

Färganalys av några Norrlandskyrkors muralmålningar

April 2017

Forskningsprojekt finansierat av Torsten Söderbergs Stiftelse

genomfört av

Anders G. Nord, Kate Tronner, Misa Asp, Elin Lundmark, Kjell Billström och
Karin Björling Olausson



Enångers gamla kyrka. Foto: A. G. Nord.

Sammanfattning

Pigment från medeltida målningar i sex norrländska kyrkor har analyserats med svepelektronmikroskop (Hitachi S-4300). Målningarna i Enångers och Alnös gamla kyrkor är både omfattande och välbevarade, och gav icke oväntat de mest intressanta resultaten. Även de mer fragmentariskt bevarade målningarna i Hälsingtuna och Grundsunda gav emellertid intressanta resultat, medan endast vanligt förekommande pigment kunde påvisas i de få målningarna i Trönö gamla kyrka och kyrkan i Liden. I Enånger identifierades ultramarin samt volbortit, ett gult kopparvanadatmineral. Hälsingtunas målningar uppvisade förekomst av det ovanliga mineralet vivianit, ett järnfosfat-oktahydrat. Tre blypigment från tre kyrkor har även analyserats med en masspektrometer. Blyisotopernas inbördes relationer ger upplysning om blyets proveniens. Resultaten visar att blypigmenten i Hälsingtuna och Grundsunda kommer från Tyskland, sannolikt från Harz eller Erzgebirge. Provet från Enånger är mer svårtolkat. Sannolikt är det målat med en blandning av två pigment, enligt vår bedömning kommer de från Tyskland respektive svenska Bergslagen. Det senare är ett mycket ovanligt och oväntat resultat.

Summary

The authors have sampled and analyzed pigments from six mediaeval churches in the north of Sweden (Enånger, Alnö, Hälsingtuna, Grundsunda, Trönö and Liden). The analyses were performed with a Hitachi S.3400 scanning electron microscope. The two first mentioned churches display an overwhelming quantity and quality of murals. Here we could also identify ultramarine and yellow volborthite, a rare copper vanadate mineral. In Hälsingtuna, the green iron phosphate mineral vivianite was found. Three lead pigments were also analyzed with a mass spectrometer to determine their lead isotope ratios. It is clear that the two samples from Hälsingtuna and Grundsunda originate from Germany, presumably from the Harz or Erzgebirge regions. The lead pigment from Enånger seems to be a mixture of two pigments originating from Germany respectively Sweden, in the latter case from the so called "Bergslagen" region, where some mines were worked already during the beginning of the Middle Ages.

Bakgrund

Projektgruppens deltagare har tidigare undersökt och analyserat färger på kulturföremål och målningar från vitt skilda tidsperioder. Bland annat har färgspår från runstenar analyserats, men även modernare måleri har undersökts. Tyngdpunkten har legat på undersökning av målningar i svenska medeltidskyrkor. Projektdeltagarna, med gedigen bakgrund från Riksantikvarieämbetet, Nordiska Museet och Naturhistoriska Riksmuseet, har genomfört många avancerade analyser av den unika kulturskatt, som de medeltida kyrkmålningarna utgör. Framför allt har muralmålningar undersökts i Uppland och på Gotland, vilket resulterat i ett tjugotal publikationer (se Litteraturförteckningen). Vi har nu utvidgat våra tidigare studier till att även omfatta medeltida kyrkor i Norrland, vars muralmålningar aldrig tidigare blivit kemiskt analyserade. Arbetsgruppen har nu analyserat färgpigment samt jämfört resultaten med tidigare framtagna data. Även tre blypigment har analyserats med en masspektrometer.

De utvalda kyrkorna

Norrland utgör till ytan större delen av vårt land. De medeltida kyrkorna är dock avsevärt färre än i södra Sverige. Exempelvis har Uppsala stift mer än 100 medeltidskyrkor, medan Härnösands stift har tjuugo och det vidsträckta Luleå stift bara fem medeltida kyrkor. Under medeltidens första århundraden byggdes på Gotland ett stort antal kyrkor. Ännu finns där 92 välbevarade kyrkor, som fortfarande används, samt ett tjugotal kyrkoruiner. För att minimera resekostnaderna i vårt Norrlandsprojekt, har vi i denna första studie koncentrerat våra undersökningar till sex kustnära medeltidskyrkor. Vi har valt tre kyrkor i Hälsingland (Trönö och Enångers gamla kyrkor samt Hälsingtuna kyrka), två i Medelpad (Alnö gamla kyrka och medeltidskyrkan i Liden) samt en i Ångermanland (Grundsunda). De valda kyrkorna tillhör således Uppsala ärkestift och Härnösands stift. En kort sammanfattning av kyrkorna och deras målningar lämnas nedan.

Trönö gamla kyrka. Kyrkans äldsta delar är från 1200-talet, men tillbyggnader gjordes 300 år senare. Den ansågs tidigare vara en av Norrlands bäst bevarade medeltidskyrkor, men den skadades vid en brand år 1998. Intill kyrkan finns ärkebiskop Nathan Söderbloms barndomshem. Väggmålningarna (troligen tidigt 1500-tal) är sparsamma och fragmentariska.

Enångers gamla kyrka. Denna kyrka ligger två mil söder om Hudiksvall. Den började sannolikt byggas redan på 1200-talet, men färdigställdes under 1400-talet. Kyrkan har välbevarade målningar från slutet av 1400-talet, utförda av den s.k. Tierpsgruppen. Denna anses vara efterföljare till den namnkunnige mästaren Johannes Iwan, verksam i Uppland under mitten av 1400-talet. Valven har aldrig varit överkalkade och är dessutom förskonade från hårdhänta restaureringar. Rik bemålning finns på praktiskt taget alla ytor i denna kyrka som har två läktare (se foto nedan). Målningarna är ett utsökt exempel på senmedeltida monumentalmåleri. Bland motiven märks Marias förbön, evangelisterna, samt ett stort antal helgon (St. Eskil, Helena, Gregorius, Ambrosius, Ragnhild, Barbara, Hieronymus, Botvid m.fl.).



Hälsingtuna kyrka. Denna kyrka härstammar från sekelskiftet 1100/1200. Kyrkan ligger några kilometer nordväst om Hudiksvall. De fragmentariska muralmålningarna är utförda av en okänd mästare. De har troligen tillkommit i början av 1300-talet. Muralmålningarna finns i huvudsak på långhusets sydvägg; de framstår nu som konturteckningar men har sannolikt varit betydligt färgrikare. Ett exempel viss nedan.



Alnö gamla kyrka. Kyrkan är en av de äldsta i Norrland, och tillkom redan under 1100-talet. Den ligger på Alnön öster om Sundsvall. Liksom Enångers gamla kyrka är Alnö kyrka försedd med två läktare och en ovanligt rik bemålning. Muralmålningarna från slutet av 1400-talet ansågs länge ha utförts av Eghil målare, men har av Nisbeth (1986) i stället tillskrivits den yngsta generationen inom den s.k. Tierpsgruppen. Valvmålningarna har förskonats från överkalkning. Väggmålningarna har dock varit överkalkade, och vid framtagningen år 1927 gjordes en del kompletteringar och retuscher både på väggar och valv. Bland de talrika motiven märks scener ur Kristi levnad, hållandet av Job, samt flera helgon: Barbara, Antonius, Gregorius, Ambrosius, Hieronymus m.fl., d.v.s i stort sett samma porträttgalleri som i Enångers gamla kyrka.

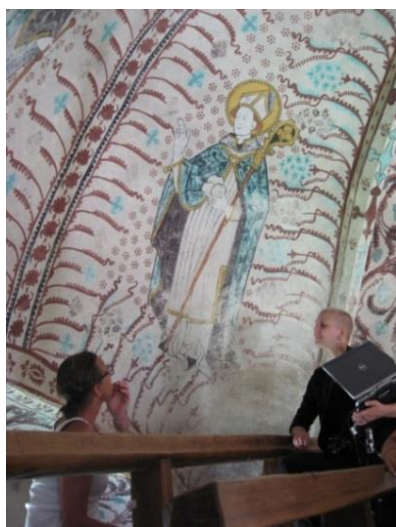
Lidens gamla kyrka. Kyrkan ligger i Indalsälvens vackra dalgång, ca 5 mil nordväst om Sundsvall. Kyrkbygget påbörjades i slutet av 1400-talet av dominikanermunken pater Josephus, och avslutades 1510. Kyrkan har fragmentariska målningar från mitten av 1500-talet. Det finns stora likheter mellan dessa målningar och de som finns i Grundsunda kyrka.

Grundsunda kyrka. Kyrkan ligger ca 2 mil nordost om Örnsköldsvik. Den byggdes på 1300-talet, men väggmålningarna, och förmodligen även de ursprungliga valvmålningarna, tillkom under 1500-talet. Motiven är medeltida men med renässanskaraktär. Långhusvalvens kappor och valvstrålar är sparsamt dekorerade med bladslingor och ornament i rött, gult, blått och svart. Valvmålningarna är till största delen rekonstruktion/nymålning efter framtagningen år 1938 och till viss del från konserveringen på 1970-talet, då större partier lagades, putsades om och rekonstruerades. Väggarnas måleri är i högre grad ursprungligt men delvis kraftigt "bättrat" (se foto nedan). Syd- och västväggen (i vänstra travén) är bemålade med växtornament, akantusblad, blommor och frukter i rött, gult, ljusgrönt och svart, medan det på nordväggen återfinns figurativt måleri samt fragment av målad växtlighet. Figurativt måleri förekommer även på sydväggen.



Provtagning och kemiska analysresultat

Försiktig provtagning från målningarna genomfördes av projektgruppens erfarna konservatorer. (Från Trönö och Liden fanns tidigare tagna prover). Samtliga provtagningsställen fotograferades digitalt och dokumenterades noggrant. Pigmenten har analyserats med ett svepelektronmikroskop (Hitachi S-4300) med en enhet för mikroröntgenanalys (SEM/EDX). Analysarbetet har av projektgruppens kemister utförts på Naturhistoriska Riksmuseet (Avd. för Geovetenskaper). Resultaten visas i Tabell 1-2. I bilden nedan illustreras Sankt Eskil i övre läktaren i Enångers gamla kyrka, med två av arbetsgruppens konservatorer (Misa Asp, Elin Lundmark).



Tabell 1. Resultat av pigmentanalyser från målningar i tre medeltida kyrkor i Hälsingland.
Kalk finns i alla prover och anges ej specifikt i tabellerna. Detaljer finns i ett separat Appendix.

Kyrka	Motiv	Provplats, färg	Nr	Analysresultat
<u>Trönö</u> ^a	Ej identifierat motiv	Nordväggen, beige parti	T-1	Gulockra, sandkorn
<u>Enånger</u> ^b Nästan alla prover innehåller kalk och sand	St. Eskil, övre läktaren	Grön mantel	E-1	Malakit med litet atakamit, gips
		Svart schablon på grön dräkt	E-2	Azurit och kol
		Blå krage	E-3	Ultramarin, azurit
		Brun mantel	E-4	Blymönja och plattnerit
		Röd färg i dräkt	E-5	Järn(III)oxid
		Svart sko	E-6	Kol
		Brungul stav	E-7	Gulockra
		Bräm på dräkt	E-8	Gulockra, gips, litet järn(III)oxid, spår av titan
		Brun schablon	E-9	Blymönja och plattnerit
		Röd slinga	E-10	Järn(III)oxid
	St. Dorotea	Grön schablon med gult fält	E-11	Grönt: malakit Gult: Kopparvanadat
		Svart prick i schablon	E-12	Azurit, delvis omvandlat till svart tenorit (CuO)
	Sköldbåge i taket	Grön slinga	E-13	Snitt
<u>Hälsingtuna</u> ^c	Ornament Nästan alla prover innehåller kalk och sand	Grön färg	H-1	Atakamit
		Blågrön färg	H-2	Atakamit
		Röd slinga	H-3	Järn(III)oxid
		Rödorange band	H-4	Järn(III)oxid
	Helgonfigurer (fragment)	Blågrön färg	H-5	Vivianit (järnfosfat-octahydrat)
		Brunröd färg	H-6	Blymönja med spår av cinnober
		Röd färg	H-7	Blymönja med spår av cinnober
	Fragment med helgon och en byggnad	Gråblått torn	H-8	Kalk och sot, spår av järn
		Ansikte	H-9	Kalk med spår av järn (ev. Caput Mortuum)

^aSannolikt målningar från tidigt 1500-tal.

^bTierpsgruppen, 1400-talets senare hälft.

^cSannolikt målningar från 1300-talet.

Tabell 2. Resultat av pigmentanalyser från målningar i medeltida kyrkor i Medelpad (Alnö och Lidens gamla kyrkor) samt Ångermanland (Grundsunda). Kalk finns i alla prover och anges ej specifikt i tabellerna. Detaljer finns i ett separat Appendix.

Kyrka	Motiv	Provplats, färg	Nr	Analysresultat
Alnö ^d	Håndet av Job. Övre läktaren.	Blå färg ovanför dräkt	A-1	Azurit
		Svart mössa	A-2	Kol, gips, sand, spår av järn
		Gulorange färg	A-3	Gulockra
		Röd dräkt	A-4	Järn(III)oxid, sandkorn
		Olivgrön mark (gräs) under dräkten	A-5	Grönjord
		Rosa markparti (en matta?)	A-6	Järn(III)oxid och mycket kalk
		Detalj med grön färg i olika nyanser	A-7	Grönjord samt kromoxidgrönt (Cr ₂ O ₃ ; sentida påmålning)
		Blå färg i rester av gloria	A-8	Kol, spår av koppar (azurit?)
		Blå färg i ornament	A-9	Azurit
		Gul slinga i ornament	A-10	Gulockra
	Munk bredvid St. Antonius (övre läktaren).	Blå-svart dräkt	A-11	Kol samt spår av koppar (azurit?)
	St. Sebastians martyrium med bågskyttar.	Svart färg från randiga kortbyxor	A-12	Kol (sot)
Liden ^e	Ornament med i huvudsak rosa och grå färger.	Grått parti	L-1	Kol
		Rosa färg	L-2	Järn(III)oxid med mycket kalk
		Olivgrön	L-3	Grönjord
Grundsunda ^f	Huvudsakligen prover från ornament i valvens svicklar.	Orange färg	G-1	Blymönja med litet järn(III)oxid
		Röd färg	G-2	Järn(III)oxid
		Gråaktig färg	G-3	Mest kalk, med litet kol och järn(III)oxid
		Svart fläck	G-4	Plattnerit (PbO ₂)
		Gul fläck	G-5	Gulockra samt litet baryumsulfat (modern påmålning)
	Vägg ovanför läktaren.	Gröna fläckar	G-6	Malakit och kromoxidgrönt (modern påmålning)
		Gult band	G-7	Gulockra

^dMålningar från slutet av 1400-talet, sannolikt utförda av den yngsta generationen av Tierpsgruppen.

^eOtydliga väggmålningar från mitten av 1500-talet.

^fMålningar från 1500-talet av okänd mästare.

Blyisotopanalyser utförda med masspektrometer

Ursprunget för bly i en blyförening kan ofta fastställas genom blyets isotopsammansättning. De lokala variationerna kan nämligen vara avsevärda. Detta beror på att bly bildats radiogent, d.v.s. genom sönderfall av tyngre radioaktiva ämnen (uran eller torium), vilket givit upphov till tydligt mätbara procentuella skillnader mellan de fyra stabila blyisotoperna (²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb och ²⁰⁸Pb). Den radiogena bildningen gör att den geologiska åldern mycket starkt påverkar de uppmätta isotopförhållandena. ²⁰⁴Pb har inte bildats radiogent, och används därför som referensisotop i geologiska sammanhang. Resultaten redovisas oftast med de tre kvoterna ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb och ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb. Vid arkeologiska undersökningar redovisas även isotopkvoterna ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb och ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb.

Isotopsammansättningen för de tre valda blypigmenten bestämdes med hjälp av en mycket noggrann masspektrometer av fabrikat Nu Plasma-II MC-ICP-MS. Denna fungerar enligt principen att olika isotoper av ett och samma grundämne (i detta fall bly) kan sorteras och separeras utifrån olikheter i deras massa. Erhållna mätdata standardiseras relativt värden givna för en internationell standard (NBS 981) och mätnoggrannheten är mycket hög. Erhållna data redovisas i Tabell 3.

Tabell 3. Resultat från blyisotopbestämningarna. Angivna värden är medelvärden från två oberoende mätningar. Noggrannheten bättre än $\pm 0.10\%$ för kvoterna med Pb^{204} , och omkring $\pm 0.05\%$ för kvoterna med Pb^{206} .

Kyrka	Prov	Pigment	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
Hälsingtuna	H-6	Blymönja med spår av cinnober	18.432	15.622	38.365	0.84754	2.08138
Grundsunda	G-4	Plattnerit	18.473	15.626	38.406	0.84591	2.07905
Enånger	E-4	Blymönja och plattnerit	16.608	15.430	36.245	0.92910	2.18245

Blyets ursprung tas fram via ett tvådimensionellt isotopdiagram med olika isotopkvoter, i vilket man jämför hur referensdata för tänkbara blyförande malmer överensstämmer med erhållna resultat för blypigmenten. Om man får en ”träff” mot en specifik malm kan man säga att blykomponenten i provet kan komma från denna malm. Det omvända gäller med större skärpa, d.v.s. om man inte får en ”träff” med en viss malm så kan man bevisa att blyet definitivt inte kommer från denna malm. Proven H-6 och G-4 är sinsemellan mycket lika, och jämförelser med tidigare mätningar (cf. Nord et al. 2015, 2016a, 2017a) antyder ett ursprung från Tyskland, sannolikt Harz eller Erzgebirge. Provet E-4 från Enångers gamla kyrka avviker markant från de andra två proverna. Kan det möjligen härröra från den svenska Bergslagen? Redan under tidig medeltid bearbetades många gruvor i denna region. Området är geologiskt mycket gammalt, ca 1800-1900 Ma (millioner år), och bly från denna region har värden för isotopkvoten $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ som ligger runt 15.70. För mycket yngre Paleozoiska eller Mesozoiska områden är motsvarande isotopkvot betydligt högre, vilket gäller t.ex. Harz och Erzgebirge (Jfr Tabell 3). Enångerprovet ligger litet mittemellan värdena för Bergslagen och Harz, och sannolikt är det en blandning av pigment från två olika områden. För att slutgiltigt lösa detta problem krävs fler prover av olika blypigment från Enångers målningar.

Diskussion

En jämförelse mellan de olika kyrkornas förekommande pigment bör göras med stor eftertanke, eftersom antalet målningar i original från varje kyrka varierar kraftigt. I Trönö och Liden påträffades endast vanligt förekommande pigment som sot (kol), gulockra, grönjord och rödbrun järn(III)oxid (Fe_2O_3). I de fyra andra kyrkornas målningar påträffades även de gröna pigmenten malakit och atakamit, blå azurit, blymönja (Pb_3O_4) och dess oxidationsprodukt plattnerit ($\beta\text{-PbO}_2$). I Enånger identifierades dessutom det dyrbara, blåa pigmentet ultramarin samt svart tenorit (CuO), en ovanlig omvandlingsprodukt av azurit (cf. Gutscher et al. 1989; Mattei et al. 2008). Vidare påträffades det gula kopparvanadatmineralet volbortit (se nedan). Hälsingtunas målningar avslöjade förekomst av vivianit, ett ovanligt blågrönt mineral bestående av järnfosfat-octahydrat $[(\text{FePO}_4)\cdot 8\text{H}_2\text{O}]$. Detta har några gånger tidigare påvisats av författarna, nämligen i de två Gotlandskyrkorna i Bäl respektive Mästerby samt i Kaga kyrka i Östergötland (Nord et al. 2016b). I några kyrkor fanns även spår efter moderna ”bättringar” i form av kromoxidgrönt (Cr_2O_3) och vitt bariumsulfat (BaSO_4).

Varifrån härstammar då de pigment, som de olika medeltida målarmästarna har använt? Flera pigment har sannolikt lokalt ursprung, såsom kol (sot), gulockra, grönjord och rödbrun järn(III)oxid. Det gröna mineralet malakit $[\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2]$ finns ej i Sverige utan har importerats, sannolikt från Tyskland. Förekomst av det gula mineralet volbortit $[\text{Cu}_3\text{V}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ som ett sekundärt mineral i malakit har tidigare undersökts (Nord et al. 2012) och antyder ett ursprung från Tyskland. Atakamit $[\text{Cu}_2\text{ClO}_3]$ är ett i Europa mycket ovanligt mineral och har sannolikt tillverkats syntetiskt, kanske även i Sverige, av metalliskt koppar, salt (NaCl) och luftens syre. Det återfinns ofta som en beståndsdel i ”ärg” på bronsstatyer i kustnära trakter (Nord et al. 2001). Azurit, ett basiskt kopparkarbonat $[2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2]$, har importerats från kontinenten, troligen från Tyskland. Ultramarin (som mineral: *lapis lazuli*) hämtades under medeltiden från Afghanistan och var därför mycket dyrbart. Detta pigment har några gånger tidigare påvisats i muralmålningar av författarna, företrädesvis i ”välbärgade” regioner. Förekomsten av ultramarin i Enångers gamla kyrka kan sannolikt förknippas med den gamla pilgrimsleden från Selångers 1200-talskyrka (nu ruin) via Jämtland till Trondheim under perioden 1100-1500. Förmodligen var Enångers ett viktigt etappmål på vägen söderifrån mot Selångers.

Under senmedeltid har ultramarin kommit att ersättas av det betydligt billigare pigmentet azurit. Exempelvis tycks den namnkunnige målaren Albertus Pictor, i huvudsak verksam i slutet av 1400-talet, aldrig ha använt ultramarin i sina muralmålningar. Järnfosfatmineralet vivianit $[\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$ är även detta sällsynt. I Europa finns kända fyndplatser bland annat i Cornwall, Hagedorf (Bayern), Serbien och Ryssland. Mineralet är uppkallat efter den engelske mineralogen John Henry Vivian, som fann det i Cornwall i början av 1800-talet. Färgen kan växla mellan ljusblått, mörkblått och (ovanligare) grönt (Strunz & Nickel 2001; Scott & Eggert 2007; Nord et al. 2016b). Detta mineral har använts som pigment redan under medeltiden, under ett för oss okänt namn.

Förekomsten av blymönja och dess oxidationsprodukt plattnerit är intressant, eftersom blyets proveniens (ofta) kan fastställas på grundval av det ingående blyets isotopsammansättning. Blypigmenten från målningarna i Hälsingtuna och Grundsunda kommer sannolikt från Tyskland (Harz eller Erzgebirge). Blypigmentet E-4 från Enångers gamla kyrka är mer svårbedömt. Det är sannolikt en blandning av pigment från Tyskland och Bergslagen, ett mycket ovanligt och även oväntat resultat.

Slutsatser

Våra analyser har visat, att ett stort antal olika pigment har använts till muralmålningarna. I Enångers och Alnös gamla kyrkor har de imponerande målningarna utförts av skickliga mästare. I Enångers målningar har det sällsynta (och dyrbara) pigmentet ultramarin använts. Vivianit påvisades i Hälsingtuna kyrka. Det är dock anmärkningsvärt att det vackert klarröda pigmentet cinnober (kvicksilversulfid; HgS) endast sparsamt påträffades i en enda kyrka: Hälsingtuna. I några kyrkor identifierades moderna pigment som kromoxidgrönt och baryumsulfat, använda med syfte att reparera skador på någon målning.

Flera av de använda pigmenten har anskaffats lokalt. I andra fall har sannolikt målarverkstäderna medfört material, som införskaffats från något större och välförsett handelscentrum, till exempel Stockholm.

Tillkännagivande

Ett stort tack riktas till Torsten Söderbergs Stiftelse för det generösa anslag, som möjliggjort denna studie (referens Ö2/15). Vi vill även tacka professor Ulf Hålenius på Naturhistoriska Riksmuseet (Avd. för Geovetenskaper) för att arbetsgruppen fått använda deras elektronmikroskop. Ett varmt tack till personalen i de olika församlingarna och länsstyrelserna för värdefull hjälp vid provtagning och diskussion av erhållna resultat.

Litteraturförteckning

Egna publikationer (Ett urval. Listade i kronologisk ordning)

- A. G. Nord, K. Tronner, Å. Nisbeth & L. Göthberg: Färgundersökningar av senmedeltida kalkmåleri - Härkeberga, Täby, Härnevi och Risinge kyrkor. *Konsveringstekniska Studier* vol. 12 (1996) 1-96. Riksantikvarieämbetet, Stockholm.
- A. G. Nord & Kate Tronner: Chemical analysis of mediaeval mural paintings in Sweden. *Art et Chimie la Couleur (CNRS Paris)*, p. 97-101 (2000).
- A. G. Nord & K. Tronner: Chemical analysis of mediaeval mural paintings. In *Conservation of mural paintings* (Ed. U. Lindborg), National Heritage Board of Sweden (2001) 19-24.
- A. G. Nord, K. Tronner & A. Boyce: Atmospheric bronze and copper corrosion as environmental indicator. A study based on chemical and sulphur isotope data. *Water, Air and Soil Pollution* 127 (2001) 193-204.
- K. Tronner, A. G. Nord, K. Björling Olausson m.fl.: Medeltidsmästarnas färgval. Forskningsprojekt finansierat av Kungl. Vitterhets, Historie- och Antikvitetsakademien. Rapport från RAÄ, Visby 2010 (pp. 1-64). Även på RAÄ:s externa hemsida (www.raa.se/publicerat/rapp2010_8.pdf)
- A. G. Nord & K. Tronner: Analys av några medeltidskyrkors muralmålningar. *Fornvännen* vol. 106 (2011) 334-341.
- A. G. Nord, K. Tronner & K. Björling Olausson: Copper vanadate minerals found in mediaeval mural paintings. *Studies in Conservation* vol. 57 (2012) 183-186.
- A. G. Nord, K. Tronner, R. Kettunen & M. Gustafsson-Belzacq: Färgspår på Martebo kyrkas kapitälband. *Byggnadshyttans Årsskrift*, Visby, (2013b), pp. 109-116.
- A. G. Nord, K. Billström, K. Tronner & K. Björling Olausson: Lead isotope data for provenancing mediaeval pigments in Swedish mural paintings. *Journal of Cultural Heritage* 16 (2015) 856-861.
- A. G. Nord, K. Tronner, K. Billström & M. Gustafsson Belzacq: Pigment traces on mediaeval Gotland stone: seven 12th century baptismal fonts and a ceremonial limestone pew. *Fornvännen* 111 (2016a) 17-26.
- A. G. Nord, K. Tronner, E. Lundmark & M. Asp: "Färganalys av Kaga kyrkas muralmålningar". *Fornvännen* 111 (2016b) 177-183.
- A. G. Nord, K. Tronner, K. Billström & B. Strandberg Zerpe: "Analysis of mediaeval Swedish paintings influenced by Russian-Byzantine art *Journal of Cultural Heritage* 23 (2017a) 162-169.
- A. G. Nord, M. Asp, E. Lundmark, K. Tronner & K. Billström.: Färganalys av 1100-talsmålningarna i Torpa kyrka (Kungsör). *Fornvännen* (2017b); in press.

Övriga publikationer, listade i alfabetisk ordning efter huvudförfattaren

- Burghammer, M. & Riekel, C.: Alteration of vivianite pigments in paint layers of 17th century oil paintings. ESFR Report ME-1199 (2006).
- Eastaugh, N., Walsh, V., Chaplitz, T. & Siddall, R.: *Pigments compendium*. Elsevier, Amsterdam 2004.
- Gettens Rutherford, J., and Stout, G, L.: *Painting materials, A Short Encyclopaedia*, Dover Publications, New York, 1942
- Gettens, R. J. & Stout, G. L.: *Painting materials*. Dover Publ., New York (1966).
- Giovannoni, S., Matteini, M. & Moles, A.: Studies and developments concerning the problem of altered lead pigments in wall paintings. *Studies in Conservation* 35 (1990) 21-25.
- Gutscher, D., Muhlethaler, B., Portmann, A. & Reller, A.: Conversion of azurite into tenorite. *Studies in Conservation* 34 (1989) 117-122.
- Hansen, F. & Jensen, O. I.: *Farvekemi – uorganiske pigmenter*. GAD Förlag, Köpenhamn 1991.
- Howard, H.: *Pigments of English mediaeval wall painting*. Archetype Publ. Inc., London 2003.
- Karlsson, L.: Bilddatabas under [http://medeltidbild/historiska.se/medeltidbild; alternativt www.historiska.se/misc/gemensam/externawebbplatser/medeltidensbildvarld](http://medeltidbild/historiska.se/medeltidbild;alternativtwww.historiska.se/misc/gemensam/externawebbplatser/medeltidensbildvarld).
- McDonald Encyclopedia: Rocks & Minerals. Maxwell Pergamon Publ., London 1988.
- Mattei, E., Vivo, G., Santis, A. & Santamaria, U.: Raman spectroscopic analysis of azurite blackening. *Journal of Raman Spectroscopy* 39 (2008) 302-306.
- Nisbeth, Å.: *Bildernas predikan – medeltida kalkmålningar i Sverige*. Gidlunds Förlag, Värnamo 1986.
- Pegelow, I.: *Gammalttestamentliga bilder berättade i ord och bild*. Carlssons Förlag, Stockholm 2009.
- Scott, D.A. & Eggert, G.: The vicissitudes of vivianite as pigment and corrosion product. *Reviews in Conservation* 8 (2007) 3-13.
- Strunz, H. & Nickel, E.H.: *Mineralogical Tables*, 9th Edition. Stuttgart 2001.
- Söderberg, B.: *Svenska kyrkomålningar från medeltiden*. 1951.
- Thompson, D.V.: *The materials and techniques of mediaeval painting*. Dover Publ. Inc., New York 1994.