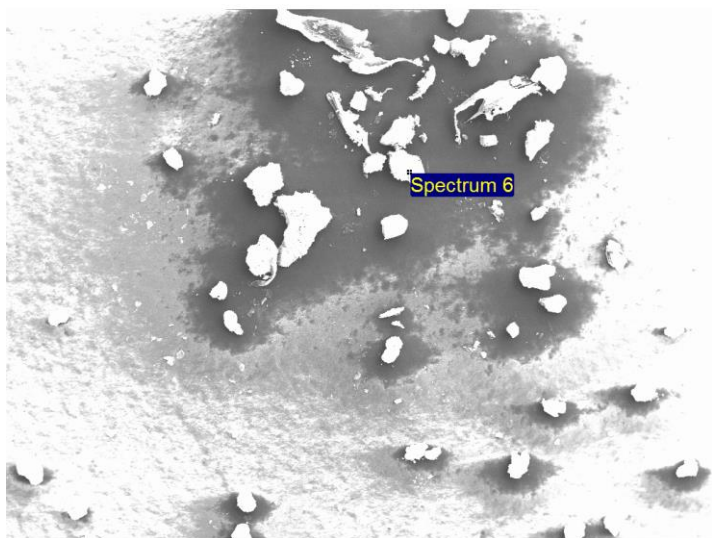


60mm

Electron Image 1

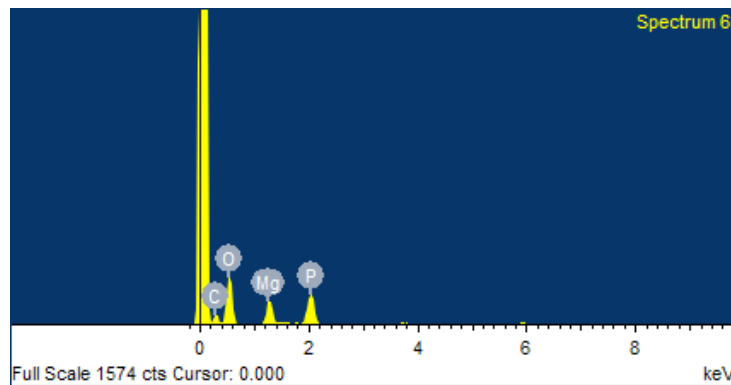


Spektrum av "gulvit utfällning" på prov 4.

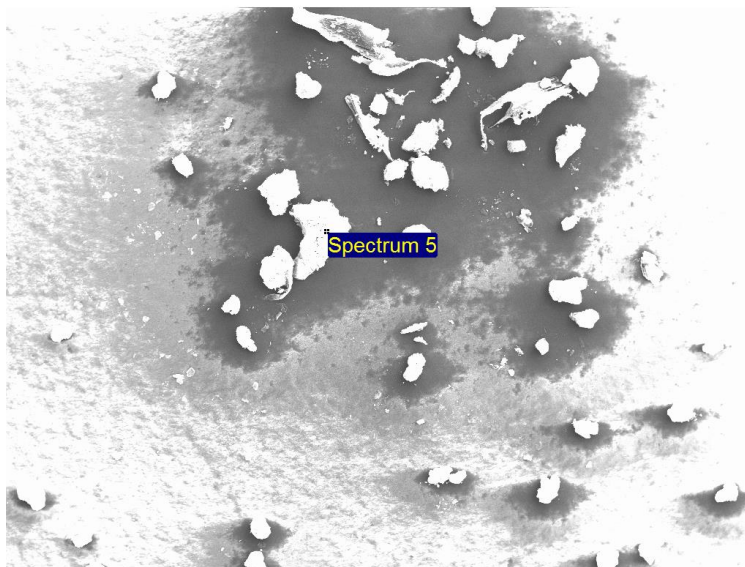


60mm

Electron Image 1

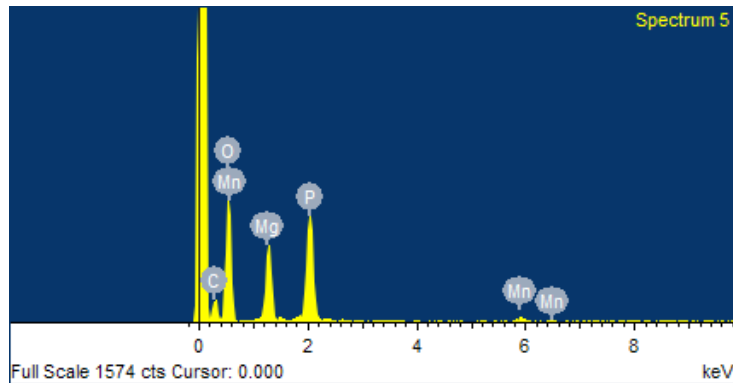


Spektrum av utfällningen under predikstolen på trären yta.



60mm

Electron Image 1

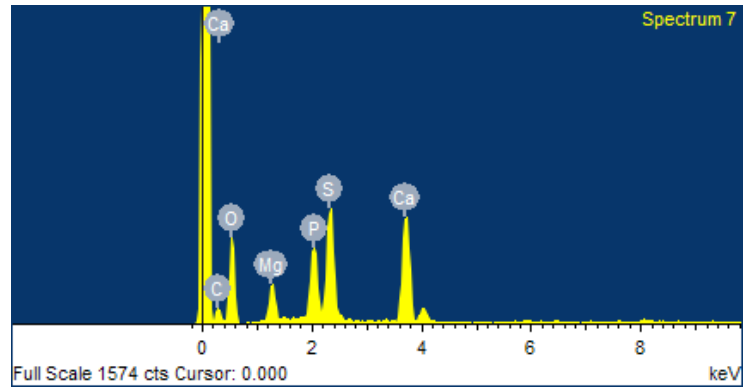


Spektrum av utfällningen under predikstolen på trären yta.

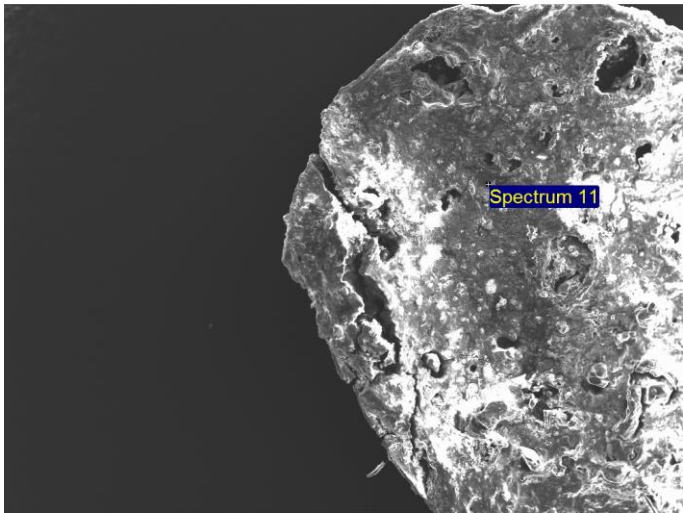


60mm

Electron Image 1

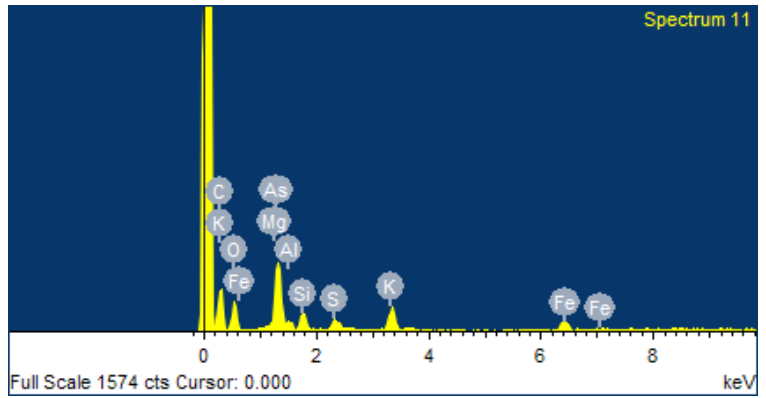


Spektrum av utfällningen under predikstolen på trären yta.



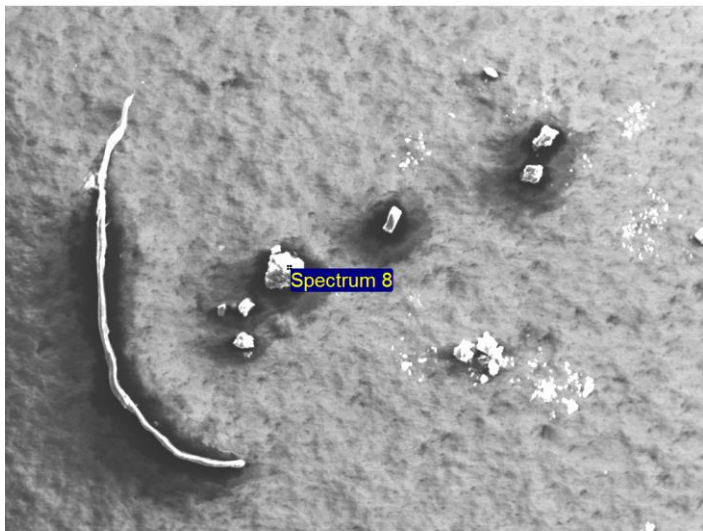
60mm

Electron Image 1

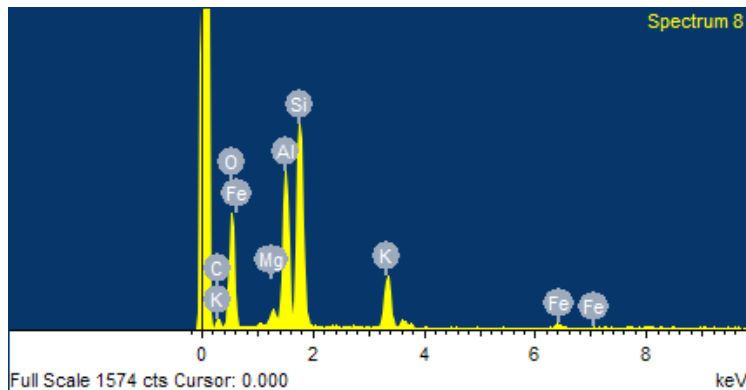


Spektrum av gul färgflaga (prov 5).





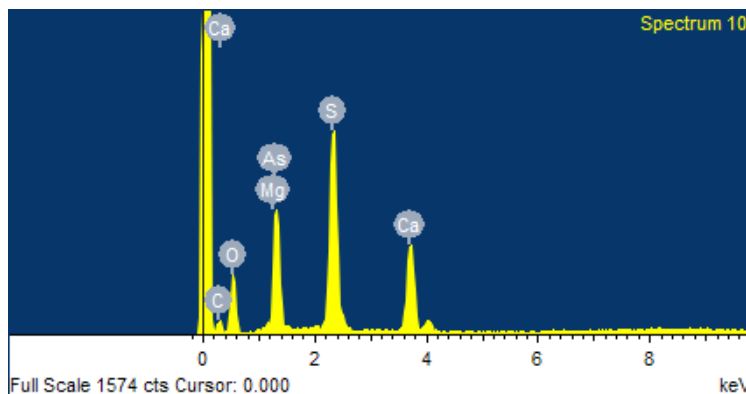
Electron Image 1



Spektrum av utfällning på måleriet.



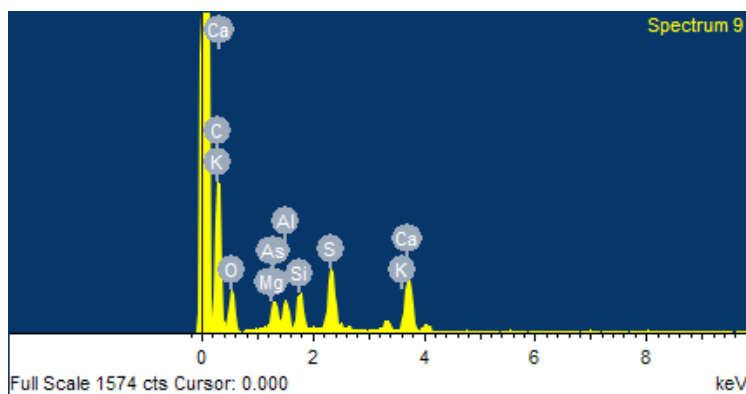
Electron Image 1



Spektrum av utfällning på måleriet.

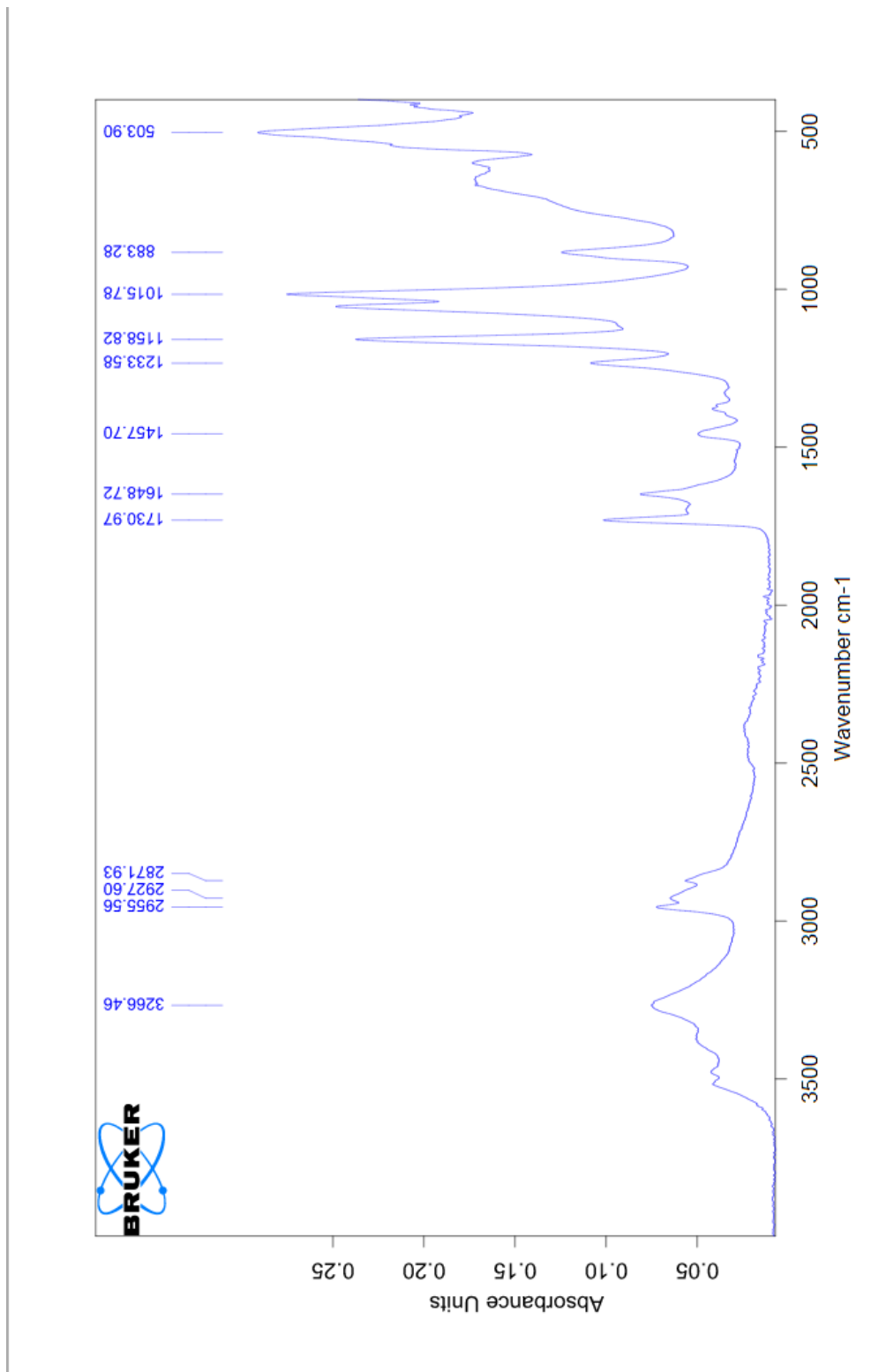


Electron Image 1

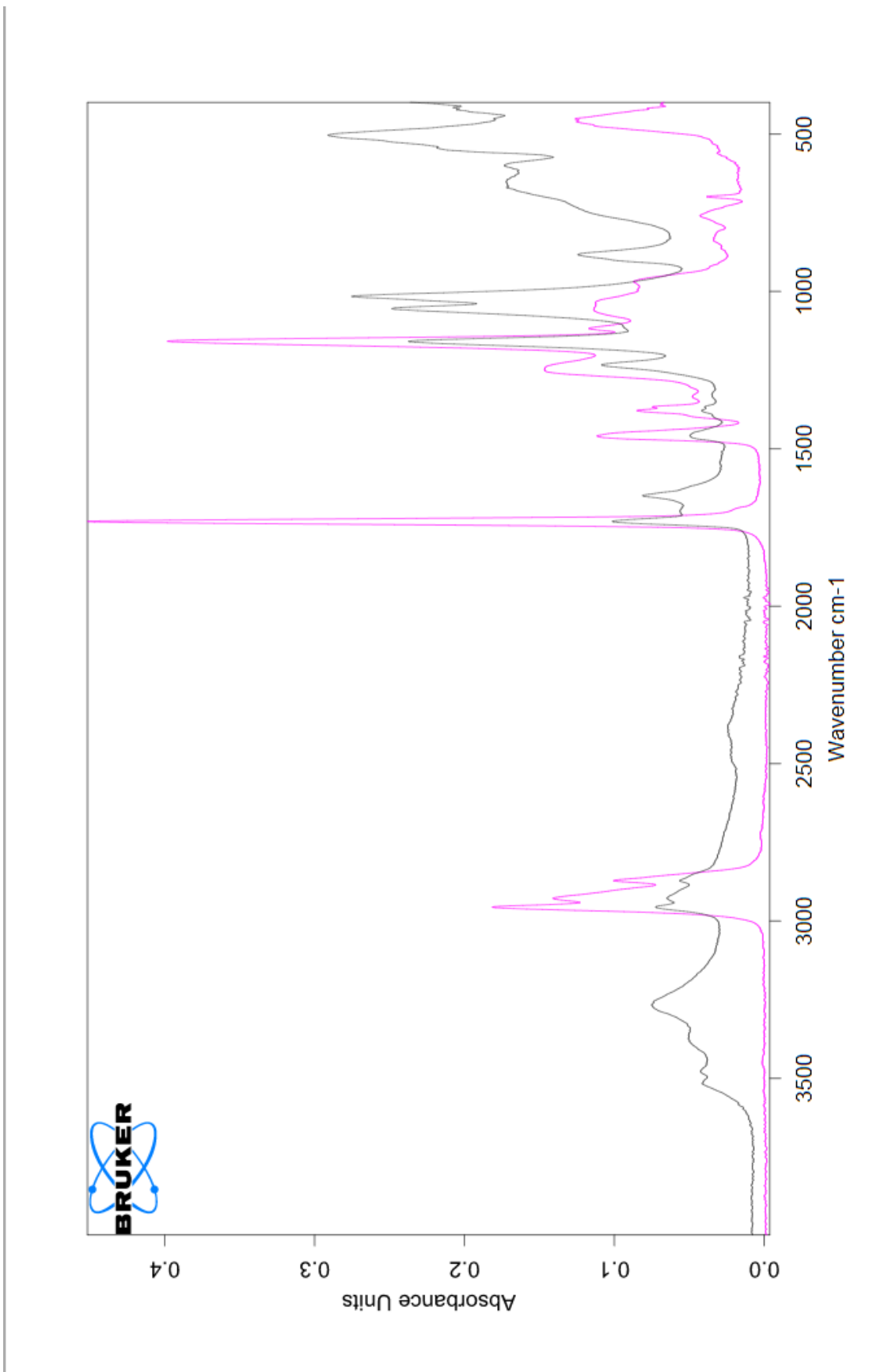


Spektrum av utfällning på måleriet.

### BILAGA III. Spektra från FTIR

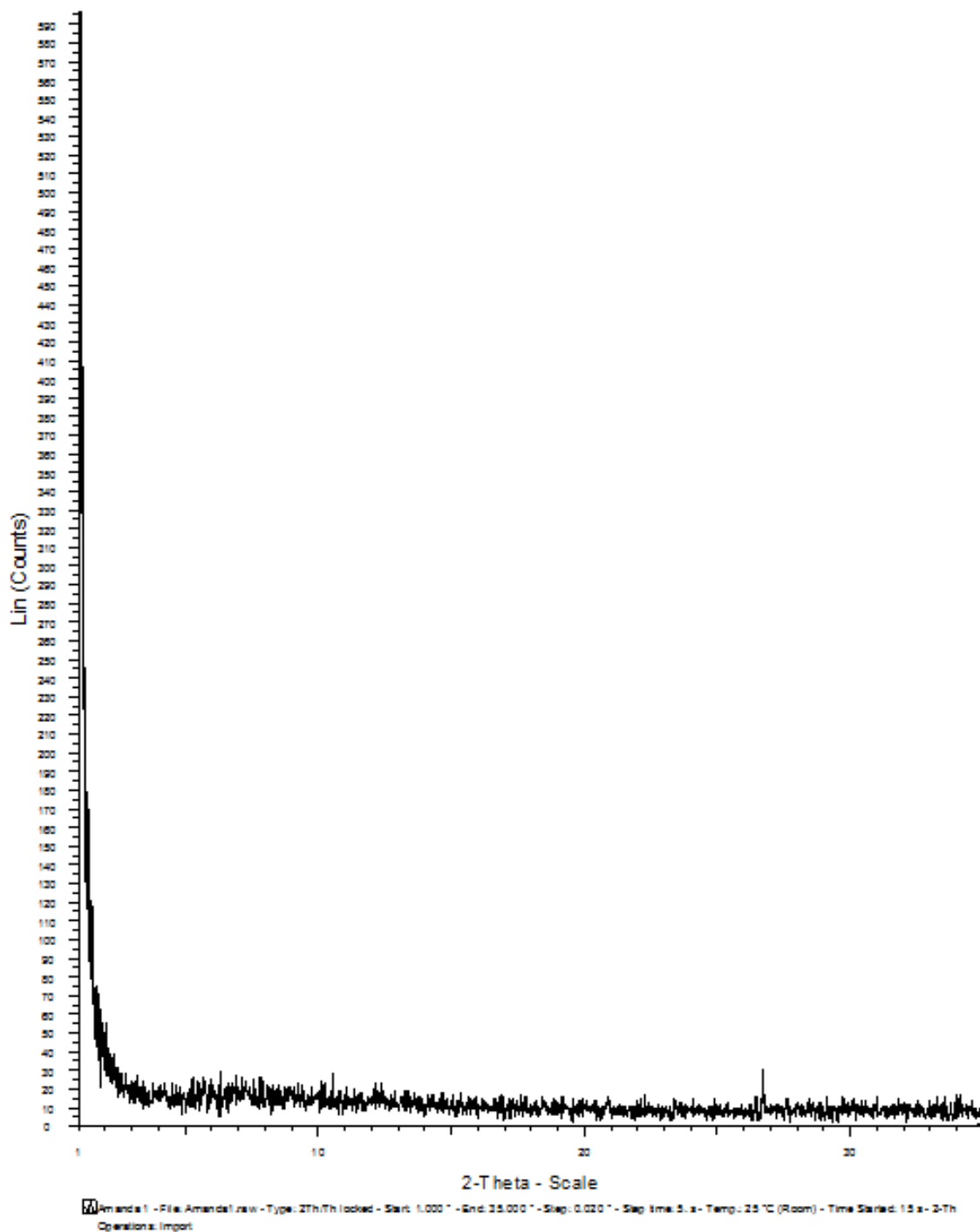


Spektra från prov taget med klisterremsa under predikstolen, med utmarkerade toppar.

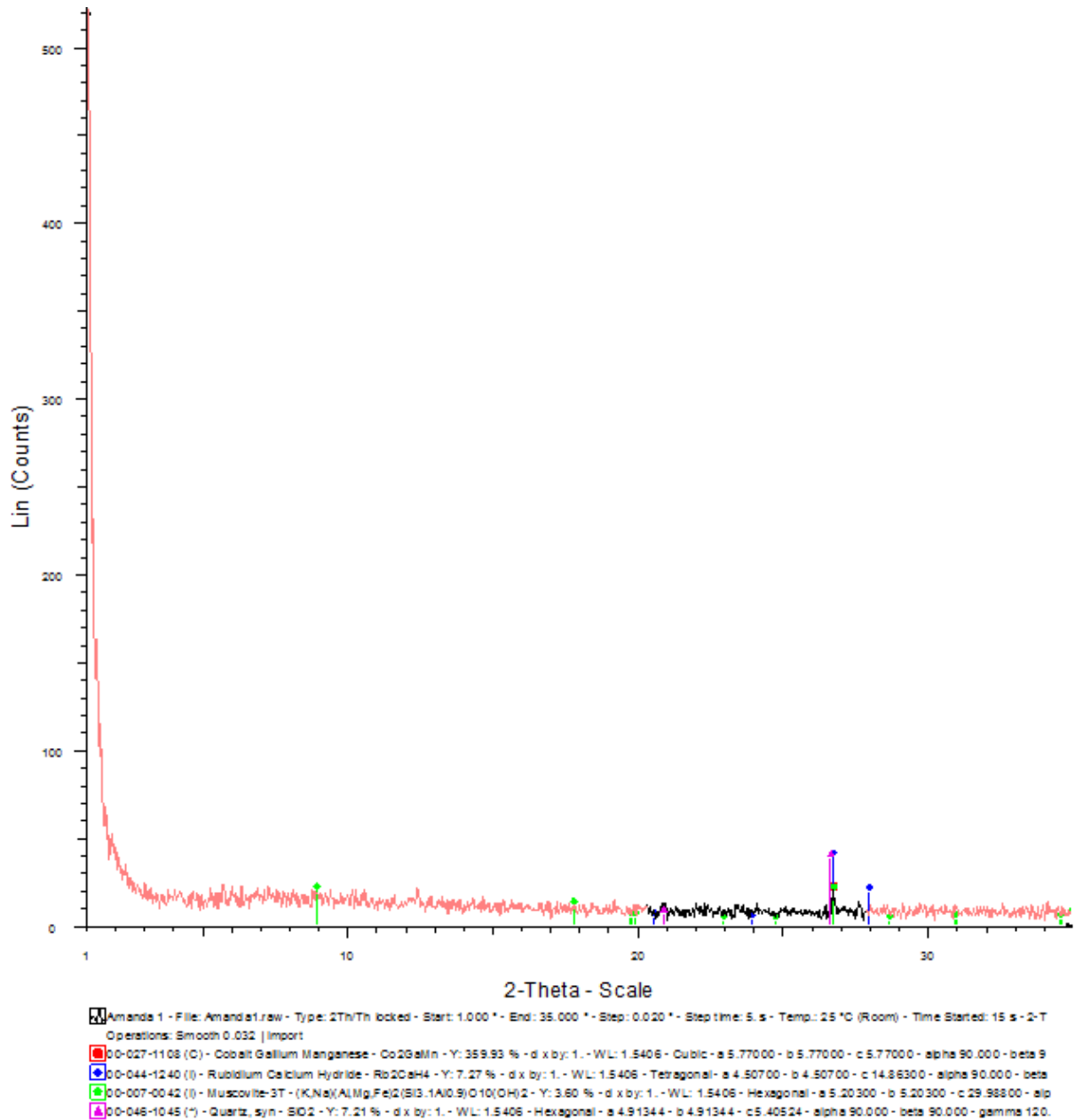


Spektra från ren klisterremsa (rosa) samt provet (svart).

## BILAGA IV. Resultat från XRD



Resultat från XRD, spektrum bestående av en övervägande mängd bakgrundsbrus med en urskiljbar topp vid 26,6.



I Resultat från XRD, spektrum med övervägande bakgrundsbrus med en urskiljbar topp vid 26,6.

# BILAGA V: Klimatdata från Tiny tag

