



INSTITUTIONEN FÖR KULTURVÅRD

ANALYS OCH IDENTIFIERING AV BEKÄMPNINGSMEDEL I HISTORISKA TEXTILIER

Stina Johansson

Uppsats för avläggande av filosofie kandidatexamen med huvudområdet kulturvård med inriktning
mot konservering

2023, 180 hp

Grundnivå

2023:6

ANALYS OCH IDENTIFIERING AV BEKÄMPNINGSMEDEL I HISTORISKA TEXTILIER

Stina Johansson

Handledare: Johanna Nilsson

Examensarbete 15 hp
Konservatorsprogrammet, 180 hp

UNIVERSITY OF GOTHENBURG
Department of Conservation
P.O. Box 130
SE-405 30 Göteborg, Sweden

<http://www.conservation.gu.se>

Fax +46 31 786 4703
Tel +46 31 786 0000

Program in Integrated Conservation of Cultural Property
Graduating thesis, BA/Sc, 2023

By: Stina Johansson
Mentor: Johanna Nilsson

Analysis and identification of pesticides in historical textiles

ABSTRACT

This essay will investigate the risks associated with pesticide contamination in textile collections and how information about pesticide content can be found. Uniforms from the collection of the now closed Gothenburg military museum was analysed using Dosa test strips for chloride content, XRF-analysis and ATR-FTIR analysis. Due to previous mould and pest problems it is likely that pesticides have been used in the collection. Previous documentation supports the use of Lindane and DDT during the 1960s and 1970s. The aim of the essay is to show how analysis can be used as a tool for museum professionals in order to protect themselves and the environment from the harmful effects of pesticides. Results from the analysed garments show low to no pesticide content and can be considered to not pose any risks of exposure. Results from analysis of a small number of objects cannot be considered representative for other collections and the results and discussion aim to show how the examined methods work and be an example of how analysis can be used in other collections.

Title in original language: Analys och identifiering av bekämpningsmedel i historiska textilier

Language of text: Swedish

Number of pages: 50

Keywords: XRF-analysis, FTIR-analysis, Pesticide Identification, Historical Textiles

ISSN 1101-3303

2023:6

Förord

Tack till alla som hjälp denna uppsats att komma till världen.

Tack till Göteborgs Stadsmuseum och Anna Adrian för en fin praktik och för tillgång till föremål.

Tack till Johanna Nilsson för handledning och till Liv Friis för hjälp med användning av krångliga maskiner.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	12
1.1 Bakgrund	13
1.2 Problemformulering	14
1.3 Syfte och Frågeställningar	15
1.4 Teoretisk referensram	15
1.5 Tidigare forskning	17
1.6 Avgränsningar	18
1.7 Metod	18
1.8 Källor	18
1.9 Källkritik	20
2. Skadedjur och hantering av skadedjur	21
3. Toxikologi	22
4. Bekämpningsmedel	23
4.1 Toxisk metall	24
4.2 Klorväten	25
5. Analysmetoder	27
5.1 Röntgenfluorescens, (XRF)	27
5.2 Attenuated total reflectance Fourier Transform Infrared Spektroskopi, (ATR-FTIR)	30
5.3 Dosatest	31
6. Resultat	32
6.1 XRF	32
6.2 ATR-FTIR	36
6.3 Dosatest	39
7. Diskussion	40
7.1 Tolkning av resultat och utvärdering av metoder	40
7.2 Risker vid arbete med kontaminerade föremål	41
8. Slutsats och vidare forskning	43
9. Sammanfattning	44
Käll- och litteraturförteckning	46
Figurförteckning	49
Tabellförteckning	50
Bilaga 1	

1. Introduktion

Denna uppsats handlar om vikten av att känna till vilka bekämpningsmedel som textilier i museisamlingar kan innehålla och hur information om detta kan hittas. Föremål har undersökts och analyserats för att identifiera spår av bekämpningsmedel. Frågeställningarna undersöks utifrån tidigare forskning, litteraturstudier, dokumentation kring behandling med bekämpningsmedel och empiriskt material från experimentella analyser. Metoder och möjligheter för identifiering av bekämpningsmedel i textila material undersöks. Genom ökad kunskap om olika analysmetoder och deras användbarhet och effektivitet kan risker för bekämpningsmedels exponering minskas. Genom analyser får personal och ledning få en ökad medvetenhet om vilka föremål som innehåller hälsovådliga ämnen och om några risker finns i samlingar. Toxikologisk kunskap om hur exponering sker och vilka symptom olika ämnen ger är ett hjälpmedel vid riskanalys och beslutsfattning angående potentiellt kontaminerade samlingar. Uppsatsen innehåller metodbeskrivningar och reflektioner som kan vara ett hjälpmedel för andra som planerar liknande undersökningar i andra samlingar.

Under min praktik på Göteborgs Stadsmuseum ingick jag i ett inventerings- och flyttprojekt där föremål ur museets textilsamling dokumenterades och packades. Under arbetet hanterades militär- och polisuniformer. För dessa uniformer fanns en osäkerhet kring eventuell tidigare behandling med bekämpningsmedel och möjliga risker vid hantering. Detta startade mina funderingar kring vilka risker som kan finnas vid arbete med textila samlingar och vilka riktlinjer och regler som finns kring arbete i magasin. Under utbildningen på konservatorsprogrammet har vi studerat och använt flera experimentella metoder för att analysera materialsammansättningar och innehåll. Ur detta växte de frågor som kom att bli grunden till den här uppsatsen, dvs. hur konservatorer kan med hjälp av vetenskapliga metoder få en bättre förståelse av de föremål som vi hanterar, samt om analyser kan bidra till en bättre arbetsmiljö där personalen slipper vara orolig för exponering av hälsovådliga ämnen.

1.1 Bakgrund

Skansen Kronan byggdes som en försvarsskans under slutet av 1600-talet men blev aldrig brukad i strid. Byggnaden har haft flera funktioner sedan den avrustades år 1806. Under 1800-talet användes byggnaden som fängelse och nödbostäder för att senare bli militärmuseum (Statens Fastighetsverk, 2022). Göteborgs militärmuseum öppnade i Skansen Kronan hösten 1904 och museiverksamhet bedrevs under 1990-talet innan den avvecklades och samlingarna flyttades till Göteborgs stadsmuseum år 1998 (Lekholm, 1999).

Föremål har varit utställda på första, andra och tredje våningen i Skansen kronan och bottenvåningen har varit magasin för övriga föremål. Byggnaden har haft stora problem med inomhusklimatet. Fukt har kommit in genom murarna, genom dåligt förslutna fönster och genom en läcka i taket. Detta har resulterat i hög luftfuktighet och ett mikroklimat har bildats inne i monstrarna vilket har lett till tillväxt av mögel och gett en fördelaktig miljö för skadedjur.

Under sent 1990-tal genomfördes en sanering av Skansen Kronan och föremålen från Göteborgs Militärmuseum, innan de flyttades till Göteborgs Stadsmuseum. Projektet gjordes inom ett SESAM- projekt, som var en statlig arbetsmarknadsåtgärd där statliga medel delades ut för samlingsförvaltning inom kulturområdet. Regeringen tillsatte medel till en engångsinsats för registrering, dokumentation, gallring, konservering och magasinering av föremålssamlingar och arkiv. Projektet hade även som mål att göra samlingar och arkiv mer tillgängliga och förändra inställningen till arbete i samlingar hos beslutsfattare och allmänheten (Regeringens skrivelse Skr. 1999/00:65). I samband med saneringen skrevs en intern rapport som inte publicerades. Rapporten beskriver de fukt- och mögelproblem som funnits i byggnaden och vilka åtgärder som gjordes för att sanera byggnaden och föremålen i samband med stängningen av Göteborgs Militärmuseum. Som del av saneringen togs prover från byggnaden och prover från föremål som analyserades för innehåll av bekämpningsmedel. Odlingar av mögel togs för artbestämning. Proverna skickades för analys till AnalyCen i Lidköping. Föremål av textil, fjäder och trä analyserades och visade på varierande mängder av Lindan, DDT och DDT:s metabolit nedbrytningsprodukter DDD och DDE. En uniformsjacka innehöll 10 mg/kg DDT och fjädrar från en hatt innehöll 28.5 mg/kg DDT (Lekholm, 1999). Enligt rapporten och intervjuer utförda av Evelina Sand 2004 ska behandlingar med DDT och Lindan ha gjorts i Skansen Kronan vid flera tillfällen under 1960- och 1970-talet (Sand, 2004, Lekholm, 1999).

Utifrån resultaten från analyserna som gjordes på 1990-talet och den historiska informationen om behandlingar av föremål i Skansen Kronan går det att anta att de föremål som undersöks i detta arbete bör innehålla spår av DDT och Lindan. Några historiska belägg för behandling med tungmetaller finns inte men utifrån den historiska användningen av tungmetaller i andra museum är det inte osannolikt att det kan ha använts men inte dokumenterats. Resultat från dessa nya undersökningar kan jämföras med tidigare resultat och föremålen har valts utifrån denna dokumentation då de bör innehålla spår av de tidigare behandlingarna med bekämpningsmedel.

Bekämpningsmedel är kemikalier vars toxicitet och förmåga att skada andra organismer utnyttjas för att döda oönskade organismer. Behandling med bekämpningsmedel påverkar inte enbart de oönskade organismerna utan allt levande som kommer i kontakt med ämnet (Lidman, 2008, s.208). Föremål som tidigare behandlats med toxiska ämnen utgör en risk vid hantering då personal kan exponeras för toxiska ämnen när rester av bekämpningsmedel överförs från föremålen till luften eller till huden och absorberas sedan av kroppen. Det finns olika sätt för gifter att absorberas av kroppen och exponering kan ge olika symptom beroende på ämnet och mängden av giftet. Korrekt användning av skyddsutrustning minskar riskerna för exponering för gifter, detta kräver dock att personal och ledning är medvetna om vilka samlingar som kan innehålla gifter eller spår av bekämpningsmedel. Kunskap kring korrekt användning av skyddsutrustning och i vilka moment skyddsutrustning krävs är viktiga för en säker arbetsmiljö. Rutiner och personlig skyddsutrustning minskar risken för exponering men även eventuell oro kring personliga risker och exponering av farliga ämnen ur samlingarna.

1.2 Problemformulering

Länge var bekämpningsmedlens miljö- och hälsofarliga effekter inte kända och bekämpningsmedel användes flitigt inom många museer och i textilindustrin för att skydda känsliga organiska material från skadedjursangrepp. Synen på bekämpningsmedel har förändrats vartefter medlens miljö- och hälsopåverkningar upptäckts. Användningen har minskat och många medel har förbjudits (Svenska institutet för standarder [SIS], 2016). I många samlingar saknas dokumentation om vilka bekämpningsmedel som använts och i vilken utsträckning, vilket kan innebära en arbetsmiljörisk vid arbete i magasin och hantering av föremål. Idag finns det lagar kring skyddsutrustning och arbetsmiljö men på många arbetsplatser saknas information om vilka ämnen som kan finnas bland föremålen och vilka risker det innebär. Detta gör det svårt för personalen att veta vilka risker de utsätts för (Rossoi & Claire Jessup, 1996). För att ge en säker arbetsmiljö för anställda krävs också att information om eventuella risker i samlingarna och rutiner kring säkerhet förmedlas mellan personalen och att även ny personal är medvetna om eventuella säkerhetsrisker.

1.3 Syfte och Frågeställningar

Syftet med uppsatsen är att undersöka i litteratur vilka arbetsmiljö och hälsorisker innehåll av bekämpningsmedel i museisamlingar kan leda till. Syftet är även att undersöka om analys med Röntgenfluorescens (XRF) och Attenuated total reflectance Fourier Transform Infrared Spektroskopi (ATR-FTIR) kan användas för att spåra och identifiera bekämpningsmedel mot skadeinsekter i föremål som tillhört Göteborgs militärmuseum och förvarats i Skansen kronan.

De frågeställningar som undersöks är:

- Vilka arbetsmiljörisiker kan arbete med bekämpningsmedels behandlade föremål leda till?
- Vilka bekämpningsmedel och mängder kan identifieras i föremål i Göteborgs militärmuseums samlingar?
- Hur fungerar de valda analysmetoderna för identifiering av bekämpningsmedel i ylletextilier?

1.4 Teoretisk referensram

Denna uppsats är till sin natur tvärvetenskaplig då den hanterar ett flertal skilda ämnesområden som sammanstrålar i ett specifikt fall. Huvudämnet är konservering men för den undersökta frågeställningen krävs en förståelse av hur bekämpningsmedels-användning sett ut historiskt och medlens kemiska och toxikologiska egenskaper. Detta kräver en teoretisk utgångspunkt som är metodnära och praktiskt tillämpbar i analys av den insamlade empiriska datan. Arbetet grundas i teorier om preventiv konservering och konserverings-etiska riktlinjer.

Teorin om de tio nedbrytningsfaktorerna presenterades först i Michalski (1990) men var till en början endast nio faktorer. Nedbrytningsfaktorerna är förhållanden som har en nedbrytande effekt på materiellt kulturarv och innefattar föremålens miljö, katastrofer och mänsklig påverkan. De nedbrytningsfaktorer som identifieras i Michalski (1990, s. 591) är: *fysiska krafter (försummelse/ katastrof), brott (vandalism/stöld), brand, vattenskador, skadedjur [pests], föroreningar, ljus/ strålning, inkorrekt temperatur (fluktuationer/ för höga värden) och inkorrekt relativ luftfuktighet (fluktuationer, höga värden, över eller under kritiska värden)*. Den tionde nedbrytningsfaktorn lades till av Waller (1994) och handlar om immateriella värden och lagliga förutsättningar för ett föremål. Faktorn kallas för custodial neglect, sv. försumlig förvaltning. Försumlig förvaltning innebär inte en fysikalisk skada på ett föremål utan hanterar immateriella värden och förlust av information. Den information som kan försvinna är bland annat ett föremåls provinsens och information om tidigare behandlingar. En brist på dokumentation kring utförda behandlingar kan passa in under försumlig förvaltning. Grunden till den undersökta frågeställningen ligger i bristen på

dokumentation kring vilka bekämpningsmedel som används inom museer och på de enskilda föremålen, detta följer teorin om försumlig förvaltning som en faktor som påverkar ett föremåls bevarande.

Inom konservering betyder reversibilitet att en åtgärd som görs på ett föremål går att ta bort eller göras om utan att förändra föremålet från hur det var innan åtgärden utfördes eller att den påverkar föremålets sanna natur (Caple, 2000 s.63–65). Behandling med bekämpningsmedel kan inte ses som en reversibel åtgärd då det innebär tillsats av ett främmande ämne som kan vara svåra eller omöjliga att avlägsna. Behandling med bekämpningsmedel är enligt teorin om reversibilitet något som påverkar föremålets sanna natur då det förändrar föremålet kemiskt och påverkar föremålets tillgänglighet för utställningar, lån, eventuellt återlämnande och kulturellt bruk. All konservering kan vara en risk för föremålet, och material och metoder som inte är testade bör inte användas vid konservering då det är oklart hur behandlingen kan förändras när den åldras (Muñoz-Viñas, 2005). Bekämpningsmedel kan påverka materialet och leda till en minskning av fiberns styrka och färgförändringar, t.ex. textilier infärgade med färgtistel, krapp, kampschträ och indigo som kan färgförändras (Tímár-Balázsy & Eastop, 2012, s.293). Principen om en behandlings oväntade effekter kan appliceras på användning av bekämpningsmedel då få ämnen har undersökts utifrån deras åldrande och påverkan på material. När syntetiskt organiska bekämpningsmedel började användas var deras miljö- och hälsofarliga effekter okända men användes i stor utsträckning inom museer (Wallenborg, 2012). Detta trots att de inte tidigare testats för sin åldrings- eller kemiska egenskaper, vilket strider mot tankar om att konserveringsmaterial ska vara väl beprövade.

Utöver reversibilitet är en av de grundläggande teorierna inom konserveringsetik konceptet om minsta möjlig åtgärd. Minsta möjliga åtgärd är inom konserveringsetik tanken att konservatorn endast ska göra det som är nödvändigt för att uppfylla de mål som finns med konserveringen. Vad som är minsta möjliga åtgärd är alltid relativt till det enskilda föremålet och den teoretiskt minsta åtgärden är att inte agera alls och tillåta att en nedbrytning fortsätter (Muñoz-Viñas, 2005, s. 189). Inför val av konserveringsåtgärd behöver därför åtgärdens syfte vara utrett för att konservatorn ska kunna välja den åtgärd och metod som har minsta möjliga påverkan på föremålet. Caple (2000) har utvecklat ett verktyg som författaren kallar R.I.P-triangeln som ett sätt att beskriva de motstridiga målen som kan finnas med en konservering. Caple (2000) menar att innan en konserveringsåtgärd utförs krävs en förståelse av syftet och målet med det som planeras att göras och hur det kommer påverka föremålet. Alla konserveringsåtgärder kan ses som en kombination av friläggning (Revelation), bevarande (Preservation) och utredande (Investigation) (R.I.P), vilket har gett modellen sitt namn. Balansen mellan de olika aspekterna kan variera men i alla utom de extremaste fallen finns alla tre delar representerad, om med olika vikt (Caple, 2000. s.33–37). Identifiering av bekämpningsmedel har stort fokus på utrednings-aspekten av R.I.P och målet med de experimentella undersökningar som presenteras i denna uppsats är enbart för att ge information om föremålens innehåll och kan placeras nära toppen i Caples triangel. Den information som en utredande åtgärd ger, kan sedan användas som underlag vid val av preventiva åtgärder med större fokus på bevarande.

1.5 Tidigare forskning

Konservatorskåren har länge varit medvetna om problematiken kring bekämpningsmedel i samlingar och ämnet har diskuterats i flera publikationer och på internationella konferenser. Nancy Odegaard har tillsammans med andra publicerat flertalet böcker och artiklar om bekämpningsmedel. *Old Poisons, New problems A museum resource for managing contaminated cultural materials* (Odegaard & Sadongi, 2005) utgår från problematik kring bekämpningsmedel och hur innehåll av bekämpningsmedel kan förhindra repatriering och kulturellt bruk av föremål. Boken skrevs i samband med lagändringar och The Native American Graves protection and Repatriation Act, NAGPRA som kom 1990. Boken går igenom problematiken kring bekämpningsmedel, identifikation, bekämpningsmedlens historia och grundläggande toxikologi.

Undersökning av föremål som tros ha behandlats med bekämpningsmedel har gjorts på flera museer och ett relativt enkelt och tillgängligt tillvägagångssätt för biocididentifiering är att använda XRF för att mäta förekomst av tungmetaller i föremål. Resultat från tidigare undersökningar visar att XRF är en användbar metod för att mäta förekomst av bekämpningsmedel och har gett tillförlitliga resultat i andra undersökningar. Två undersökningar där XRF används för att mäta bekämpningsmedels innehåll är Karydas (2014) och Krug & Hahn (2014). Krug och Hahn (2014) mäter klorinnehåll och menar att XRF-resultat som visar förekomst av klorider kan kopplas till behandling med klorväte baserade bekämpningsmedel som DDT och Lindan. Bartoll m.fl. (2003) undersöker appliceringen av micro-XRF för att mäta klorid innehåll i träföremål, denna studie ämnar undersöka om liknande metoder kan användas för textila föremål.

Karydas (2014) använder XRF-analys för att undersöka förekomsten av metaller i en pre-colombiansk huvudbonad med fjädrar från Mexiko som tros ha tillverkats under 1500-talet. Utöver information om bekämpningsmedel kunde skillnader mellan originalfjädrar och fjädrar som bytts ut under en konservering 1878 noteras. Utöver svavel från fjäder visar XRF-resultaten förekomst av arsenik, brom och bly. Dessa ämnen var länge använda inom muséer för att skydda från skadedjursangrepp och resultaten från XRF-spektroskopin stämmer överens med den hypotes som presenteras av Karydas och visar att XRF är en användbar teknik för att bevisa förekomsten av tungmetaller på organiska material.

Karydas (2014) förklarar hur det underliggande materialet, i det här fallet fjädrar, syns på XRF-spektra och vilka av topparna som hör till fjädern och vilka som bevisar förekomsten av tillsatser. Fjädrar består främst av keratin som är ett svavel-innehållande protein. Även toppar från klor, kalium och kalcium som syns i spektra kommer från fjädrarna (Karydas, 2014). Den experimentella undersökningen som görs som del i denna uppsats är avgränsad till ylletextilier som likt fjädrar består till stor del av proteinet keratin. XRF-spektra från undersökning av ylle kommer troligen likna de resultat som presenteras av Karydas (2014).

1.6 Avgränsningar

Metoder och slutsatser kan till viss del generaliseras till andra textila material men den experimentella undersökningen görs specifikt på uniformsrockar som tillhört Göteborgs militärmuseum. Detta på grund av uppgiftens omfattning men även för att de undersökta föremålen består av liknade material utöver eventuella tillsatser. Detta för att minska eventuella felkällor då föremålen tillverkats med liknande metoder.

Uppsatsen hanterar analys och identifikation av föremål som behandlats med bekämpningsmedel och kommer inte beskriva samlingsförvaltning och rengöring av kontaminerade föremål. Kapitlet toxikologi behandlar övergripande toxikologi och grunder om personlig skyddsutrustning för konservatorer, för vidare information om detta rekommenderas vidare läsning i texter med fokus på dessa områden.

1.7 Metod

Studien grundas delvis i analysmetoder för identifiering av bekämpningsmedel och deras innehåll men även studier av referensmaterial och litteratur kring toxikologi och tidigare behandlingar med bekämpningsmedel i den undersökta samlingen. För att svara på frågeställningarna krävs en förståelse av de valda analysmetoderna, hur de fungerar och hur resultaten kan tolkas. Denna information kommer från undersökning av bakgrundslitteratur och handböcker för användning av analysmetoderna. De analysmetoder som används är XRF, och ATR-FTIR. Den insamlade datan från analyserna tolkas utifrån litteratur kring toxikologi och historisk användning av bekämpningsmedel. Resultat från analyser jämfördes med tidigare analyser av föremål som förvarats i samma lokaler och därför antas ha utsatts för liknande behandlingar. Vidare genomgång av analysmetoder presenteras i kapitel 5. Analysmetoder.

1.8 Källor

De experimentella analyserna gjordes på fem uniformsrockar ur GMM-samlingen i Göteborgs Stadsmuseum. GMM-samlingen har tidigare tillhör Göteborgs Militärmuseum och förvarats i Skansen Kronan. Plaggen valdes utifrån ålder och bakgrund för att ge ett varierat underlag med föremål i olika årsmodeller och från olika regementen. Då föremålen förvaras i magasin och Göteborgs stadsmuseum är i en pågående flytt valdes föremål även utifrån tillgänglighet där föremål som packats för flytt uteslöts.

Inom Göteborgs Stadsmuseums samlingar har föremål som tillhört Göteborgs militärmuseum inventarietprefixet GMM som är en förkortning av Göteborgs Militärmuseum. De undersökta föremålen har inventarienumren GMM:855, GMM:1740, GMM:3675, GMM:4786 och GM:4883 och kommer vidare benämnas utifrån dessa inventarienummer. Föremålen förvaras idag hängande på ställningar monterade på pallar i Stadsmuseets magasin i Göteborg. Pallarna är täckta med en non-woven duk och placerade pallställ i tre våningar. Galgarna är i dagsläget inte vadderade men som en del av den pågående inventeringen ska galgar bytas ut till obehandlade trägalgar som vadderas med bomull. Figur 1–5 visar översiktsbilder av framsidan av de undersökta plaggen.



Figur.1 Vapenrock, attila med inventarienummer GMM:855

Figur.2 Vapenrock, dolma för underlöjtnant med inventarienummer GMM:1740



Figur.3 Vapenrock tillhörande uniform, m/1895 med inventarienummer GMM:3675

Figur.4 Mässjackett tillhörande svensk mässdräkt, m/1878 med inventarienummer GMM: 4786:1

Figur.5 Vapenrock för kapten, m/1939 med inventarienummer GMM:4883

1.9 Källkritik

Den experimentella undersökningen är begränsad till de föremål som undersöks och undersökningens slutsatser kan inte generaliseras för att gälla andra föremål. Undersökningen begränsas även av metodvalet då andra metoder kan ge annorlunda resultat vid undersökning av samma föremål. De analyser som görs undersöker en mindre yta på föremålen och det är möjligt att val av andra eller fler mätpunkter kunnat ge annorlunda resultat. Analys av fler mätpunkter och ytterligare föremål skulle kunna stärka slutsatserna och vara ett tydligare underlag för riskbedömning då en större urvalsvolym ger mer representativa svar för en hel samling. Undersökningen påverkas även av metodernas begränsningar och uppsatsens omfång. Vidare undersökning av uppsatsens frågeställningar kan göras med andra analysmetoder och kan ge delvis annorlunda resultat.

Resultat av ATR-FTIR redovisas som skärmbilder ur behandlingsprogrammet OPUS 7 och analys av FTIR resultaten har gjorts med hjälp av programmets skalnings- och zoomfunktioner. Då skärmbilder ger en statisk bild av datan med specifika inställningar minskar detta möjligheterna till ytterligare analys av läsaren.

I litteraturgenomgången inför teorikapitlet undersöks enbart ett urval av litteraturen som hanterar bekämpningsmedel och toxikologi. Den utvalda litteraturen anses representativ och tillräcklig för att ge en övergripande bild av ämnen som annars faller under annan yrkeskompetens. Den undersökta litteraturen är delvist inriktad mot konservatorer och museipersonal men även mer generell litteratur ingår. Utöver Odegaard & Sadongei (2005) finns få källor specifikt avsedda för konservatorer och museipersonal om bekämpningsmedel och gifter. Detta kan göra att en del av informationen är missvisande då det sätt som personal i museer utsätts för gifter skiljer sig från industriarbetare och hantverkare. Detta beror på att museipersonal idag sällan hanterar koncentrerade bekämpningsmedel utan endast exponeras genom överföring från tidigare behandlade och kontaminerade föremål. Litteratur om kvicksilver nämner exempelvis inandning av kvicksilverånga och exponering för flytande kvicksilver, denna typ av exponering är osannolik vid hantering av textila samlingar då användning av kvicksilver för skadedjursbekämpning har gjorts med kvicksilversalter i fastform och inte med flytande kvicksilver (Odegaard & Sadongei, 2005, s.25). Mycket av den toxikologiska litteraturen beskriver faror vid upptagning av tungmetaller via livsmedel, vilket är en stor del av tungmetalls upptagningen men inte relevant för undersökning av risker vid föremålshantering.

I allmänt tal kan namnen för kemikalier ibland användas synonymt med varandra och ämnen som är kemiskt olika men har liknande effekt kan lätt blandas ihop av gemene man och icke vetenskapliga källor. DDT, Mitin, Eulan och Lindan är alla klorväteföreningar men olika kemikalier med olika kemiska formler. Ämnena har haft samma användningsområden. Detta kan bero på att konsumenter och museipersonal saknar den kemiska kunskapen som krävs för att särskilja ämnena och de har marknadsförts på liknande sätt. Därför bör ett visst ifrågasättande och kontrollerande göras av icke vetenskapliga källor då information om kemi- och ämnesformuleringar inte alltid är korrekt.

Information om den exakta formuleringen av bekämpningsmedel och dess toxicitet kan vara svår att hitta då dokumentationen kring specifika varumärken och hur ämnena påverkar miljön och människor saknas. Extra svårt har varit att hitta information om varumärkes-namn och ämnen som främst funnits på den europeiska marknaden. Litteratur kring toxikologi

nämner inte dessa mindre välkända ämnen, utöver att de är bekämpningsmedel och är förbjudna. På grund av detta saknas en del information om specifika ämnens toxicitet. Detta har gjort att vissa egenskaper hos ämnen har uppskattats utifrån det begränsade källmaterialet och behövs kompletteras med tidigare kemikunskaper och jämförelser med litteratur kring liknande ämnen. Malmedlet Mitin FF har varit speciellt svårt att hitta information om och nämns inte i den toxikologiska litteraturen.

Vid litteratursökning har få källor hittats som undersöker mängder och upptagning av gifter vid föremålshandling och magasinsarbete. Det är viktigt att skilja mellan koncentration av ett ämne, total mängd och mängd som tas upp av kroppen. Korrekt skyddsutrustning gör att upptagningen minskar och den totala mängden av ett gift är inte direkt kopplad till upptagningen.

2. Skadedjur och hantering av skadedjur

Skadedjur är alla levande organismer som kan orsaka skador på föremål och byggnader. Alla skadedjur är inte djur och det svenska begreppet skadedjur inkluderar insekter, gnagare, fåglar, fladdermöss och mikroorganismer som mögel och bakterier (Strang och Kigawa, 2022). Skadedjur är en av de främsta nedbrytningsfaktorerna för organiskt material och hantering av skadedjursrisker är en stor del av samlingsförvaltningen. Ylle och fjäder är båda material som består av keratinfibrer som är ett näringsfattigt och svårsmält protein för skadedjur men angrips ofta trots detta på områden som har fläckar eller föroreningar av mer näringsrika material, detta kan vara rester av tidigare skadedjursangrepp som döda insekter eller rester av mat och fett (Åkerlund m.fl., 1998).

Dagens skadedjurshantering innebär förebyggande åtgärder och samordnad skadedjurskontroll, IPM. Samordnad skadedjurskontroll är ett arbetssätt för att förhindra skadedjursangrepp genom förebyggande åtgärder som städning, inspektioner av angrepp med fällor, karantän för inkommande föremål och utbildning av personal (Svenska institutet för standarder [SIS], 2016). Detta skiljer sig från tidigare bekämpningsmetoder som till stor del förlitade sig på bekämpningsmedel för att behandla angrepp (Pinniger, 2019). Michalski (1990, s. 589) presenterade fem nivåer för kontroll av nedbrytningsfaktorer som blivit centralt i den moderna synen på preventiv konservering: undvik, hindra, upptäck, åtgärda och behandla. Dagens IPM-arbete lägger större fokus på de tre första aspekterna och utgår från tanken att genom att förhindra och förebygga angrepp minskar behovet av åtgärder och behandling. Åkerlund m.fl. (1998) delar in IPM-arbete i friskvård och akuttvård, där friskvård är förebyggande åtgärder och akuttvård är bekämpning av pågående angrepp. Genom att förebygga att skadedjur etablerar sig i en lokal minskar också behovet av akuta åtgärder

3. Toxikologi

Toxikologi är läran om gifter och definieras som kemiska ämnens negativa påverkan på biologiska system. Toxikologi är ett tvärvetenskapligt ämne som inkluderar bland annat biokemi, medicin, ekologi och statistik (Lindman, 2008, s.9). Bekämpningsmedel kan även kallas för pesticider och är ämnen som används för att döda och oskadliggöra oönskade organismer. Pesticider är därför per definition ämnen som har förmågan att alvarligt skada och döda levande organismer. Behandling med en pesticid påverkar inte enbart de oönskade organismerna utan allt levande som kommer i kontakt med ämnet (Lidman, 2008, s.208).

För att ett giftigt ämne ska påverka en organism krävs att den tar sig igenom kroppens skyddsbarriärer och in i blodet. Exponering av gifter kan göras genom slemhinnorna i mag-tarmkanalen och kallas då för oralt. Gifter kan även tas upp genom huden och benämns då som dermalexponering (Lidman, 2008, s.43–50). Oskadad hud utgör en relativt stark barriär mot flera gifter men motståndskraften varierar på olika platser på kroppen beroende på överhudens tjocklek. Överhuden är tjockast i handflatorna och under fötterna och tunnare i ansiktet och i ljumskarna. Större mängder gift tas upp om en person torkar sig i pannan eller gnuggar ögonen än när samma mängd gift finns i handen (Åkerlund m.fl., 1998). Gifter i gasform och partiklar som smuts och damm kan tas upp genom inhalation till lungorna och absorberas till blodet (Birgersson m.fl, 1995).

Effekten av ett gift beror på mängden gift som tas upp av kroppen, inom toxikologi benämns detta som dos-respons. Utöver dosen påverkas reaktionen på ett gift även av exponeringstiden. Akut exponering och akuta effekter är symptom som sker inom ett dygn från exponering och kan ge kraftiga effekter kort tid efter exponering. Kroniska effekter sker efter långvarig exponering där låga doser av ett gift har ansamlats i kroppen efter år av exponering. Att långvarigt vara utsatt för lösningsmedel och tungmetaller faller under kronisk effekt. Cancer och fosterskador räknas till kroniska effekter (Birgersson et.al., 1995).

Inom arbetslivet ökar riskerna för kroniska effekter då exponering för ett gift kan ske regelbundet under ett helt arbetsliv. Gift i en låg dos har sällan en större påverkan på kroppen men om en mindre dos upprepas kan skadorna öka. Museipersonal utsätts för bekämpningsmedel vid applicering av nya behandlingar och vid hantering av tidigare behandlade föremål (Rossoi & Claire Jessup, 1996). Vid all hantering av kemikalier på en arbetsplats ska Arbetsmiljöverkets riktlinjer följas och detta gäller även vid hantering av tidigare kontaminerat material. Arbetsgivare har en skyldighet att förse personal med skyddsutrustning och personal har en skyldighet att korrekt använda skyddsutrustningen (Åkerlund m.fl., 1998). Korrekt använd skyddsutrustning minskar mängden av ett toxiskt ämne som absorberas av kroppen. Skyddshandskar och skyddsrockar fungerar som barriär och hindrar dermal upptagning, munskydd förhindrar inandning av kemikalier och oralexponering då giftet inte når munnen eller tarmen.

4. Bekämpningsmedel

Det finns många olika bekämpningsmedel med olika verksamma ämnen och påverkan på organismer. Några typer av bekämpningsmedel som används inom museer är tungmetaller som arsenik och kvicksilver, klorerade kolväten, organofosfater och svavelinnehållande ämnen. En utförligare lista över bekämpningsmedel som kan ha använts inom museer, deras kemiska formler och trivialnamn presenteras i Odegaard och Sadongei (2005, s. 25–26) för den som vill fördjupa sig.

Tabell.1 listar några av de bekämpningsmedel som använts inom museum, den del av molekylerna som är toxisk och LD₅₀ värden där dessa kunde hittas. Inom toxicologi mäts toxicitet ofta utifrån den mängd som krävs för att döda 50 % av den utsatta populationen, detta värde förkortas LD₅₀-värde och står för lethal dos 50. LD₅₀-värdet ges i mg av gift per kg kroppsvikt i försöksdjuret (Lidman, 2008, s.34). Trovärdigheten för LD₅₀-värden kan ifrågasättas då värdena kommer från tester på försöksdjur och många gifter har olika effektivitet i olika arter. Värdena kan användas för att placera in ett gift på en skala av toxicitet där ett lägre värde motsvarar ett mer toxiskt ämne (Sterner & Lyons, 2010 s.61).

Tabell.1 Information om vissa av de bekämpningsmedel som kan finnas i museisamlingar¹

Bekämpningsmedel, Trivialnamn	Kemisk formel	Aktiva ämnen	LD ₅₀
Arseniktrioxid, arseniksyra	As ₂ O ₃	Arsenik	1–2,5 mg/kg
Kalciumarsenat	As ₂ Ca ₃ O ₈	Arsenik	saknas
Natriumarsenit,	NaAsO ₂	Arsenik	saknas
Koppar acetoarsenit	C ₄ H ₆ As ₆ Cu ₄ O ₁₆	Arsenik	saknas
Blyarsenat	As ₂ O ₈ Pb ₃	Arsenik, Bly	800 mg/kg
Kvicksilverklorid	HgCl	Kvicksilver, Klor	1 mg/kg
DDT (Diklorodiphenyltriklorethane)	C ₁₄ H ₉ Cl ₅	Klor, Bensen	113 mg/kg
Mitin FF	C ₁₉ H ₁₂ Cl ₄ N ₂ NaO ₅ S	Klor, Bensen	saknas
Lindan, γ-HCH	C ₆ H ₆ Cl ₆	Klor, Bensen	88–91 mg/kg oralt 900–1000 mg/kg dermalt

¹ Tabell sammanställd ur Odegaard & Sadongei (2005, s25-30), Lidman (2008, s.34) och Hodgson & Roe (2015, s39, 106, 174, 202, 216).

4.1 Toxisk metall

Metaller är grundämnen som alltid har funnits i ekosystem. Mänsklig aktivitet som utvinning ur berggrunden och användning inom industri och jordbruk har gjort att mängden metaller i omlopp har ökat kraftigt, vilket har lett till stor påverkan på miljön och hälsan hos individer (Lidman, 2008). Flera metaller som koppar, selen och kobolt är nödvändiga för elektrontransport och i vissa enzymer. Alla metaller är giftiga i höga doser och vissa även i så pass låga doser att de klassas som gifter (Lidman, 2008). Arsenik, kvicksilver, bly, brom och zink har använts som bekämpningsmedel, enskilt och i salter men även som aktiv ingrediens i andra bekämpningsmedel (Odegaard & Sadongei, 2005, s.25).

Arsenik har använts inom museer sedan 1600-talet men användningen minskade efter lanseringen av organoklorid-baserade bekämpningsmedel under 1940-talet (Odegaard & Sadongei, 2005, s.54). Arsenik har historiskt använts i läkemedel, smink och till infärgning av textilier och i pigmentet Scheeles grönt (Lidman, 2008 s.171). Förekomst av arsenik i museiföremål kan därför komma från pigment eller infärgning och inte endast från behandling mot skadedjur. Arsenik är vattenlösligt och kan förgifta dricksvatten (Eliasson, 2012) vilket kräver försiktighet vid våtrengöring av arsenikkontaminerade föremål. Tvättvattnet kan samlas upp och lämnas på en avfallscentral. Enligt arbetsmiljöverkets författning AFS 2001:3 §§10–12 kan tvättvatten från starkt förorenad textil behöva samlas in men det är ett övervägande som görs i varje fall och inga specifika regler finns (Arbetsmiljöverket, 2001).

Arsenik kan ge både akuta och kroniska skador med symptom som kräkningar, hjärtpåverkan, diabetes, skador på lever, skador på nervsystem, kronisk hosta, hud- och lungcancer. Kronisk förgiftning påverkar benmärgens blodbildning vilket kan ge infektionskänslighet. (Eliason, 2012). Arseniks toxicitet varierar beroende på oxidationstal och vilken form ämnet har, arsenik(III)oxid är den vanligaste formen av arsenik och är starkt toxiskt med en dödlig dos på 100 mg (Sterner & Lyons, 2010). Andra arseniksalter som används som bekämpningsmedel är kalciumarsenat, $\text{As}_2\text{Ca}_3\text{O}_8$, natriumarsenit, NaAsO_2 , koppar acetoarsenit, $\text{C}_4\text{H}_6\text{As}_6\text{Cu}_4\text{O}_{16}$ och blyarsenat, $\text{As}_2\text{O}_8\text{Pb}_3$ (Odegaard & Sadongei, 2005, s.25–26). Hur arsenik påverkar kroppen är inte fullt utrett men tros bero på att arsenik binder med tiolgrupper i enzymer vilket hämmar enzyms funktion (Sterner & Lyons, 2010, s.339).

Bly har använts som bekämpningsmedel tillsammans med arsenik i blyarsenat (Odegaard & Sadongei, 2005 s.25) men är också vanligt förekommande i industriföremål och äldre batterier, ammunition, färg och bensin (Sterner & Lyons, 2010, s.340). Bly är toxiskt för allt liv, växter, djur och mikroorganismer. Toxiciteten tros bero på att bly komplexbinds av biomacromolekyler. Blyjonen är kemiskt lik kalciumjonen och kan därför störa processer där kalcium medverkar. Symptom på blyförgiftning är påverkan på magtarmsystemet, blodbildningen och njurarna. Likt många andra bekämpningsmedel är bly bioackumulerande och miljöfarligt och hänsyn bör tas för att förhindra utsläpp i naturen (Sterner & Lyons, 2010 s.340).

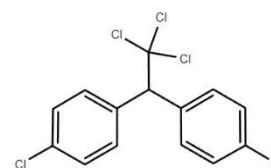
Kvicksilverklorid har använts som bekämpningsmedel och i läkemedel för behandling av löss och loppor men kan även finnas i föremåls- och industrisamlingar då det använts vid tillverkning av lampor och termometrar (Lidman, 2008 s.165). Kvicksilvernitrat har använts vid tillverkning av hattar för att underlätta filtning av korta fibrer och hatsamlingar kan utgöra en risk för exponering av kvicksilver (Martin & Kite, 2006). Undersökning med SEM-EDS av Martin & Kite (2006) visade kvicksilver i 40 % av de undersökta hattarna.

Kvicksilver kan finnas i oorganisk form som Hg(o) eller i en- och tvåvärt kvicksilver i salter. Kvicksilver finns naturligt i miljön och i låga mängder i kroppen men industriell användning har lett till kraftigt ökade mängder i naturen (Sterner & Lyons, 2010 s.343). Kvicksilver tas effektivast upp i luftvägarna och oralt men kan även tas upp av huden. Martin & Kite (2006) anser att konserveringsåtgärder som att ånga för att forma om filtade hattar kan utsätta konservatorn för exponering av kvicksilver. Metylkvicksilver som upptas via livsmedel kan ge stora skador men de organiska kvicksilversalterna som finns i bekämpningsmedel är mindre toxiska. Långvarig exponering av organiska kvicksilversalter kan ge skador på njurar, nervsystem och hormoner vid långvarig eller hög exponering (Lidman, 2008 s.165–167).

Alla metaller är delvis toxiska men de ovan nämnda är de toxikologiskt mest kända och diskuterade (Lidman, 2008, s.171). Andra metaller som har använts för skadedjursbekämpning är brom och zink (Odegaard & Sadongei, 2005, s.25–26) men dessa har ingen större toxicitet enligt Lidman (2008, s.171).

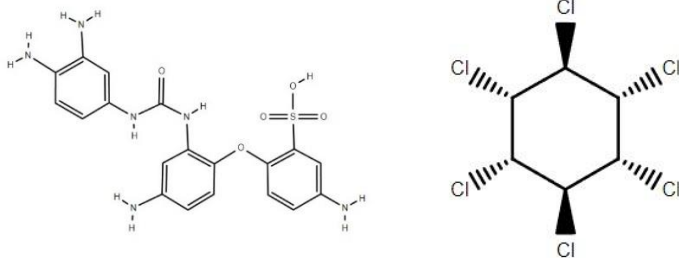
4.2 Klorväten

Diklorodiphenyltrikloroethan, DDT är ett syntetiskt framställt klorväte som har formeln $C_{14}H_9Cl_5$ (Fig.6). DDT har använts för skadedjursbehandling av textilier i pulverform och löst i vatten. DDT binder inte till fibrerna och är därför inte tvättäkta (Tímár-Balázs & Eastop, 2012, s.296). Likt arsenik och andra vattenlösliga bekämpningsmedel gör att utsläpp av kontaminerat tvättvatten kräver viss försiktighet. DDT påverkar nervcellers natriumkanaler och ger allvarliga nerv- och endokrina skador som kan leda till död. Effekten är temperaturberoende och avtar vid temperatur över 25°C, vilket är varför däggdjur inte påverkas. Den största påverkan DDT ger är inte vid exponering, utan dess långa nedbrytningstid och ackumulering i kalla och tempererade ekosystem vilket leder till stor skada på djur och miljö (Lidman, 2008 s.210).



Figur.6 Strukturformel för DDT

Utöver DDT finns ett flertal andra klorväteföreningar som använts som bekämpningsmedel med liknande effekter. Mitin FF är handelsnamnet på kemikalien 2-2-(N'-(3,4-Diklorfenyl)ureido)-4-klorfenoxi)-5-klorbensensulfonsyra (Fig.7) som såldes från 1939 tills det fick försäljningsförbud i Sverige 1991 (Kemikalieinspektionen, 2021).



Figur.7 Strukturformel för Mitin

Figur.8 Strukturformel för Lindan

Lindan är trivialnamnet på gamma-isomeren av hexaklorocyclohexan och förkortas γ -HCH (Fig.8). Lindan har använts som bekämpningsmedel och klassas som karcinogen. Enligt European Environment Agency (u.å) är Lindan 5–20 gånger mer giftigt för insekter än DDT vilket stämmer överens med skillnaderna i LD₅₀-värdena (Hodgson & Roe, 2015, s.106, s.174). Likt DDT är det svårlösligt i vatten vilket leder till bioackumulering och påverkan på miljön. När Lindan absorberas av en organism bryts det ner och utsöndras relativt snabbt. Exponering av Lindan har visats påverka lever och njurfunktion, ge krampanfall och orsaka cancer. I lägre doser är symptomen huvudvärk, yrsel, blodsjukdomar och hormonstörningar (Environment Agency, u.å).

Ibland används namnen på bekämpningsmedlen synonymt med varandra och vissa kemikalier har sålts under flera varunamn. DDT, Dieldrin, Mitin, Eulan och Lindan är alla klorväteföreningar men olika kemikalier med olika kemiska formler och har haft liknande användning. På grund av en brist på information om specifika tillverkare och varumärkens egenskaper och toxicitet hos övriga klorväteföreningar antas andra klorväte föreningar i brist på källor ha liknande egenskaper och toxicitet som DDT och Lindan. Detta då de är kemiskt likartade och har samma verksamma ämnen, Klor och Bensen.

5. Analysmetoder

5.1 Röntgenfluorescens, (XRF)

Röntgenfluorescens, engelska X-ray fluorescence spectroscopy är en spektrokemisk analysmetod som ger information om den oorganiska materialsammansättningen i ett prov. XRF har utvecklats sedan 1960-talet och idag finns lättviktiga portabla maskiner som kan utföra snabba, icke-destruktiva analyser i labb och i fält. Metoden kräver inga destruktiva prover från föremålet och används därför inom konservering och arkeologi. XRF är den enda icke-destruktiva analysmetoden som är portabel. XRF-analys är också mycket känslig och kan läsa av material på miljondels ppm nivå. Med hjälp av olika programvaror och analysprogram kan ämnesanalysen bli avancerad och ge utslag för små spår av ämnen (Liritzis & Zacharias, 2011). En nackdel med XRF är att det endast mäter förekomsten av ämnen och inte koncentrationer. XRF-resultat kan kvantifieras genom jämförande av mätningar med prover behandlade med referenslösningar i olika koncentrationer (Krug & Hahn, 2014). Då metoden endast läser av grundämnen och ämnen tyngre än silikon (Potts, 2008) kan XRF inte användas för att identifiera specifika molekyler. Resultat av XRF-analyser som visar förekomst av tungmetaller som arsenik och bly kan tolkas som bevis på behandling med bekämpningsmedel då det finns få andra användningsområden där dessa metaller finns för textilmaterial. Förekomst av klor i en XRF-analys kan kopplas till behandling med klorväteföreningar och förekomst av klor kan ses som ett tydligt tecken på pesticidbehandling (Bartoll m.fl., 2003). Resultat av XRF-analyser av ren ull bör ha höga halter av svavel då ullfibern till stor del består av det svavel innehållande proteinet keratin (Tímár-Balázsy & Eastop, 2012, s.48).

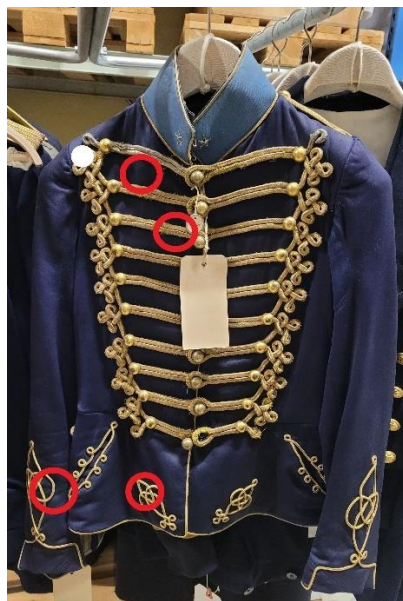
XRF fungerar genom att ström skickas genom ett röntgenrör som skapar joniserande strålning, strålningen interagerar med det undersökta materialet och energin i strålningen gör att elektroner i provet exciteras och flyttas mellan orbitalerna. När elektroner byter atomskal släpps energi ut och mängden energi beror på antalet protoner i atomen och vilka skal elektronerna har förflyttat sig mellan. Varje grundämne utsöndrar därför en röntgenstråle med en unik energimängd. En semikonduktor i XRF-maskinen mäter energin som sänds ut och ger en graf över vilka grundämnen som finns i provet (Stuart, 2007 s.234–242).

XRF-mätningar gjordes på plats i magasinet där föremålen förvaras för att undvika transporter av föremålen. Mätningar gjordes med en Bruker ELIO SN1253 macro-XRF i manuellt läge med en mättid på 40 sek, 40kV spänning och ström på 20 μ A.

Varje plagg mättes på fem platser och totalt gjordes 25 mätningar. Mätningar togs på vänster sida av framstycket i höjd med bröstet, ärmfoder i höjd med axeln, vänster ärmslut, på metall dekorationer och en valfri plats. För den femte mätpunkten valdes en plats på plagget där det ansågs svårare att komma åt att rengöra, som mellan dekorationer, under kragen och under knappar. Dessa platser tros ha högre halter bekämpningsmedel än släta ytor på plaggen där större del av bekämpningsmedlen kan ha avlägsnats vid rengöring. Mätningarna gjordes på samma platser förutom på GMM:4883 där ingen mätning togs vid ärmen. Figur. 9–13 visar översiktsbilder av de undersökta föremålen med markeringar för mätpunkter. Röda cirklar markerar en mätpunkt på framsidan av plagget och en vit prick markerar ungefärlig mätpunkt på insidan av plagget eller under ett annat material. Mätningar gjordes med föremålen liggandes på ett bord och spektrometern i ett stativ. För mätning av foder öppnades plaggen och flyttades för att komma i kontakt med det önskade området (Fig.14). För mätningar på framstycken placerades plaggen plant på bord och mättes ovanifrån (Fig.15).



Figur.9 Bild av GMM:855 med markeringar för mätpunkter.



Figur.10 Bild av GMM:1740 med markeringar för mätpunkter.



Figur.11 Bild av GMM:3675 med markeringar för mätpunkter.



Figur.12 Bild av GMM:4786 med markeringar för mätpunkter.



Figur.13 Bild av GMM:4883 med markeringar för mätpunkter.



Figur.14 XRF mätning i ärmfoder på GMM:4883



Figur.15 XRF mätning på bröst, vänster sida på GMM:855

5.2 Attenuated total reflectance Fourier Transform Infrared Spektroskopi, (ATR-FTIR)

ATR-FTIR är en spektroskopisk analysmetod. Infraröd spektroskopi fungerar genom att instrumentet registrerar vibrationer från atomerna i provet. En infraröd stråle passerar genom provet. Energi från strålen absorberas av provet vilket ger upphov till vibrationer i bindningarna mellan atomerna. Vibrationer i atombindningar är en förändring av bindningens längd (stretching) eller en förändring av bindningens vinkel (böjning). Vibrationernas våglängd beror på bindningens styrka och vinkel och blir karakteristisk för de två atomer som ingår i bindningen (Stuart, 2007 s.110–113). Frekvensen av strålningen producerar absorptionsband som är karakteristisk för en viss molekylgrupp, positionen och mönstret av absorptions banden visar vilka molekylgrupper som finns i provet och ger information om provets funktionella grupper och typer av atombindningar. Varje material ger olika absorptionsband och identifiering av provets funktionella grupper gör att FTIR-analys kan användas för att identifiera de flesta material (Derrick m.fl., 1999). FTIR-spektrum kan analyseras utifrån de enskilda absorptionsbanden och vilka bindningar de motsvarar eller genom att spektrumet från ett undersökt prov jämförs med ett referensspektrum eller en mätning av ett prov med en känd sammansättning (Tímár-Balázs & Eastop, 2012).

FTIR-mätningar kan göras med flera olika mätmetoder och sätt att formatera mätvärdena (Derrick m.fl., 1999). I denna undersökning användes FTIR med ATR-läge. ATR står för attenuated total reflection och används för att analysera ämnen i fast form. I ATR-FTIR pressas provet så att det är i kontakt med en kristall. IR-strålningen reflekteras i en kristall och kristallens höga brytningsindex gör att strålningen tränger in i provet och delar av IR-strålningen absorberas. Instrumentet genererar sedan ett spektrum utifrån hur mycket av energin som absorberas (Derrick m.fl., 1999, s.66). En fördel med ATR-FTIR är att det inte kräver ett avlägsnat prov och kan göras på hela textilier, detta gör tekniken icke-destruktiv och fördelaktig för konservering. Metoden är inte helt icke-invasiv då kristallen i kan lämna tryckmärken på fibrer och skada känsliga material (Nilsson, 2015).

För denna undersökning användes ett instrument från Bruker i modellen ALPHA-R med Platinum-ATR (diamant) och triglycinsulfat-detektor. Data samlades in mellan 4000 cm^{-1} till 400 cm^{-1} med en upplösning på 4 cm^{-1} . Vid start av instrumentet gjordes en bakgrundsskanning där omgivningen mätts för att kalibrera spektrumet före mätning av proven. Bearbetningen av data gjordes i OPUS 7.5 från Bruker Optics, Tyskland.

Trots att ATR-FTIR är en icke-destruktiv analysmetod togs fiberprover från föremålen för att inte behöva transportera föremålen från magasin, då analysutrustningen inte är mobil. Endast ett fiberprov togs från varje plagg och proven togs från varierande platser på de olika plaggen. För mer representativa resultat för hela plagget bör flera prover från olika områden tas. Som referensmaterial användes ett standard tyg i Ylle, ISO 105-F01:2001.

5.3 Dosatest

Efter att fiberproverna från föremålen analyserades med FTIR testades de för kloridinnehåll med Dosatest® Chloride test strips från VWR Chemicals. Testet fungerar likt en testremsa för pH där remsan doppas i en lösning, överbliven vätska skakas av och testremsan ändrar färg. Färgförändringen kan sedan jämföras med en skala på förpackningen för avläsning. Dosatest är semikvantitativt då det ger resultat för koncentrationen av kloridjoner mellan 500-3000 mg/L. Fiberproverna lades i provrör med 1ml avjoniserat vatten och lämnades över natten för att klorider skulle ha tid att lösas i vattnet (Fig.16). Längden på testremsan gjorde att 1ml vatten användes då hela remsan ska doppas i vattnet för att fungera. Det är en fördel att använda en så liten volym vatten som möjligt för att minska spädningen av kloriderna. Dagen efter doppades testremsan i vattnet och lästes av mot förpackningens skala. Resultat av Dosatest kan bli semikvantitativt genom att den initiala mängden klorid beräknas utifrån volymen på det tillsatta vattnet och den givna koncentrationen. Detta kunde inte göras i denna undersökning då fiberprovernas vikt inte gick att mäta då de var mindre än laboratoriets känsligaste våg klarade att tillförlitligt avläsa.



Figur.16 Fiberprover i 1ml vatten för test med Dosatest

6. Resultat

6.1 XRF

I det här kapitlet presenteras data från XRF-analyserna i Tabell 2. Den kompletta rapporten som genereras av XRF-programmet finns under Bilaga.1 Kompletta resultat från XRF-analys. Tabellen är ordnad efter stigande inventarienummer och mätningarna har numrerats i efterhand, därför är inte ordningen i bilagan densamma som ordningen i Tabell 2. XRF ger semikvantitativa resultat och visar förekomsten av element i procentsatser. Då analysen endast mäter ytan av provet och på en mycket liten yta är metoden inte kvantitativt tillförlitlig. Procentsatserna kan ses som en ungefärlig mängd och jämföras med varandra för att visa kvoten mellan de olika ämnena. XRF ger resultat med en felmarginal, ämnen där den detekterade mängden är mindre än felmarginalen utesluts ur resultatredovisningen och diskussionen men finns med i den fullständiga rapporten. Detta gör att de presenterade procentsatserna inte alltid motsvarar 100 %, detta är inte ett mätfel utan beror på uteslutandet av ämnen med höga felmarginaler.

Tabell.2 Resultat från XRF analys

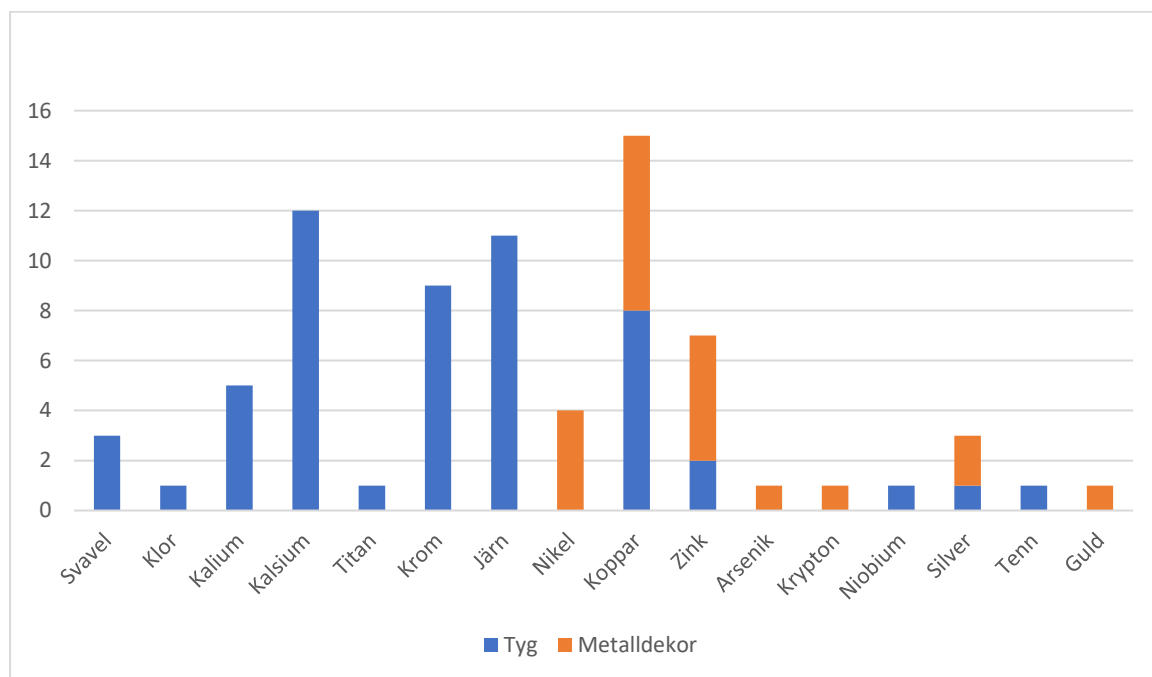
	Prov	Element	Koncentration	Felmarginal
1	GMM:855 bröst vänster	Fe	69,98 %	±1,65 %
		Sn	24,93 %	±4,76 %
2	GMM:855 foder vänster axel	S	60,12 %	±10,02 %
		Fe	18,54 %	±2,19 %
		Ca	16,53 %	±8,04 %
		Zn	4,82 %	±3,52 %
3	GMM:855 metall tråd krage vänster	Ag	97,87 %	±0,64 %
4	GMM:855 ärmslut vänster	Fe	69,06 %	±0,73 %
		Ca	12,78 %	±4,67 %
		K	9,72 %	±6,18 %
		Cu	5,63 %	±3,12 %
5	GMM:855 fläck under krage	Ca	89,73 %	±1,03 %
		Fe	9,71 %	±1,61 %
6	GMM:1740 bröst vänster	Cr	53,23 %	±1,85 %
		Ca	21,51 %	±5,85 %
		Cu	11,39 %	±3,67 %
		Fe	10,56 %	±4,69 %
7	GMM:1740 foder vänster axel	Cl	49,09 %	±4,16 %
		Ca	16,68 %	±5,25 %
		Cr	16,34 %	±1,97 %
		K	11,77 %	±7,49 %
		Cu	3,31 %	±2,9 %
8	GMM:1740 metalltråd snördekoration	Cu	81,33 %	±0,31 %
		Ni	8,29 %	±0,95 %
		Kr	3,52 %	±1,96 %
		As	2,9 %	±2,27 %
9	GMM:1740 ärmslut vänster	S	74,66 %	±3,94 %
		Cr	8,31 %	±1,96 %
		Cu	5,15 %	±1,56 %

10	GMM:1740 dekorband nederkant vänster	Cu Ni Zn	80,96 % 10,1 % 2,91 %	±0,36 % ±1 % ±1,95 %
11	GMM:3675 bröst vänster	Ca K Fe	53,95 % 22,39 % 18,56 %	±6,31 % ±8,96 % ±3,99 %
12	GMM:3675 foder vänster axel	Ca K Fe	70,75 % 21,55 % 7,71 %	±5,64 % ±8,82 % ±6,74 %
13	GMM:3675 metallgalon, ärmslut vänster	Cu Ni Ag	85,84 % 8,94 % 4,78 %	±0,31 % ±0,93 % ±2,94 %
14	GMM:3675 ärmslut vänster	S K Cu	78,07 % 8,01 % 6,33 %	±3,72 % ±7,69 % ±1,34 %
15	GMM:3675 under epålett vänster	Cu Sn Ag	50 % 22,69 % 21,32 %	±1,19 % ±3,75 % ±3,46 %
16	GMM:4786 bröst vänster	Cr Fe	86,04 % 13,45 %	±1,39 % ±5,2 %
17	GMM:4786 foder vänster axel	Cr Ca	81,06 % 18,94 %	±2,47 % ±9,3 %
18	GMM:4786 ärmslut vänster	Cr Ca Cu Fe	52,43 % 20,48 % 16,42 % 9,86 %	±2,67 % ±8,73 % ±4,4 % ±6,95 %
19	GMM:4786 metalgalon vid ärmslut	Cu Ni Zn	90,49 % 4,76 % 3,41 %	±0,3 % ±1,23 % ±1,5 %
20	GMM:4786 bakom knapp	Cu Zn Au	52,52 % 24,7 % 21,38 %	±0,6 % ±0,81 % ±1,89 %
21	GMM:4883 bröst vänster	Cr Fe Cu Zn	30,68 % 29,22 % 21,47 % 17,24 %	±4,32 % ±5 % ±5,79 % ±5,93 %
22	GMM:4883 foder vänster axel	Ca	100 %	±9,68 %
23	GMM:4883 metallgalon på epålett	Cu Zn	96,44 % 3,2 %	±0,32 % ±1,63 %
24	GMM:4883 brosch krage vänster	Cu Zn	65,07 % 30,18 %	±1,05 % ±1,43 %
25	GMM:4883 under krage	Fe Ti Cu Nb	34,58 % 30,19 % 29 % 6,23 %	±5,94 % ±8,62 % ±6,78 % ±4,01 %

XRF-resultaten skiljer sig från de förväntade resultaten. Endast prov 2, 9 och 14 visar förekomst av svavel vilket bör finnas i alla ylleprover. En av 25 mätningar innehåller klor och en arsenik. I provet som visade arsenik, nr 8 är mängden relativt låg, 2,9 % men värdet överstiger felmarginalen och kan därför tas med i resultatet.

Tabell. 3 visar hur många gånger de olika ämnena registrerades i XRF-analysen, tabellen är uppdelad där blått är antal träffar på mätpunkter som består endast av textil och orange mätpunkter med metalldekorationer. Detta gjordes för att separera de resultat som antas komma från metallen som dekorationerna är tillverkade i. Förekomsten av silver och guld i dekorationerna är inte relevanta för frågor om bekämpningsmedel. Nickel, silver och guld utesluts därför ur diskussionen då de endast förekommit i metalldekorationer och inte har använts som bekämpningsmedel. Förekomst av koppar och zink i knappar och metallgaloner är inte något udda och kommer inte diskuteras. Tabellen räknar endast antalet gånger ett ämne påträffas och tar inte hänsyn till koncentrationerna, de ämnen som påträffas på flest platser är inte nödvändigtvis de vanligaste i mängd. Tabellen är endast menad som ett sätt att presentera antalet och visa på hur ofta de olika ämnena påträffades.

Tabell.3 Stapeldiagram över antalet resultat uppdelat efter grundämne.



GMM855 visar höga halter av järn vilket troligen tillkommit vid infärgning, antingen i färgämnet eller som betmedel för att få färgen att fästa bättre. Metallsalter har använts för att få en mer hållbar färg och fungerar genom att metaller komplexbinder med färgämnen (Tímár-Balázs & Eastop, 2012). Järn finns i 11 mätpunkter och kommer troligen ifrån betmedel. Även krom finns i höga halter i flertal prover, 9 st. och har likt järn använts vid färgning av textilier (Tímár-Balázs & Eastop, 2012). Enligt information om bekämpningsmedels användning i muséer i Odegaard & Sadongei (2005, s.25) har järn och krom inte använts som bekämpningsmedel och allt innehåll av järn och krom anses komma från betmedel eller färgämnen. Järn ingår i flera blå färgämnen som Berlinerblått och järnhydroxid (Tímár-Balázs & Eastop, 2012, s.104). Bruna och svarta färger kan komma från järn-tannin och järnoxider (Öhrling, L m.fl., 2022).

Utifrån detta antas att förekomst av järn och krom inte beror på en tidigare behandling med bekämpningsmedel. Detta antagande styrks även av att ingen förekomst av järn och krom uppmäts i metalldekorationerna. Även titan och tenn utesluts ur diskussionen om bekämpningsmedel då de inte har använts som bekämpningsmedel och tros komma från infärgning eller beredning av tyget.

Enligt Tímár-Balázs & Eastop (2012, s.74) är koppar ett av de vanligaste ämnena som använts för betning av textil med koppar ingår även i ett av de bekämpningsmedel som listas i Odegaard & Sadongei (2005, s.25), koppar acetoarsenik. Prov 8 som innehåller arsenik innehåller också koppar och kan ha behandlats med koppar acetoarsenik. För resterande mätningar med koppar utesluts koppar från diskussionen kring innehåll av bekämpningsmedel och antas komma från infärgning.

Kalium hittades i fem mätningar var av två var i fodertyg. Kalium har tillsatts till textilier som en ytbehandling vid mangling för att få ett tätare och slätare tyg (Tímár-Balázs & Eastop, 2012, s.102). Kalium ingår inte i någon av de bekämpningsmedel som listas i Odegaard & Sadongei (2005, s.25) och anses därför komma från ytbehandling och inte från bekämpningsmedel.

Kalcium förekommer i 12 av de 17 mätningarna som gjordes på textil utan metalldekorationer och hade höga koncentrationer. De uppmätta koncentrationerna är inte exakta men ger en antydning om att kalcium finns i större mängder. Kalcium ingår inte i någon av de bekämpningsmedel som listas i Odegaard & Sadongei (2005, s.25) och någon användning i tillverkning eller färgning av textilier har inte hittats. Kalcium kan ha tillkommit vid produktion eller våtrengöring om vattnet innehållit höga halter av kalcium. Vatten med höga halter av kalcium bör inte ha avsatt större mängder på tyget. Kalcium kan även finnas på ytan av plaggen som smuts. Om föremålen har förvarats eller varit utställda i en lokal med kalkbruk är det möjligt att kalcium innehållande damm har fastnat i fibrerna.

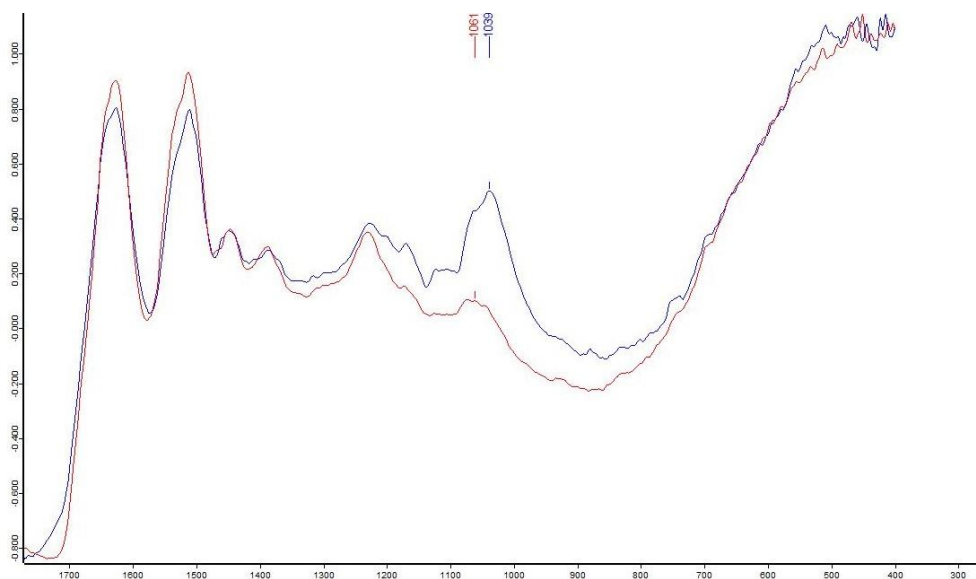
Zink förekom två gånger i mätningar av textil och fem gånger i metalldekorationerna. Zink har använts i bekämpningsmedel men innehåll av zink kan även bero på tillverkningen. Mätning 10, 19, 20, 23 och 24 gav utslag för koppar och zink, i dessa mätningar är det troligt att metallen är en legering av koppar och zink. I de två mätningarna av textil som visade förekomst av zink kan ämnet komma från behandling med zink innehållande bekämpningsmedel som zink-fosfid, P_2Zn_3 eller zink hexafluorosilicat, $Zn(SiF_6)$ (Odegaard & Sadongei, 2005, s.25). Detta motsägs dock av att fosfor, fluor eller kisel inte påträffats.

Prov 8 visar också 3,52 % krypton vilket kan bortses från då det troligen är ett mätfel. XRF kan ge felaktiga resultat när toppar från olika element sammanfaller och bildar en ny kurva som då tolkas av maskinen som ett annat ämne. Detta är troligen anledningen till att ett prov visar förekomst av niobium och ett annat för titan. Niobium är ett ovanligt ämne och det finns ingen anledning till att det kan finnas i de textilier där det gett utslag. Inte heller titan har använts för textilier och resultatet bortses därför i diskussionen.

6.2 ATR-FTIR

Resultat från ATR-FTIR presenteras som skärmbilder ur behandlingsprogrammet Opus 7 efter att ha skalats med hjälp av programmets automatiska skalningsfunktion *Maximise all spectra*.

Figur 17 visar FTIR-spektrum i regionen 1800–400 cm^{-1} för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för GMM:855 (blå linje). Figur 18 visar FTIR-spektrum i regionen 1800–400 cm^{-1} för standardylle (ISO 105-F01:2001) (röd linje) med FTI-spektrum för GMM:1740 (rosa linje).

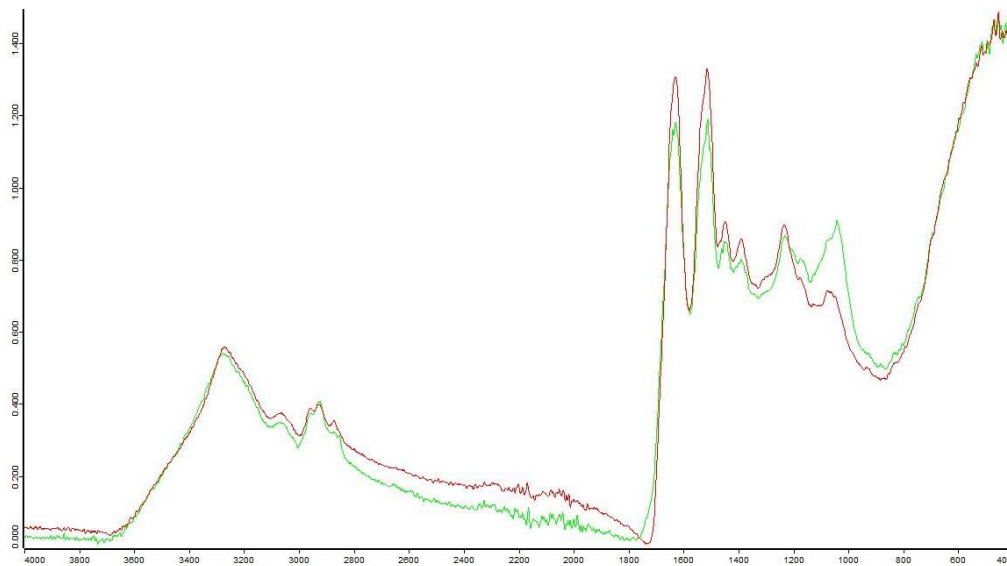


Figur.17 FTIR-spektrum för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för prov GMM:855 (blå linje)

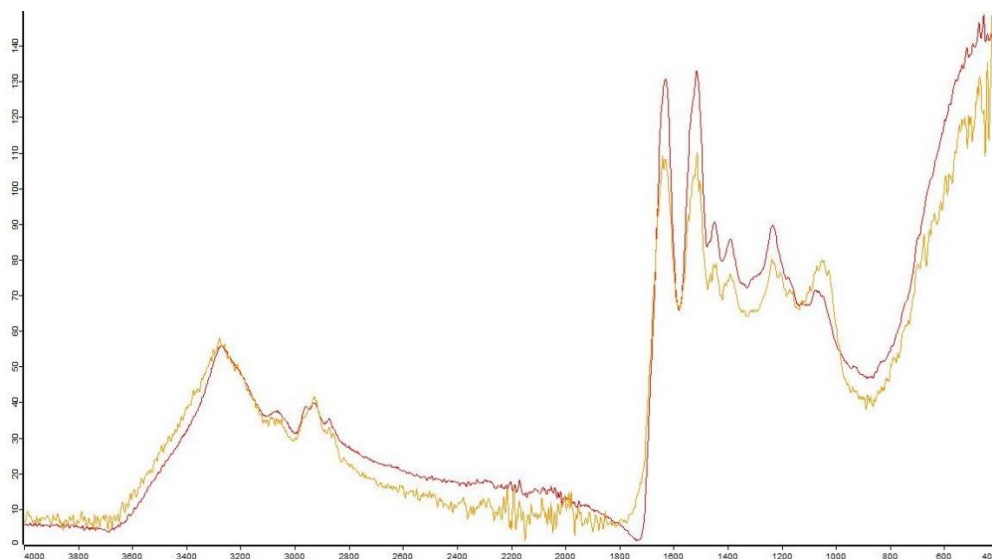


Figur.18 FTIR-spektrum för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för prov GMM:1740 (rosa linje)

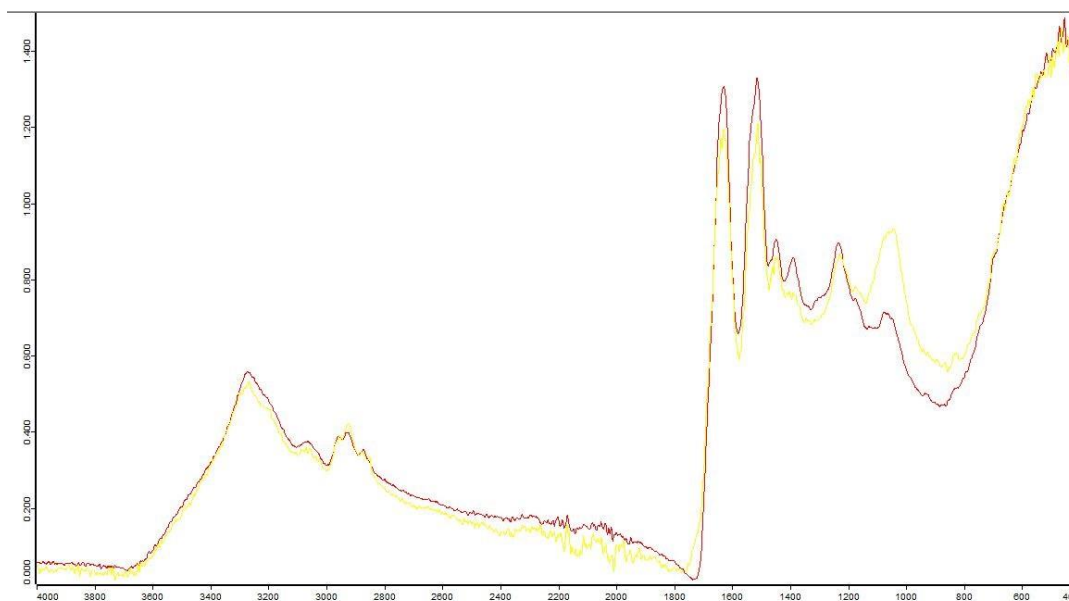
Figur 19 visar FTIR-spektrum i regionen 4000–400 cm^{-1} för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för GMM:3675 (grön linje). Figur 20 visar FTIR-spektrum i regionen 4000–400 cm^{-1} för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för GMM:4786 (orange linje). Figur 21 visar FTIR-spektrum i regionen 4000–400 cm^{-1} för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för GMM:4883 (gul linje).



Figur.19 FTIR-spektrum för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för prov GMM:3675 (grön linje)

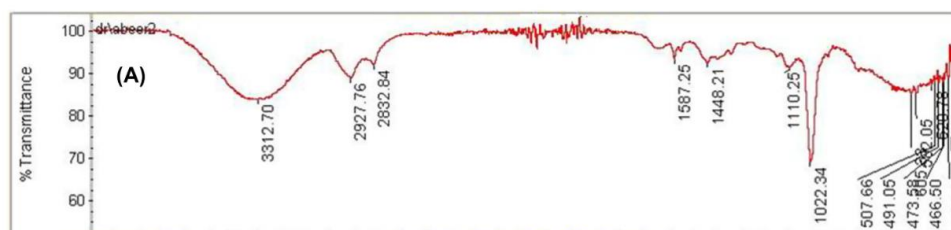


Figur.20 FTIR-spektrum för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för prov GMM:4786 (orange linje)



Figur 21. FTIR-spektrum för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för prov GMM:4883 (gul linje)

Referensmätning av bekämpningsmedel gjordes inte och information om FTIR-spektrum av DDT togs från litteratur och mätningar i andra undersökningar. Enligt Abd El-Aziz et al., (2018) ger FTIR analys av rena DDT prover absorptionsband vid 3313, 2928, 2833, 1587, 1448, 1110, 508, 491, 474 och 466 (Fig.22). Dessa band syns inte i de analyserade proverna och kombinerat med resultat från andra analyser kan detta ses som ett trovärdigt tecken på att proverna inte innehåller DDT. DDT ger ett absorptionsband vid 1587 som motsvarar stretching av C-C bindningen i den aromatiska ringen (Abd El-Aziz m.fl., 2018). Detta band syns inte på något av proverna.



Figur. 22 FTIR-Spectrum av DDT (Bildkälla: Abd El-Aziz m.fl., 2018)

Spektrumen från föremålen överensstämmer till stor del med referensyllet men skiljer sig något. Skillnader i spektrumen beror troligtvis på att referensyllet är ofärgat och obehandlat medan plaggen är färgade och åldrade. Skillnader i spektrumen kan ses där topparna skiljer sig i höjd. Detta beror på en skillnad i intensitet i absorptionsbandet. Då toppen fortfarande är på samma våglängd och endast intensiteten varierar kan inte skillnad i höjd på toppar ses som resultat för tillsatser i provet.

6.3 Dosatest

Test för kloridinnehåll med dosatest-remsor visade inget kloridinnehåll i fiberproverna och remsorna visade ingen färgförändring jämfört med en oanvänd testremsa (Fix.x1). Detta resultat stödjer resultaten från XRF-undersökningen där endast en av 25 mätningar visade kloridinnehåll. XRF-mätning 7 GMM:1740 foder vänster axel visade höga mängder av klor, ca 50 % men den mätningen gjordes i fodertyget i ärmen och fiberprovet som analyserades med Dosatestet kom från yttertyget. Trots att dosatest-remsorna inte gav något utslag kan klorider finnas i testet men i så pass låga mängder att det inte överstiger den mängd som krävs för en reaktion i testremsan. Enligt förpackningen mäter testremsorna en koncentration mellan 500 och 3000 mg/L. Allt kloridinnehåll kan därför inte uteslutas då lösningen kan innehålla klorider med en koncentration under provets detektionsgräns.

De fiberprover som testades var mycket små och försök till kvantifiering av mätningarna genom att väga fibrerna gick inte då proven var så små att de inte gav utslag på en känslig laborievåg som mäter gram med tre decimaler. Fiberprov från GMM:3675 uppskattas mäta ca 4 mm (Fig.24) och övriga fiberprover har liknande längd. Provens storlek och försök till vägning gör att det är osannolikt att proverna väger mer än 1 mg. Fibrerna lades i provrör med 1ml avjoniserat vatten, för att lösningen på 1ml skulle få en koncentration som är detekterbar av testremsan, 500 mg/L krävs att fibern innehåller 0,5 mg klorid vilket kan ses som en liten mängd, men om provets vikt antas vara under 1 mg krävs att över hälften av provet är enbart klor vilket inte är ett rimligt innehåll även om plagget provet är taget från har behandlats med klorid innehållande bekämpningsmedel..



Figur.23 Dosatestremsor efter användning, från vänster oanvänd remsa som referens, prov från GMM855, GMM1740, GMM3675, GMM4786 och GMM4883.

Figur.24 Fiberprov från GMM3675, uppskattas mäta 4 mm.

För att Dosatest ska vara en bra metod för mätning av kloridinnehåll i textil krävs att ett större prov mäts och provet löses i mindre vatten. Detta kan vara svårt utan att större destruktiva prover tas eller hela plaggen blötläggs. För textila material är därför Dosa testremsor en relativt dålig metod för att mäta klorider.

7. Diskussion

7.1 Tolkning av resultat och utvärdering av metoder

Uppsatsens syfte var att undersöka om bekämpningsmedel kunde identifieras i föremål med analysmetoderna XRF och ATR-FTIR. En kompletterande undersökning med Dosatestremsor gjordes även. Föremålen valdes utifrån en misstanke om innehåll av bekämpningsmedel eftersom dokumentation som stödjer tidigare behandlingar med bekämpningsmedel har hittats.

I denna undersökning har analyser utförts på ett fåtal föremål ur en specifik samling och resultaten är inte representativa för andra samlingar. Resultaten från XRF-analysen är annorlunda från de förväntade resultaten. Endast en av 25 mätningar visade kloridinnehåll. Då föremålen har sanerats under 1998 är det möjligt att en stor del av bekämpningsmedlen kunde avlägsnas vilket är vad den empiriska datan stödjer.

Resultaten visar väldigt liten förekomst av svavel i proverna vilket inte stämmer överens med föremålets material-sammansättning. Alla plaggen består av ett yttertyg i ylle och borde därför ge utslag för svavel vid analys med XRF. Endast tre av 25 mätpunkter visade svavelinnehåll trots att alla föremål innehåller svavel. Varför svavelinnehållet inte kunde avläsas med XRF är oklart, det kan bero på att XRF endast mäter ytan av provet och därför ger sämre resultat för porösa material. Om det som undersöks är poröst eller består av flera lager kan XRF ge lägre resultat för de underliggande lagren (Sirois m.fl. 2010). Flera av mätningarna ger spektrum som är brusiga och som inte ger rena skarpa toppar utan många små toppar mellan de avlästa topparna. Detta kan ses i spektrumen i Bilaga.1 Kompletta XRF-resultat.

Skillnader i resultat mellan olika undersökningar kan även bero på skillnader i metod för mätningar och användning av olika modeller av XRF. Krung & Hahn (2014) har olika inställningar för mätning av klorider, än för mätning av tungmetaller och använder ett Teflonfilter och vacuumläge på apparaten för att förbättra mätning av klorider. I denna undersökning användes standardinställningar på XRF för alla mätningar och det är möjligt att analys med en annan modell av XRF eller med andra inställningar kan ge andra resultat. Resultaten kan även ha förändrats om andra eller fler mätningar utfördes. XRF mäter endast en liten yta och ger därför inte resultat för hela föremålet, utan endast den yta som mäts. Analys av referenslösningar för bekämpningsmedel kan göra att de tidigare diskuterade felkällorna minskas och utvärdering av metoderna blir mer tillförlitlig.

FTIR-spektrumen från proverna visar små skillnader i intensitet av toppar men inga toppar som inte finns i referensen går att se i proverna. De skillnader som finns mellan referensen och proverna beror troligen på att proverna är infärgade medan referensen är ofärgad. Resultat från XRF-analys visade höga halter av olika metaller som tros ha använts för betning och infärgning av tyger, dessa metaller kan ha orsakat de små skillnader som kunde ses när provernas FTIR spektrum jämfördes med referensspektrumen.

Utvärdering av metoderna försvåras då inga bekämpningsmedel kunde detekteras. Det är osäkert om föremålen faktiskt är fria från bekämpningsmedel eller om analysmetoderna inte fungerade för de undersökta materialtyperna. Likande metoder har använts i flera andra studier och gett goda resultat, för dessa föremål gav analyserna oklara resultat. Det är alltså

möjligt att tidigare sanering lyckades avlägsna alla spår av bekämpningsmedel i föremålen och endast mindre mängder än detektionsgränserna för analyserna finns kvar i föremålen. En studie av Tinkham (2011) visade att dammsugning tog bort 70 % av arsenik ur de textilier som undersöktes. Ingen studie har hittats som mätt effektiviteten av dammsugning för sanering av DDT och Lindan. DDT och lindan är de ämnen vars användning i Skansen kronan-samlingen som finns dokumenterad. DDT binder inte till fibrer och har dålig tvättfasthet men andra pesticider kan binda till fibrer på samma sätt som syrafärger gör och avlägsnas inte vid våtrengöring (Tímár-Balázs & Eastop, 2012, s.296).

Källor och fallstudier som liknar den utförda undersökningen har hittats, även litteratur som beskriver användningen av andra analysmetoder. Föremål ur Skansen kronan-samlingen har analyserats tidigare. Rapporten om detta presenterar resultaten men metoden beskrivs inte. Prover visade höga halter av både lindan och DDT (Lekhom, 1999). En analysmetod som används i flera texter för identifiering av bekämpningsmedel och gett bra resultat är gas-kromatografi masspektroskopi, GC-MS. GC-MS är en icke invasiv analysmetod och prov tas med bomullstops på ytan av föremålet (Charlton m.fl. 2014) eller genom analys av fiberprover och damm från föremål (Di Nola m.fl. 2002). Vidare forskning om identifiering av bekämpningsmedel i textila material kan göras med andra analysmetoder, exempelvis GC-MS och Atomic absorption Spectroscopy. En tydligare utvärdering av analysmetoderna XRF och ATR-FTIR för bekämpningsmedelsanalys bör göras med ett bredare undersökningsunderlag och referenslösningar, eftersom de undersöka föremålen i denna studie inte påvisade något bekämpningsmedelsinnehåll.

7.2 Risker vid arbete med kontaminerade föremål

Mätresultaten av de undersökta föremålen i denna studie innebär att det inte föreligger någon risk för exponering av bekämpningsmedel vid hantering av just dessa föremål. Vid höga halter av bekämpningsmedel kan riskerna vid exponering bli stora. Effekten av exponeringen för ett gift beror på mängden av giftet som tas upp av kroppen eller mängden gift som kommer ut i naturen. På individ nivå kan dosen av ett gift kraftigt reduceras genom korrekt användning av skyddsutrustning. De undersökta analysmetoderna för bekämpningsmedelsinnehåll är inte kvantitativa och ger inte resultat för mängd av de detekterade ämnena utan visar endast förekomst. Detta gör att det kan vara svårt att beräkna vilken mängd av ett ämne som finns i ett föremål eller i en hel samling. Ungefärliga mängder av gifter och bekämpningsmedel kan räknas ut genom att göra kvantitativa analyser. Krug & Hahn (2014) kvantifierar sina XRF-resultat genom att analysera prover behandlade med referenslösningar av de ämnen som undersöktes och detta ger resultat för koncentration i procent och ppm. Genom att multiplicera koncentrationen med volymen på föremålet kan en uppskattning av den faktiska mängden ges.

Vid hantering av föremål som är tidigare behandlade med farliga ämnen sker exponeringen genom att ämnen förs över från föremål till personal vid hantering. Större delen av exponeringen går att förhindra genom skyddsutrustning. Handskar agerar som en barriär som hindrar ämnen från att absorberas via huden, och munskydd förhindrar inandning och stoppar ämnen från att nå mage och tarm. Med korrekt använd skyddsutrustning kan exponeringen minskas kraftigt. Studier som beräknar mängder av bekämpningsmedel som överförs mellan föremål och personal har inte hittats i litteraturen och sådana studier är svåra att genomföra.

Beräkningar av totalt bekämpningsmedels innehåll och mättningar av luftburna partiklar kan jämföras med LD₅₀-värden för att ge en uppskattning om vilken mängd bekämpningsmedel som överförs vid hantering och när risker för hälsan uppstår. Utifrån en uppskattning om överförandet och LD₅₀-värden går det att anta att riskerna blir mycket små, för att en vuxen person som väger 70 kg ska uppnå farliga nivåer krävs en upptagning av 70 mg Arsenik, 7,9 g DDT eller 70 g Lindan. För att exponeringen ska närma sig dessa mängder trots skyddsutrustning krävs väldigt höga halter i föremålen och att en stor andel överförs. Med heltäckande kläder, handskar som byts ofta och munskydd bör exponeringen bli nära noll. Bekämpningsmedel är väldigt farliga och utvecklingen av alternativ skadedjurshantering är viktigt. Användning av toxiska ämnen oreglerat och i större mängder i industri kan ge allvarliga påföljder men mindre mängder som kan överföras vid magasin arbete bör inte innebära någon större risk.

7.3 Etiska överväganden kring bekämpningsmedels användning

Ett argument för behandling med bekämpningsmedel är att det skyddar ett föremål från nedbrytning av skadedjur. Bekämpningsmedel kan ses som en förebyggande åtgärd som är mindre invasiv än eventuellt aktivkonservering för att åtgärda skador om föremålet utsätts för skadedjursangrepp i framtiden. Bekämpningsmedel ändrar ett föremål kemiskt men ger ingen synlig förändring och kan därför ses som en minimalt invasiv åtgärd. Detta plus de ekonomiska fördelarna med förebyggande åtgärder och det faktum att bekämpningsmedlens miljö- och hälsopåverkan inte var kända, kan vara anledningar till att bekämpningsmedel användes i så stor utsträckning under 1800 och 1900-talen. Behandlade föremål utgör en risk för personal vid hantering och utsläpp skadar ekosystem. Behandling med bekämpningsmedel följer inte gällande konserveringsetiska principer och de riktlinjer som presenteras i E.C.C.Os professionella riktlinjer (E.C.C.O, 2002) och ICOMs etiska regler (Internationaler Museumsrat, 2017). Konservatorer har en skyldighet att tänka på klimatpåverkan vid val av åtgärder och material, då de negativa miljöeffekterna från bekämpningsmedel är stora och inte en hållbar åtgärd.

Ett annat argument kan vara att trots bekämpningsmedlens negativa effekter är det en effektiv preventiv åtgärd och åtgärder för att avlägsna bekämpningsmedel är inte nödvändiga. De risker som kontaminerade föremål utgör kvarstår men kan bortses ifrån då bekämpningsmedlen skyddar föremålen. Olika ägare och förvaltare kan ha olika syn på hur bekämpningsmedels-rester påverkar ett föremål, dess värden och tillgänglighet. Odegaard & Sadongei (2005) är skriven utifrån en problematik kring återlämning av eventuellt farliga föremål. Texten ger exempel på hur bekämpningsmedels behandlade föremål är problematiska under återlämnings processer och hur riskerna blir större för grupper som vill bruka sina återlämnade föremål. Föremål med stor kulturell signifikans som brukas av sina rättmätiga ägare har ett annat syfte en ett museiföremål som kommer spendera de nästkommande 100 åren liggandes i en ask. För föremål som inte hanteras och är del av en stor samling med begränsade resurser kan att inte avlägsna bekämpningsmedels-rester ses som en lämplig åtgärd. De risker som finns vid hantering kan förebyggas med skyddsutrustning och kan ses som en rimlig avvägning emot att bekämpningsmedlen förhindrar skador på föremålet. Detta gör dock att tillgängligheten för föremålen minskas och väcker frågor kring varför museum samlar och skyddar föremål om de endast ska ligga i en ask utan att ställas ut eller forskas på.

8. Slutsats och vidare forskning

Experimentell undersökning av de fem uniformerna med XRF, ATR-FTIR och Dosatest gav inga resultat som tydligt kan kopplas till behandling med bekämpningsmedel. Av 25 XRF-mätningar visade endast en mätning på kloridinnehåll och en mätning på arsenik. Resultat från FTIR-analyserna var svåra att tolka och de små variationerna mellan proverna och referensen går inte att tydligt koppla till bekämpningsmedel. Topparna som går att läsa av i FTIR-spektrumen var små och skillnader mellan ett historiskt föremål och en referens kan kopplas till variationer i tillverkning. Yllreferensen är ofärgat och de undersökta plaggen är färgade med okända färgämnen och betmedel. Skillnader i FTIR-spektra kan därför bero på infärgningen eller annan bearbetning av tyget.

Brist på resultat för innehåll av bekämpningsmedel kan bero på felaktigt val av metoder och metodernas begränsningar. XRF har använts i andra studier för att mäta kloridinnehåll och kalibrering av instrumentet gjordes före mätningar.

En möjlighet är att de fem undersökta plaggen inte har behandlats med bekämpningsmedel trots att det finns dokumentation om det, eller att bekämpningsmedelsrester till stor grad har avlägsnats från föremålen vid sanering.

Slutsatser som kan dras från analyserna är:

- Få till inga spår av bekämpningsmedel hittades i de fem undersökta föremålen.
- XRF och FTIR kan i teorin användas för identifiering av bekämpningsmedel i ylletextilier men med varierande resultat.
- Om analysresultaten antas vara representativa för samlingen i Skansen Kronan, utgör samlingen låg till ingen risk för exponering av bekämpningsmedel.

Vidare forskning inom problemområdet kan innebära:

- Undersökning med andra analysmetoder som GS-MS och AAS
- Undersökning med ett större underlag och föremål ur andra samlingar
- Utveckling av rutiner och riktlinjer för hantering av kontaminerade föremål
- Utveckling och undersökning av metoder för rengöring och borttagning av toxiska ämnen ur kulturhistoriska föremål
- Undersökning och mätning av effektiviteten av dammsugning för sanering av DDT och Lindan ur textila fibrer
- Undersökning och utveckling av rutiner kring deponering av kontaminerade föremål, förbrukningsmaterial och vatten i konserveringsateljéer

9. Sammanfattning

Innan utvecklingen och utbredd användning av IPM och förebyggande åtgärder för skadedjurs kontroll använde museer ofta kemiska bekämpningsmedel som klorväteföreningar och tungmetaller. Många olika typer och bekämpningsmedel kan ha använts och ofta saknas dokumentation om behandlingar och mängder. Bekämpningsmedlen har varierande toxicitet och ger olika symptom. Flera bekämpningsmedel kan ge hjärt- och nervproblem och orsaka cancer och fosterskador. Många bekämpningsmedel är långvariga, d.v.s. de bryts inte ner och finns kvar i föremål och magasinsutrymmen och blir ett riskmoment vid arbete i magasin. Undersökning av fem plagg ur Göteborgs stadsmuseums samlingar med XRF, FTIR och Dosatest för klor visade låga till inga innehåll av tungmetaller och klorider. Detta betyder inte att alla föremål i samlingen är fria från bekämpningsmedel, då endast en liten del av föremålen testas och även de undersökta föremålen kan innehålla rester av bekämpningsmedel som inte detekterades i undersökningarna.

XRF-analys gjordes på fem platser på varje plagg och ATR-FTIR analys på ett fiberprov från varje föremål. En nackdel med undersökningarna är att de endast mäter en liten yta av föremålet och det är möjligt att ytterligare prover eller prover från andra punkter på föremålen skulle gett annorlunda resultat. De undersökta analysmetoderna gav inte de förväntade resultaten och inget innehåll av bekämpningsmedel kunde identifieras. Om detta beror på att föremålen inte har behandlats med bekämpningsmedel eller om resultaten beror på metodernas lämplighet är svårt att avgöra. Enligt Lekholm (1999) ska föremål ur Skansen Kronan ha behandlats med DDT och Lindan men endast en av 25 XRF mätningar visar klorid innehåll. Bristen på resultat för innehåll av klorid kan bero på att föremålen inte har behandlats med DDT och Lindan trots att det finns dokumentation om det eller att bekämpningsmedlen har avlägsnats ur föremålen vid en tidigare sanering. Endast tre av de 25 mätningarna visar på innehåll av svavel vilket är udda då plaggen är av ylle och bör därför innehålla stora mängder svavel. Det kan finnas flera anledningar till att XRF-resultaten skiljer sig från de förväntade resultaten. En teori är att XRF-analysen fungerar bäst på hårda släta ytor och mätning på textilier inte ger tillförlitliga resultat. Denna teori motsägs av det faktum att andra undersökningar har fått tydliga resultat av XRF-undersökning på porösa och textila material. Skillnader i resultat mellan olika studier kan bero på olika modeller av instrument och det är möjligt att den använda modellen Bruker Elio ger sämre resultat på porösa material än andra XRF-instrument.

Analysen med ATR-FTIR gav inte heller några tydliga resultat för bekämpningsmedelsinnehåll. FTIR-spektrumen visade några mindre variationer mellan proverna och referensspektra men dessa toppar går inte att tolka som bekämpningsmedelsinnehåll och kan bero på ämnen använda vid infärgning. Utan en databas och tydliga referensspektra är tolkning av FTIR resultaten svårt. Analys av fler föremål och flera provtagningar från föremålen kunde ha gett tydligare resultat. Det finns en risk att det undersökta provet skiljer sig från andra områden på föremålet. Undersökning av bekämpningsmedels innehåll med XRF och ATR-FTIR gav inga tydliga resultat och andra metoder kan vara att föredra.

Om analysresultaten antas vara representativa för alla textila föremål ur Skansen Kronan samlingen är bekämpningsmedelsresterna i föremålen låga och bör inte utgöra någon risk vid hantering. För en riskbedömning av hela samlingen är fem föremål en liten urvalsgrupp och analyser av fler föremål kan krävas. I fall med högre halter av bekämpningsmedel kan

riskerna minimeras med korrekt använd personlig skyddsutrustning. Många bekämpningsmedel är även skadliga för miljön och de största riskerna med dem är utsläpp i naturen. Försiktighet bör därför tas vid deponering av föremål och material som varit i kontakt med kontaminerade föremål. Hantering av föremål som är behandlade med toxiska medel innebär alltid en risk men mycket kan förhindras genom riktlinjer, skyddsutrustning och sunt förnuft.

Käll- och litteraturförteckning

Otryckta källor

Lekholm, Kerstin, (1999), *Skansen Kronan*, Göteborgsstadsmuseum, Sesamprojektet, Slutrapport 1999-01-12

Tryckta källor och litteratur

Abd El-Aziz, A. R., Al-Othman, M. R., & Mahmoud, M. A. (2018). Degradation of DDT by gold nanoparticles synthesised using *Lawsonia inermis* for environmental safety.

Biotechnology & Biotechnological Equipment, 32(5), 1174–1182.

<https://doi.org/10.1080/13102818.2018.1502051>

Arbetsmiljöverket. (2001). *Användning av personlig skyddsutrustning*. (Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 2001:3). Arbetsmiljöverket.

https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/anvandning-av-personlig-skyddsutrustning-foreskrifter-afs2001-3.pdf? t_id=99wUDk3uMbv

Bartoll, J., Unger, A., Püschner, K., & Stege, H. (2003). Micro-XRF Investigations of Chlorine-Containing Wood Preservatives in Art Objects. *Studies in Conservation*, 48(3), 195–202.

Birgersson, B., Sterner, O., & Zimerson, E. (1995). *Kemiska hälsorisker: Toxikologi i kemiskt perspektiv* (2., [rev.] uppl. ed.).

Caple, C. (2000). *Conservation skills: Judgement, method and decision making*. London; New York: Routledge.

Charlton, A., Domoney, K., & Uden, J. (2014). Pesticide residues on the Cook-Voyage Collections at the Pitt Rivers Museum, University of Oxford. *ICOM-CC 17th Triennial Conference*, 1–9.

Derrick M. R. Stulik D. & Landry J. M. (1999). *Infrared spectroscopy in conservation science*. Getty Conservation Institute.

Di Nola, C., Tonin, C., Bianchetto Songia, M., Peila, R., Vineis, C., & Roggero, R. (2002). Conservation project of an early 19th-century Turkish Ghiordes rug found to have significant pesticide (DDT) contamination: the result of a successful cooperation. *ICOM Committee for Conservation 13th Triennial Meeting Rio de Janeiro 20–27 september 2002*

Eliasson, I.T. (2012). Arsenik: förekomst, miljö och hälsoeffekter [Kandidatuppsats Lunds universitet]. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet, Nr. 314*

<http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/3044209>

Hodgson, E. & Roe, M. (2015). *Dictionary of Toxicology*. Elsevier Science.

Internationaler Museumsrat (Red.). (2017). *ICOM code of ethics for museums*. ICOM.

Karydas, A. G. (2014). Handheld XRF analysis of the old Mexican feather headdress in the Weltmuseum Vienna. *X-ray spectrometry*, 43(3), 138–145. <https://doi.org/10.1002/xrs.2529>

Krug, S., & Hahn, O. (2014). Portable X-ray fluorescence analysis of pesticides in the textile collection at the German Historical Museum, Berlin. *Studies in Conservation*, 59(6), 355–366. <https://doi.org/10.1179/2047058413Y.0000000101>

Lidman, U. (2008). *Toxikologi: Läran om gifter* (1. uppl. ed.). Lund: Studentlitteratur

Liritzis, I., & Zacharias, N. (2011). Portable XRF of Archaeological Artifacts: Current Research, Potentials and Limitations. I Shackley, M (red) *X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) in Geoarchaeology*. Springer, New York, NY. https://doi-org.ezproxy.ub.gu.se/10.1007/978-1-4419-6886-9_6

Martin, G., & Kite, M. (2006). Potential for human exposure to mercury and mercury compounds from hat collections. *Bulletin - Australian Institute for the Conservation of Cultural Material*, 30(1), 12–16. <https://doi.org/10.1179/bac.2006.30.1.002>

Michalski, S. (1990). An overall framework for preventive conservation and remedial conservation. *ICOM Committee for Conservation preprints*, 2, 589–591

Muñoz Viñas, S. (2005). *Contemporary theory of conservation*. Elsevier Butterworth-Heinemann.

Nilsson, J. (2015). Ageing and conservation of silk: evaluation of three support methods using artificially aged silk (Gothenburg Studies in Conservation, 37) [Doktorsavhandling, Göteborgs universitet]. Gothenburg University Publications Electronic Archive. <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/40524>

Odegaard, N., & Sadongei, A. (2005). *Old poisons, new problems: A museum resource for managing contaminated cultural materials*. Walnut Creek, CA: AltaMira Press.

Pinniger, David. (2019) IPM - International Pest Management?. I Nielsen, L & Rossipal, M (red.). *Integrated Pest Management (IPM) for Cultural Heritage: Proceedings from the 4th International Conference in Stockholm, Sweden, 21-23 May 2019*. Stockholm: Riksantikvarieämbetet

Potts, P. (2008) Introduction, Analytical Instrumentation and Application Overview. I Potts, P., West, M., (Red.), *Portable x-ray fluorescence spectrometry: Capabilities for in situ analysis*. (s.1–12). Cambridge, UK: RSC Pub.

Regeringens skrivelse Skr. 1999/00:65. *Sysselsättningsåtgärder inom kulturområdet, SESAM-projektet* <https://www.regeringen.se/rattsliga-dokument/skrivelse/2002/02/skr.-19990065/>

Rossoi, M & Claire Jessup, W. (1996) No magic bullets: Safe and ethical pest management strategies. *Museum Management and Curatorship* 15(2): 145–168. doi: 10.1016/S0260-4779(96)00025-8

Sand, E. (2004). *En giftig uppsats om samlingar- hälsorisker i museimagasin* [Kandidatuppsats, Göteborgs universitet]. Gothenburg University Publications

Sirois, P. J., Poulin, J., & Stone, T. (2010). Detecting pesticide residues on museum objects in Canadian collections—A summary of surveys spanning a twenty-year period. I *Collection forum* (Vol. 24, Nr. 1-2, s. 28-45).

Sterner, O., & Lyons, L. (2010). *Förgiftningar och miljöhot* (2. uppl. ed.). Lund: Studentlitteratur.

Stuart, B. (2007). X-Ray Techniques. In *Analytical Techniques in Materials Conservation* (s. 229-268). Chichester, UK: John Wiley & Sons.

Tímár-Balázsy, Á., & Eastop, D. (2012). *Chemical Principles of Textile Conservation*. Routledge

Tinkham, R (2011) A Case Study of Arsenic Mitigation from Textiles Prior to Exhibit. *ICOM Committee for Conservation 16th Triennial Meeting Lisbon Portugal 19–23 September 2011*

Åkerlund, M., Flato, S., Hellekant, A., Hammar, C., & Hedström, H. (1998). *Från silverfisk till hälsorisk: Skadedjur och åtgärder i samlingar*.

Wallenborg, I. (2012). Bekämpningsmetoder mot skadedjur på museer. I Christensson, P., Overland, V., (Red.), *Textilkonservering: Att vårda ett kulturarv* (s.224–233). Bohusläns museum och Bohusläns hembygdsförbund.

Waller, R. (1994). Conservation risk assessment: A strategy for managing resources for preventive conservation. *Studies in Conservation*, 39(sup2), 12–16.
<https://doi.org/10.1179/sic.1994.39.Supplement-2.12>

Öhrling, L. Trägårdh, I M. Hacke, M. Mårtensson, M. Norrehed, S. Vanden Berghe, I. och Coudray, A (2022) Colours in the collection of medieval archaeological textiles at Lödöse museum. I *Dyes in History and Archaeology 2022: abstract: 11–13 October 2022, Visby*. Riksantikvarieämbetet.

Webbaserade källor

E.C.C.O. (2002). *Professional Guidelines II*
https://www.ecco-eu.org/wp-content/uploads/2021/03/ECCO_professional_guidelines_II.pdf

Hämtad 2023-05-26

European Environment Agency. (u.å.). *Lindane*.
<https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/lindane> Hämtad 2023-04-25

Kemikalieinspektionen. (2021). *mitin ff högkonc*.
<https://apps.kemi.se/BkmRegistret/Kemi.Spider.Web.External/Produkt/Details?produktId=1571&produktVersionId=1572> Hämtad 2023-04-26

Statens Fastighetsverk. (2022, 13 juni). *Skansen Kronan Göteborg* <https://www.sfv.se/vara-fastigheter/sok/sverige/vastra-gotalands-lan/skansen-kronan-goteborg/> Hämtad 2023-04-03

Strang, Tom och Kigawa, Rika. 2022. Agents of Deterioration: Pests. Canadian Conservation Institute, Ottawa <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/agents-deterioration/pests.html> Hämtad 2023-03-28

Svenska institutet för standarder och Riksantikvarieämbetet. 2016. Bevarande av kulturarv - Samordnad skadedjurskontroll för skydd av kulturarvet (SS-EN 16790:2016). Svenska institutet för standarder. <https://www.sis.se/produkter/hem-och-hushall-underhallning-sport/konstforemal-och-hantverksprodukter-kulturegendom-och-kulturarv/ss-en-167902016/> Hämtad 2023-04-27

Figurförteckning

Figurer är skapade och fotografier är tagna av författaren om inget annat anges.

Figur.1 s.19	Vapenrock, attila med inventarienummer GMM:855
Figur.2 s.19	Vapenrock, dolma för underlöjtnant med inventarienummer GMM:1740
Figur.3 s.19	Vapenrock tillhörande uniform, m/1895 med inventarienummer GMM:3675
Figur.4 s.19	Mässjacket tillhörande svensk mässdräkt, m/1878 med inventarienummer GMM: 4786:1
Figur.5 s.19	Vapenrock för kapten, m/1939 med inventarienummer GMM:4883
Figur.6 s.25	Strukturformel för DDT
Figur.7 s.26	Strukturformel för Mitin
Figur.8 s.26	Strukturformel för Lindan
Figur.9 s.28	Bild av GMM:855 med markeringar för mätpunkter.
Figur.10 s.28	Bild av GMM:1740 med markeringar för mätpunkter.
Figur.11 s.28	Bild av GMM:3675 med markeringar för mätpunkter.
Figur.12 s.28	Bild av GMM:4786 med markeringar för mätpunkter.
Figur.13 s.28	Bild av GMM:4883 med markeringar för mätpunkter.
Figur.14 s.29	XRF mätning i ärmfoder på GMM:4883
Figur.15 s.29	XRF mätning på bröst, vänster sida på GMM:855
Figur.16 s.31	Fiberprover i 1ml vatten för test med Dosatest
Figur.17 s.36	FTIR-spektrum för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för prov GMM:855 (blå linje)
Figur.18 s.36	FTIR-spektrum för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för prov GMM:1740 (rosa linje)
Figur.19 s.37	FTIR-spektrum för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för prov GMM:3675 (grön linje)
Figur.20 s.37	FTIR-spektrum för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för prov GMM:4786 (orange linje)
Figur.21 s.38	FTIR-spektrum för standardylle (röd linje) med FTIR-spektrum för prov GMM:4883 (gul linje)
Figur.22 s.38	FTIR-Spectrum av DDT (Bildkälla: Abd El-Aziz m.fl., 2018)
Figur.23 s.39	Dosatestremсор efter användning, från vänster oanvänd remsa som referens, prov från GMM855, GMM1740, GMM3675, GMM4786 och GMM4883.
Figur.24 s.39	Fiberprov från GMM3675, uppskattas mäta 4 mm.

Tabellförteckning

Samtliga tabeller i uppsatsen är konstruerade av författaren om inget annat anges.

Tabell 1 s.23	Information om vissa av de bekämpningsmedel som kan finnas i museisamlingar sammanställd ur Odegaard & Sadongei (2005, s25-30), Lidman (2008, s.34) och Hodgson & Roe (2015, s39, 106, 174, 202, 216).
Tabell 2 s.32–33	Resultat av XRF-analys.
Tabell 3 s.34	Stapeldiagram över XRF-resultat uppdelat efter grundämne.

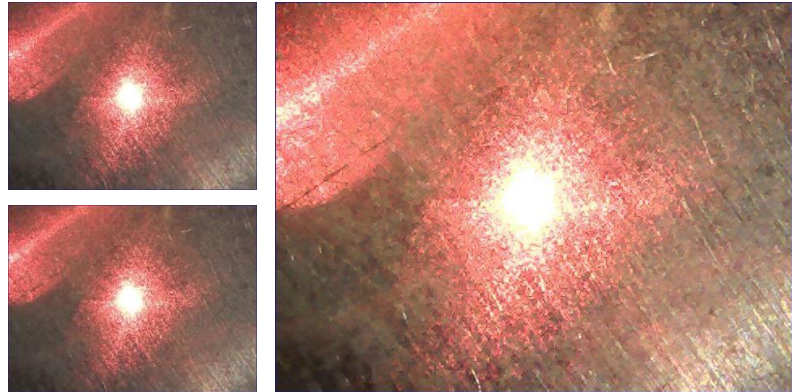
Bilagor

Bilaga.1 Kompletta resultat från XRF-analys.

test Ag Cu

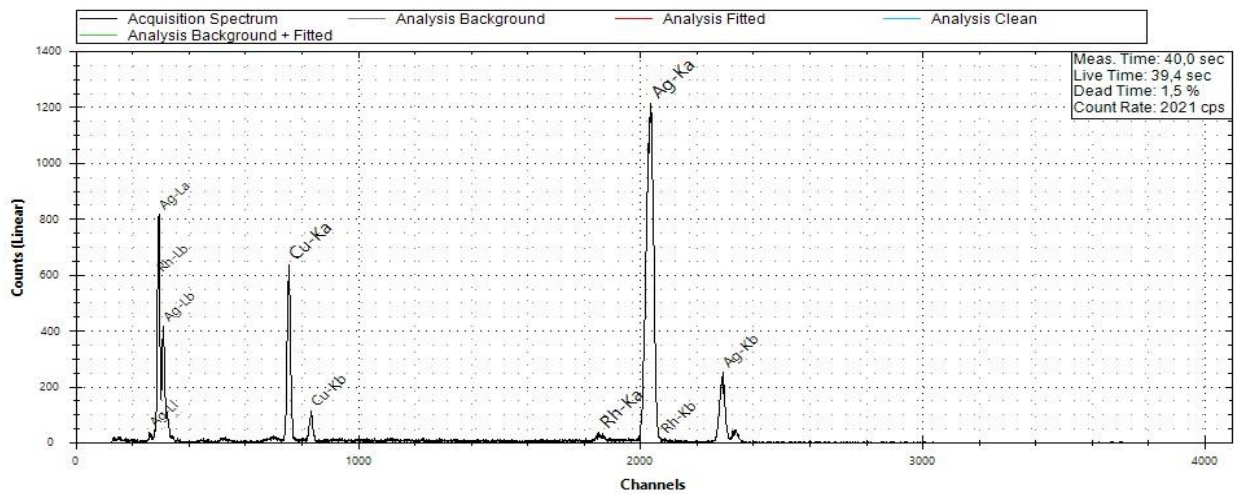
31/03/2023 09:31:17

Measurement Time: 40,0 s
Tube Voltage: 40 kV
Tube Current: 20 μ A
Tube Target Material: Rh Elio
Device: SN1253
Device Mode: Head Acquisition
Mode: Manual
Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Ag	93,21%	$\pm 0,58\%$
Cu	6,02%	$\pm 1,17\%$
Rh	0,77%	$\pm 4,27\%$

Analysis Date and Time: 31/03/2023
09:30:19

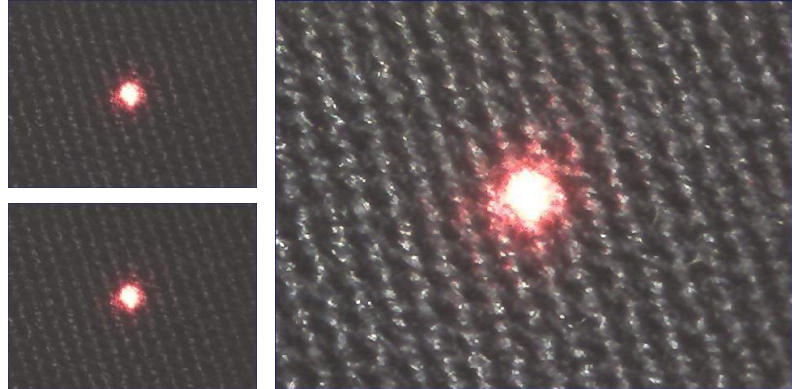
Analysis Type: Automatic
Spectrum Left Cut: 1 keV
Spectrum Right Cut: 50 keV
Spectrum Upper Limit: 50 keV
Use M Line: False
Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
Ar

GMM1740 ärmslut 9

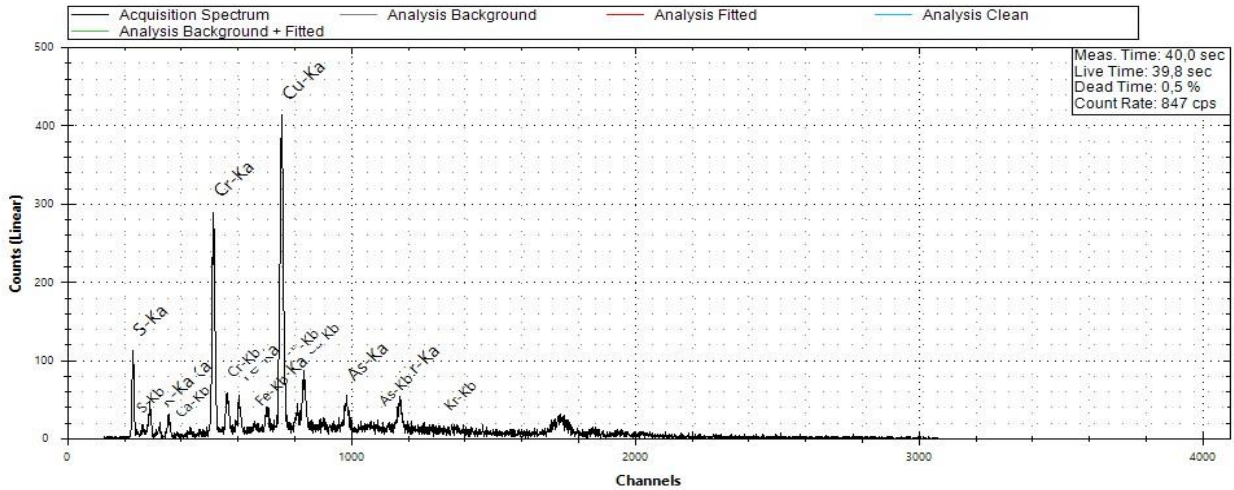
31/03/2023 09:45:01

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
S	74,66%	±3,94%
Cr	8,31%	±1,96%
Ca	5,39%	±7,24%
Cu	5,15%	±1,56%
K	4,64%	±9,97%
Fe	0,81%	±5,1%
Ni	0,37%	±6,32%
As	0,34%	±4,9%
Kr	0,33%	±4,58%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 09:38:16

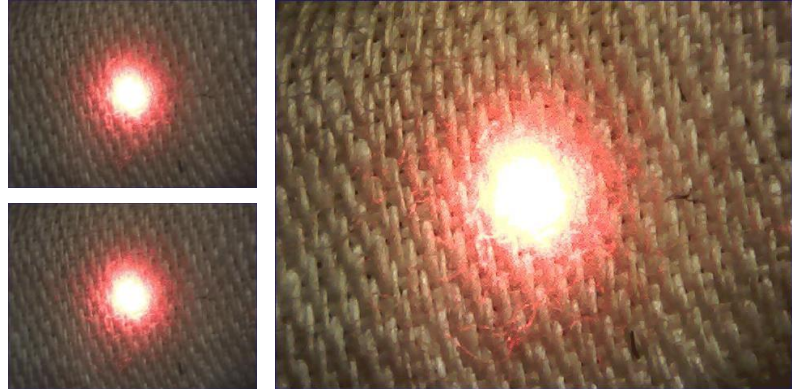
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar

GMM1740 foder ärm 7

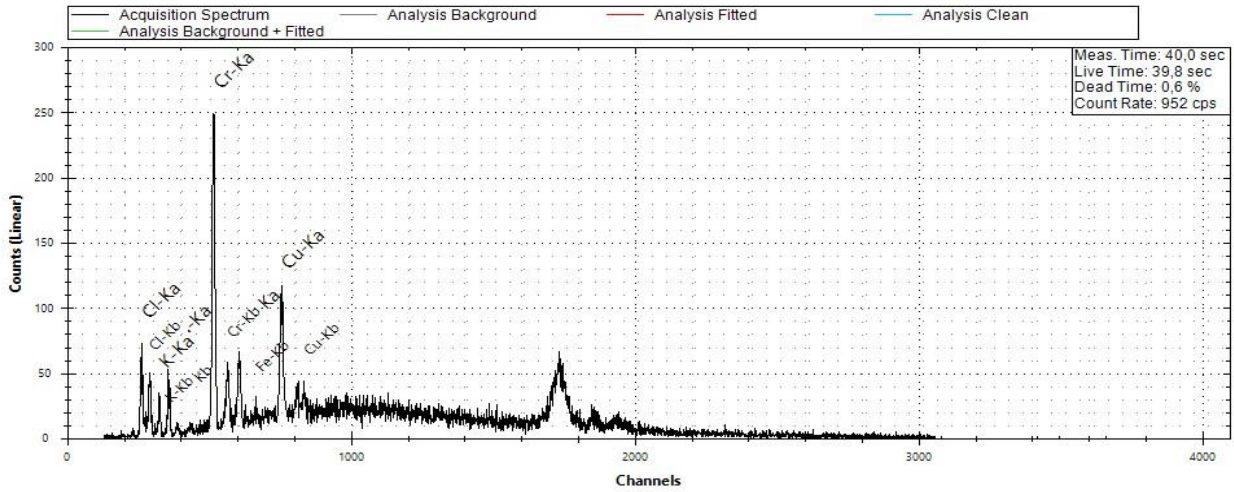
31/03/2023 09:48:50

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cl	49,09%	±4,16%
Ca	16,68%	±5,25%
Cr	16,34%	±1,97%
K	11,77%	±7,49%
Cu	3,31%	±2,9%
Fe	2,81%	±4,07%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 09:46:15

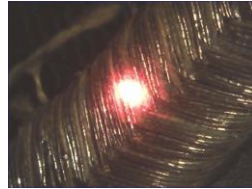
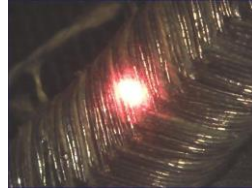
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM1740 snöre metall 8

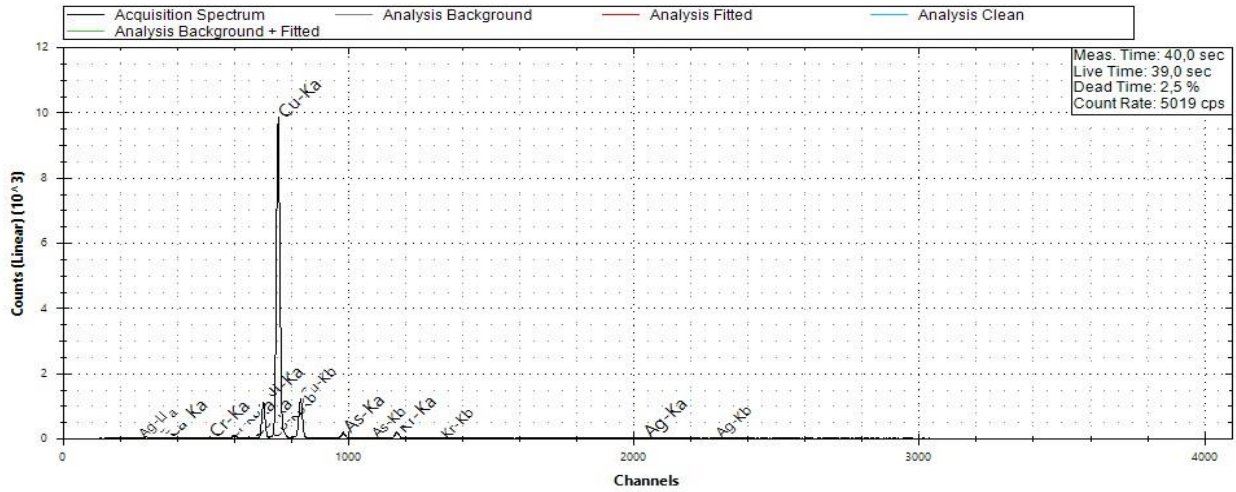
31/03/2023 09:52:46

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cu	81,33%	±0,31%
Ni	8,29%	±0,95%
Kr	3,52%	±1,96%
As	2,9%	±2,27%
Ag	1,72%	±4,95%
Ca	1,56%	±7,88%
Fe	0,32%	±4,21%
Cr	0,29%	±5,88%
Co	0,07%	±4,04%

Analysis Date and Time: 31/03/2023 09:50:25

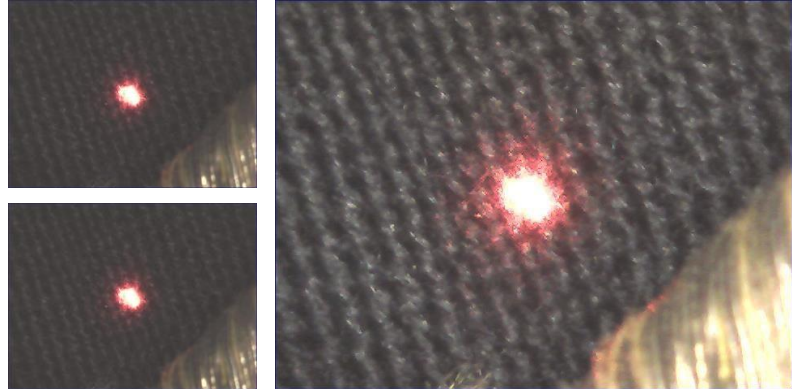
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM1740 bröst 6

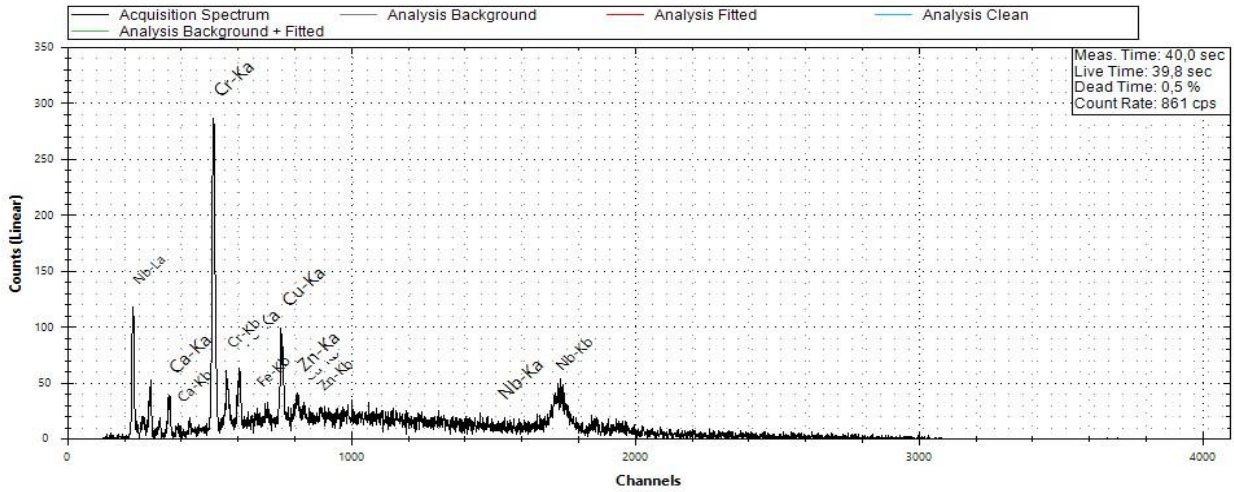
31/03/2023 09:58:50

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cr	53,23%	±1,85%
Ca	21,51%	±5,85%
Cu	11,39%	±3,67%
Fe	10,56%	±4,69%
Zn	2,96%	±6,52%
Nb	0,35%	±4,11%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 09:54:38

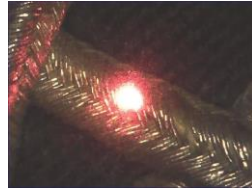
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM1740 brodyr nere 10

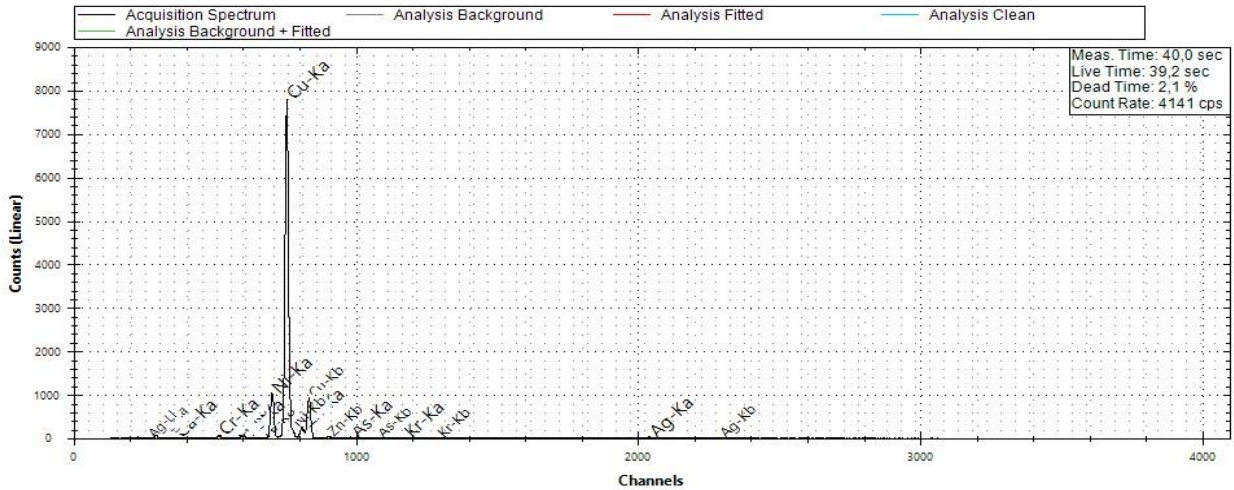
31/03/2023 10:01:27

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cu	80,96%	±0,36%
Ni	10,1%	±1%
Zn	2,91%	±1,95%
Ag	2,79%	±4,39%
Ca	1,3%	±9,85%
Cr	0,81%	±4,03%
As	0,45%	±6,77%
Fe	0,36%	±4,6%
Kr	0,32%	±7,43%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 09:59:53

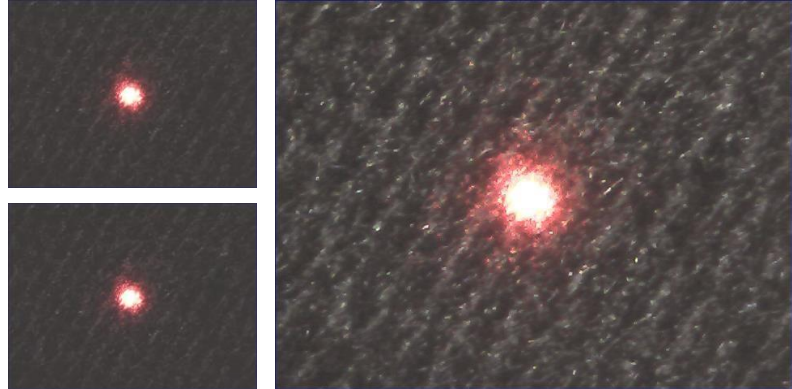
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM4786 bröst 16

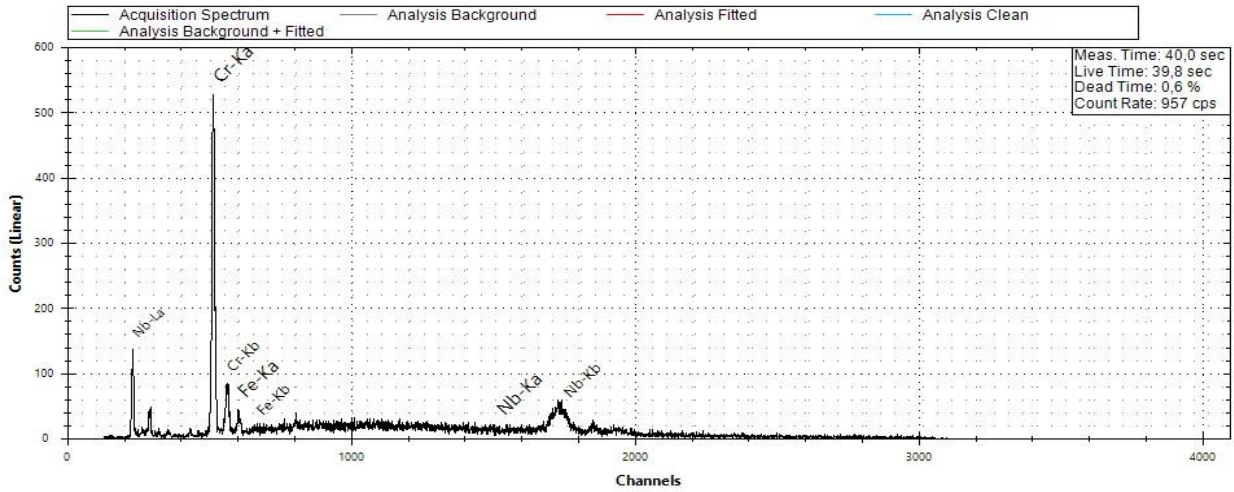
31/03/2023 10:53:30

Measurement Time: 40,0 s
Tube Voltage: 40 kV
Tube Current: 20 µA
Tube Target Material: Rh Elio
Device: SN1253
Device Mode: Head Acquisition
Mode: Manual
Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cr	86,04%	±1,39%
Fe	13,45%	±5,2%
Nb	0,51%	±4,28%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
10:52:35

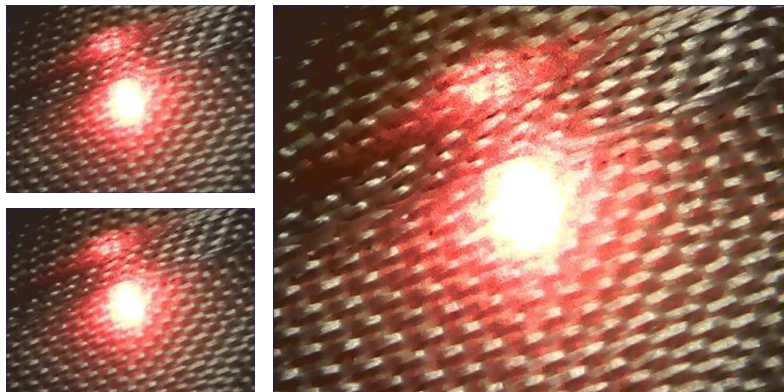
Analysis Type: Automatic
Spectrum Left Cut: 1 keV
Spectrum Right Cut: 50 keV
Spectrum Upper Limit: 50 keV
Use M Line: False
Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
Ar, Rh

GMM4786 foder ärm 17

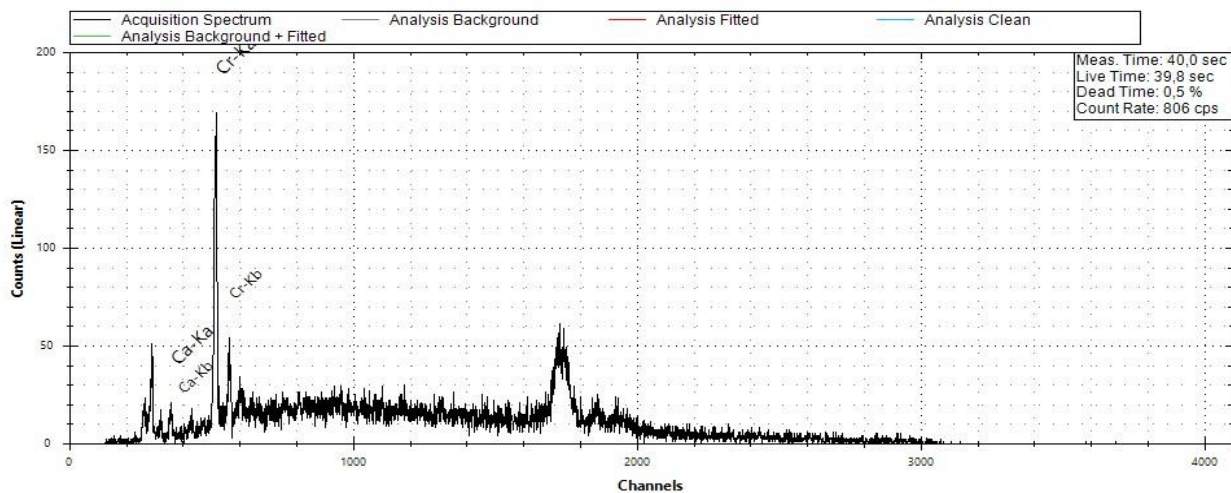
31/03/2023 10:57:12

Measurement Time: 40,0 s
Tube Voltage: 40 kV
Tube Current: 20 μ A
Tube Target Material: Rh Elio
Device: SN1253
Device Mode: Head Acquisition
Mode: Manual
Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cr	81,06%	$\pm 2,47\%$
Ca	18,94%	$\pm 9,3\%$

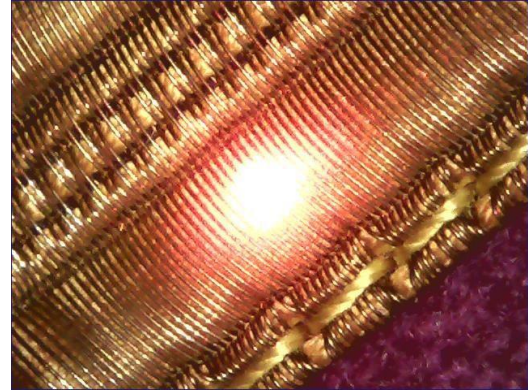
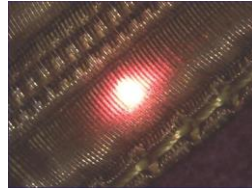
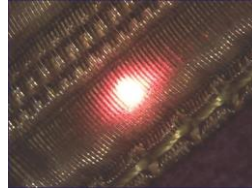
Analysis Date and Time: 31/03/2023
10:55:32
Analysis Type: Automatic
Spectrum Left Cut: 1 keV
Spectrum Right Cut: 50 keV
Spectrum Upper Limit: 50 keV
Use M Line: False
Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
Ar, Rh

GMM4786 band ärm 18

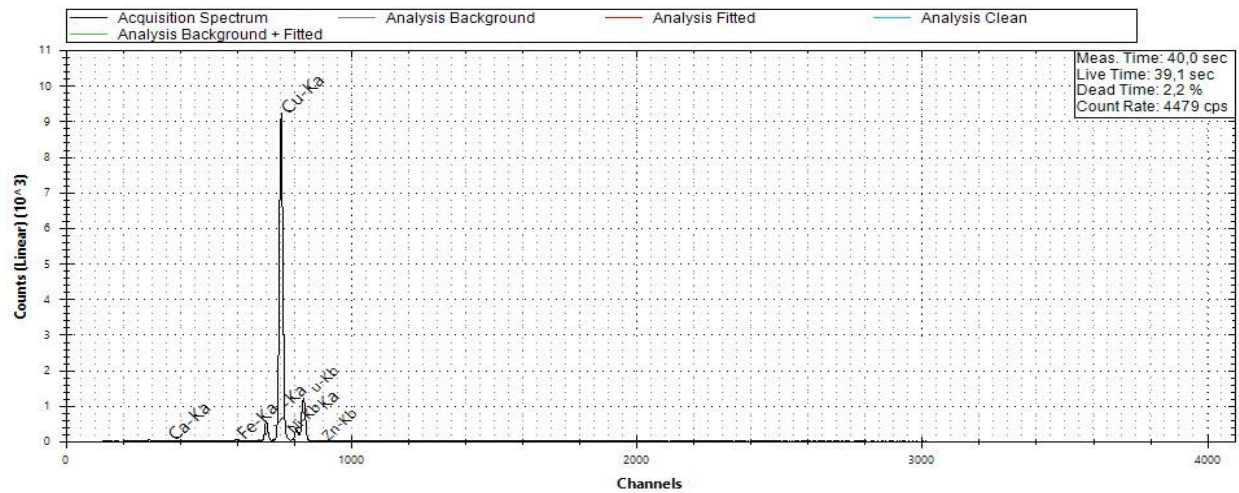
31/03/2023 10:59:33

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cu	90,49%	±0,3%
Ni	4,76%	±1,23%
Zn	3,41%	±1,5%
Ca	1,1%	±9,18%
Fe	0,25%	±4,61%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 10:58:39

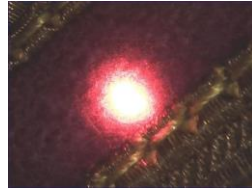
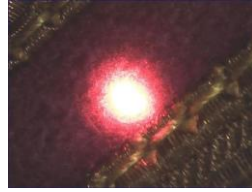
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM4786 band ärm lila 19

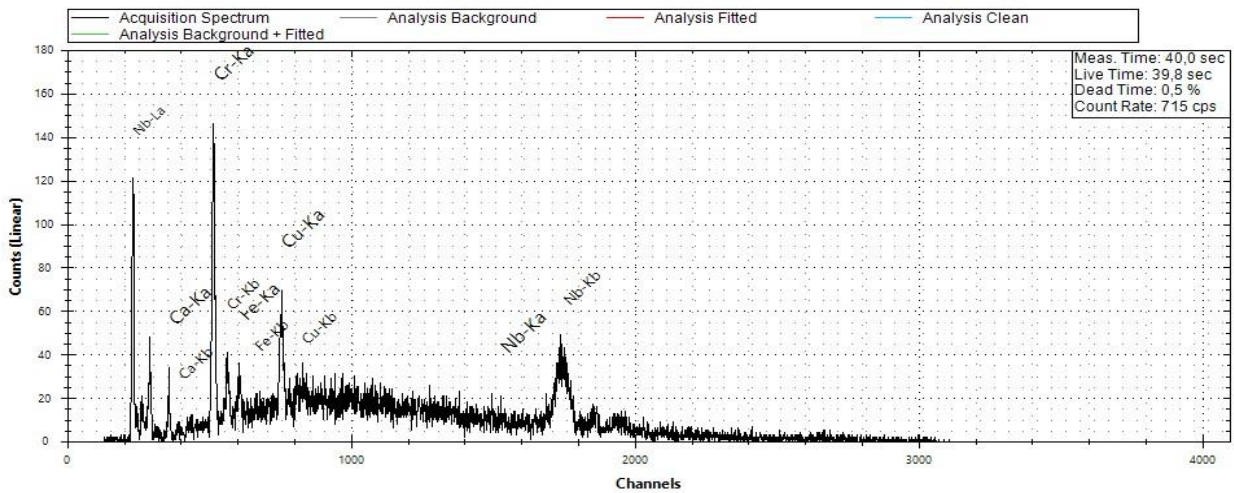
31/03/2023 11:01:50

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cr	52,43%	±2,67%
Ca	20,48%	±8,73%
Cu	16,42%	±4,4%
Fe	9,86%	±6,95%
Nb	0,81%	±3,74%

Analysis Date and Time: 31/03/2023 11:00:48

Analysis Type: Automatic

Spectrum Left Cut: 1 keV

Spectrum Right Cut: 50 keV

Spectrum Upper Limit: 50 keV

Use M Line: False

Super Impose Peak Areas: False

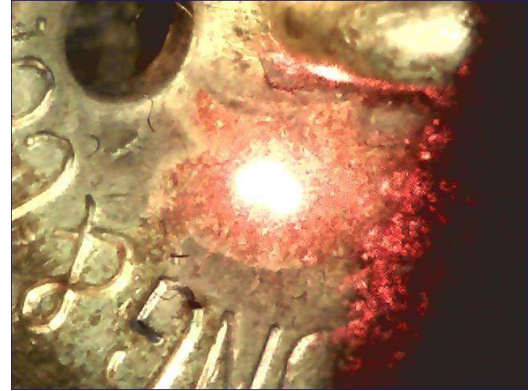
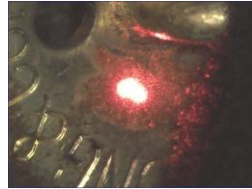
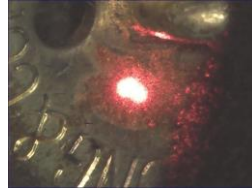
Excluded Elements for Fitting Analysis:

Ar, Rh

GMM4786 baksida knapp 20

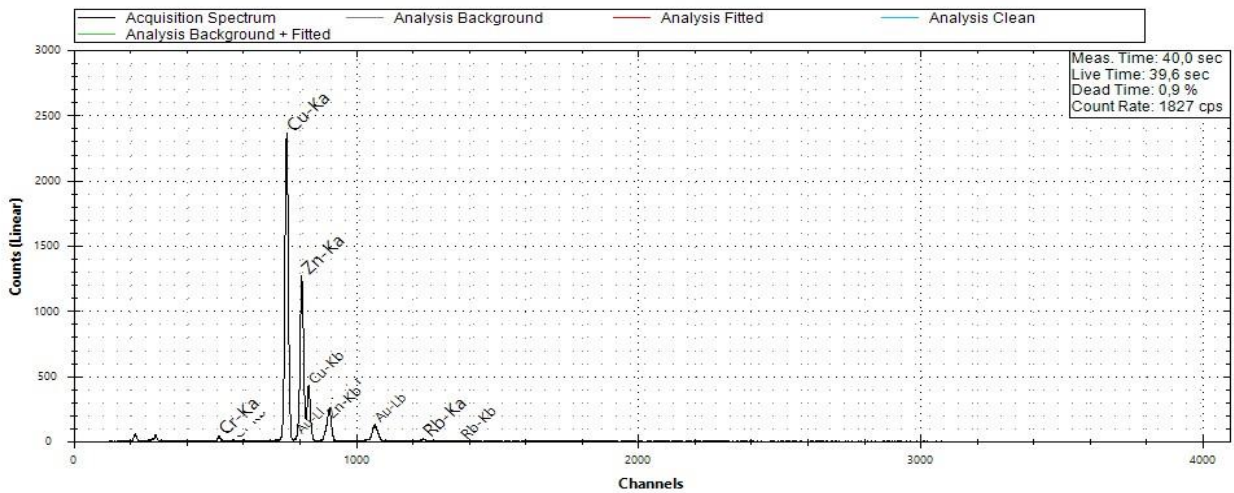
31/03/2023 11:06:03

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cu	52,52%	±0,6%
Zn	24,7%	±0,81%
Au	21,38%	±1,89%
Cr	1%	±5,5%
Rb	0,4%	±8,27%

Analysis Date and Time: 31/03/2023 11:05:23

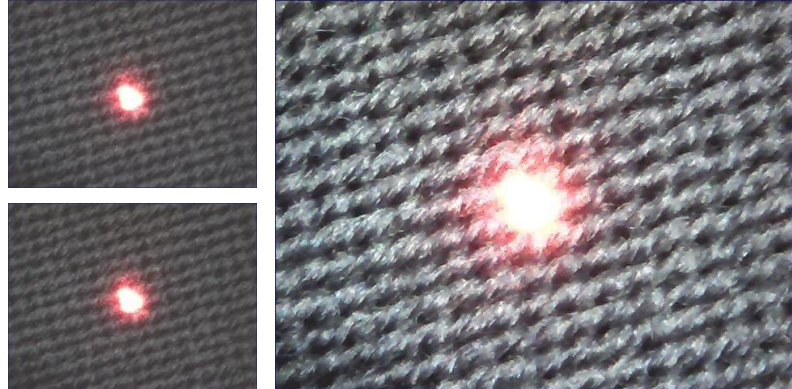
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM3675 bröst 11

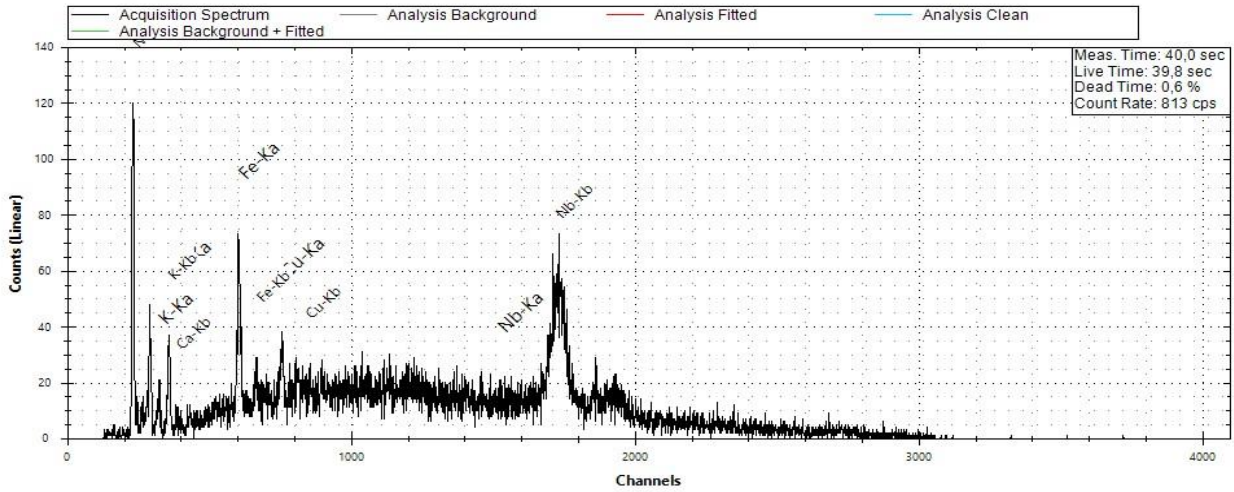
31/03/2023 11:11:33

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Ca	53,95%	±6,31%
K	22,39%	±8,96%
Fe	18,56%	±3,99%
Cu	4,95%	±6,7%
Nb	0,15%	±4,1%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 11:10:44

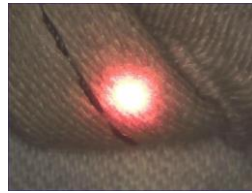
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM3675 foder ärm 12

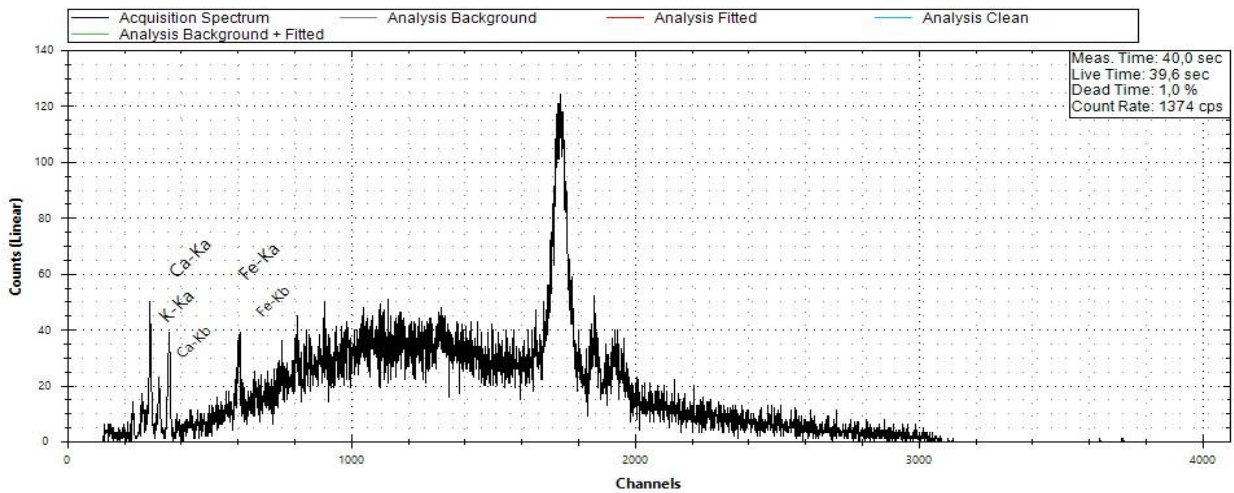
31/03/2023 11:15:44

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Ca	70,75%	±5,64%
K	21,55%	±8,82%
Fe	7,71%	±6,74%

Analysis Date and Time: 31/03/2023 11:13:44

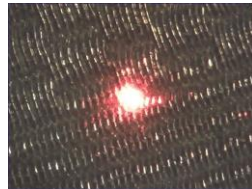
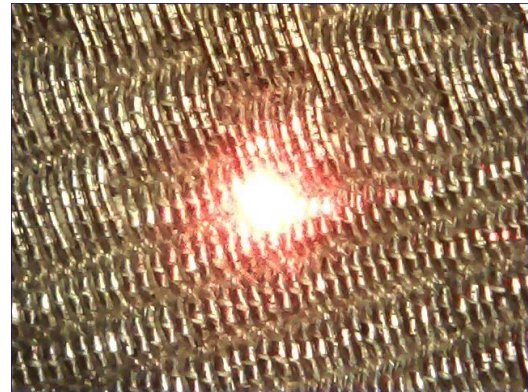
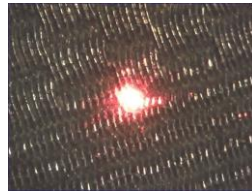
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM3675 band ärm 13

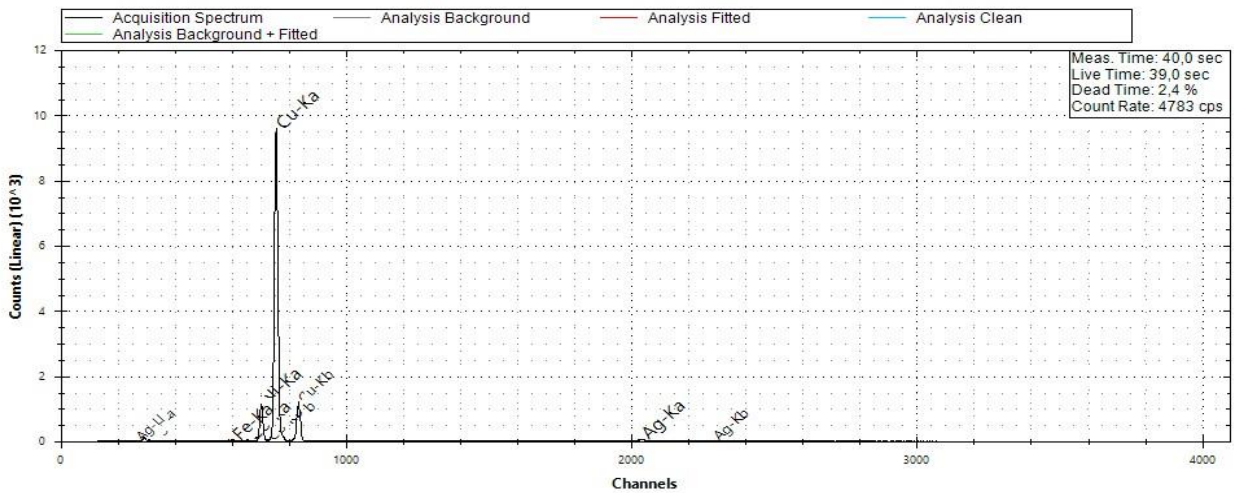
31/03/2023 11:18:13

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 μ A
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cu	85,84%	$\pm 0,31\%$
Ni	8,94%	$\pm 0,93\%$
Ag	4,78%	$\pm 2,94\%$
Fe	0,29%	$\pm 4,44\%$
Co	0,15%	$\pm 4,91\%$

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 11:17:00

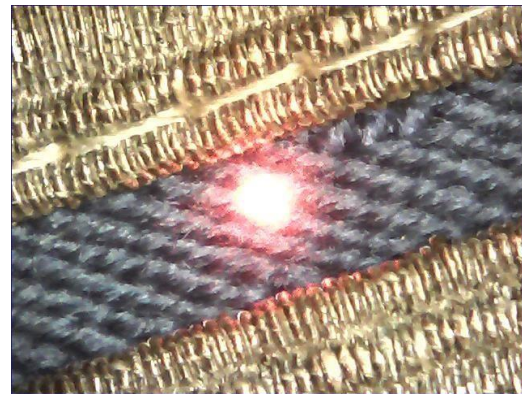
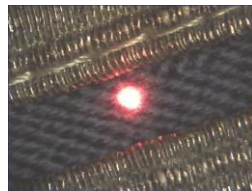
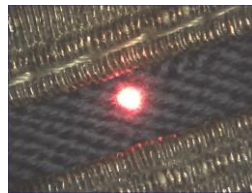
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM3675 ärmslut 14

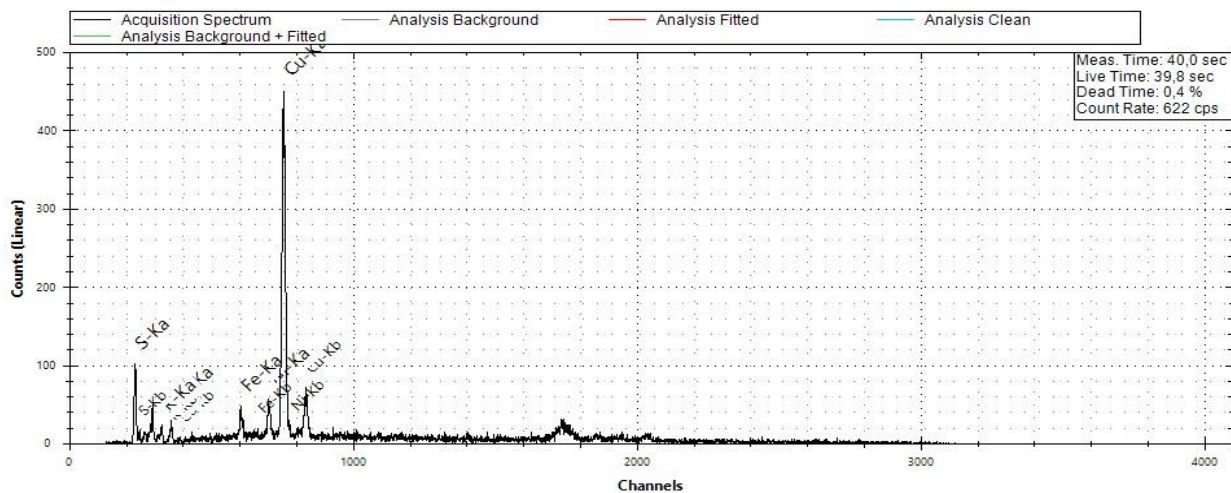
31/03/2023 11:20:51

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
S	78,07%	±3,72%
K	8,01%	±7,69%
Cu	6,33%	±1,34%
Ca	6,29%	±6,92%
Fe	0,71%	±5,11%
Ni	0,59%	±4,73%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 11:19:32

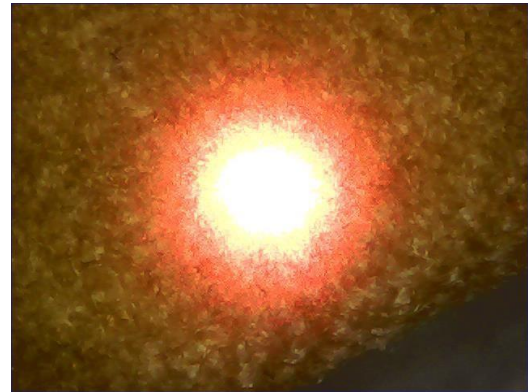
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM3675 epålett baksida 15

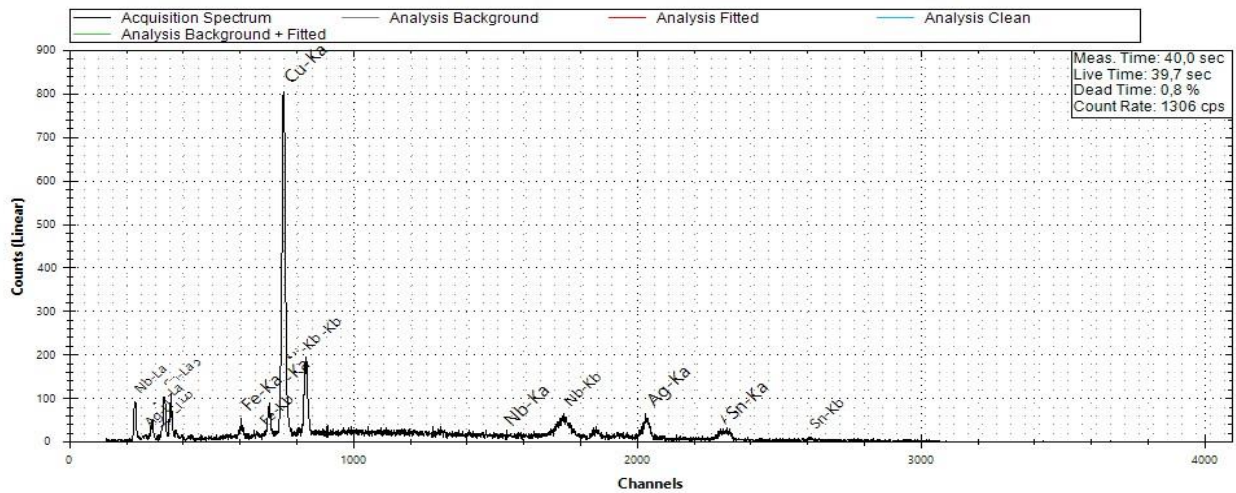
31/03/2023 11:23:46

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cu	50%	±1,19%
Sn	22,69%	±3,75%
Ag	21,32%	±3,46%
Ni	3,68%	±4,55%
Fe	2,05%	±6,41%
Nb	0,26%	±4,33%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 11:22:48

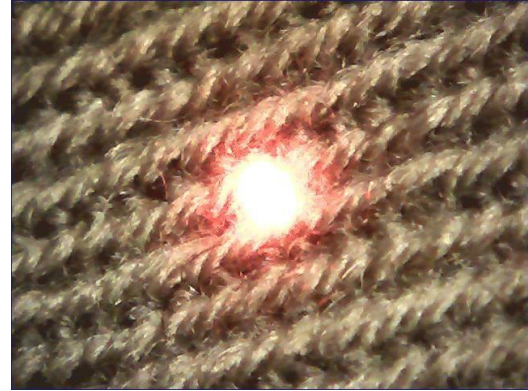
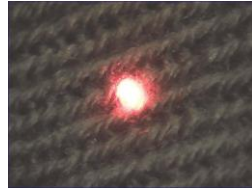
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM4883 bröst 21

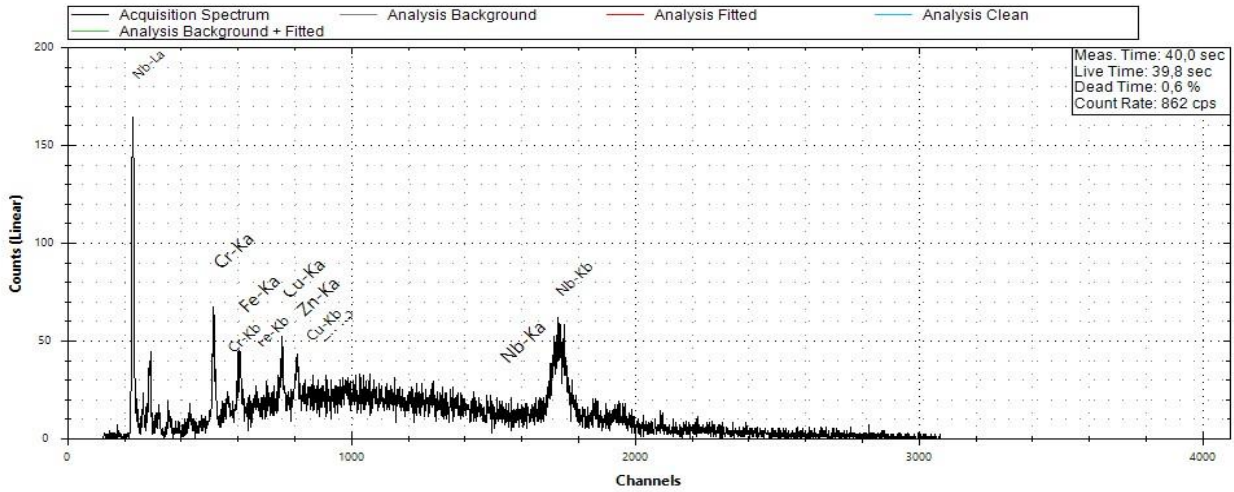
31/03/2023 11:34:20

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cr	30,68%	±4,32%
Fe	29,22%	±5%
Cu	21,47%	±5,79%
Zn	17,24%	±5,93%
Nb	1,39%	±2,94%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 11:30:08

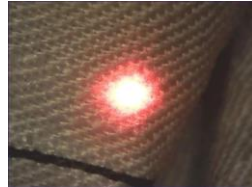
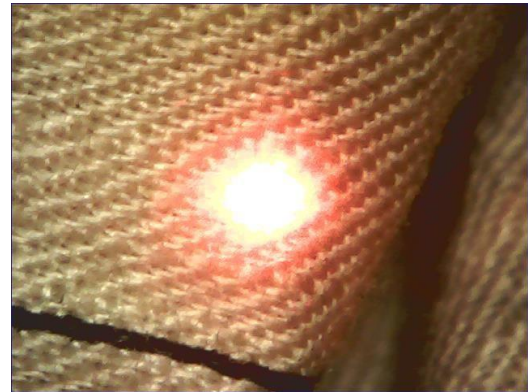
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM4883 foder ärm 22

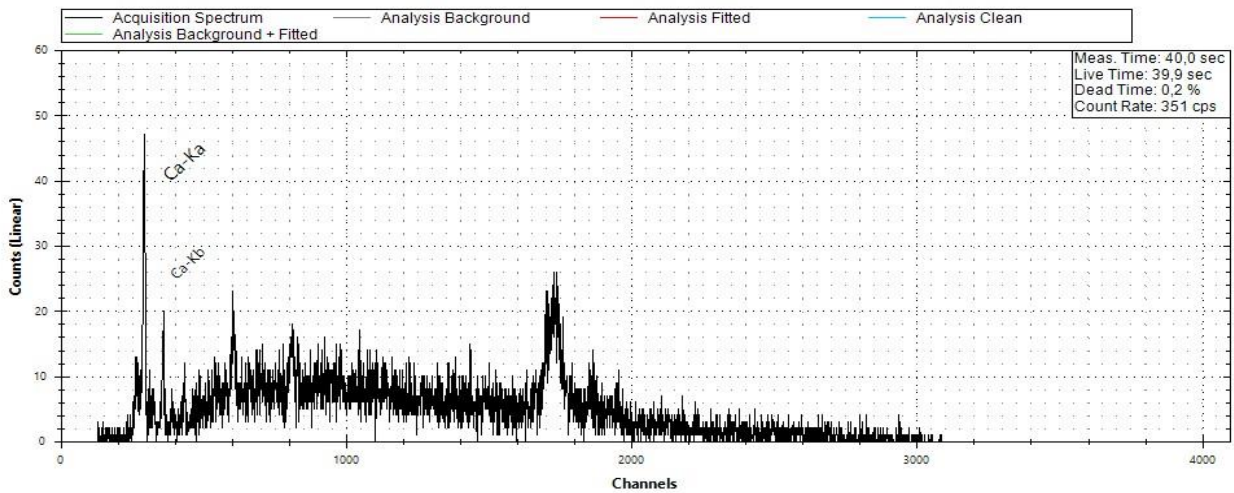
31/03/2023 11:38:42

Measurement Time: 40,0 s
Tube Voltage: 40 kV
Tube Current: 20 μ A
Tube Target Material: Rh Elio
Device: SN1253
Device Mode: Head Acquisition
Mode: Manual
Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Ca	100%	$\pm 9,68\%$

Analysis Date and Time: 31/03/2023 11:36:53

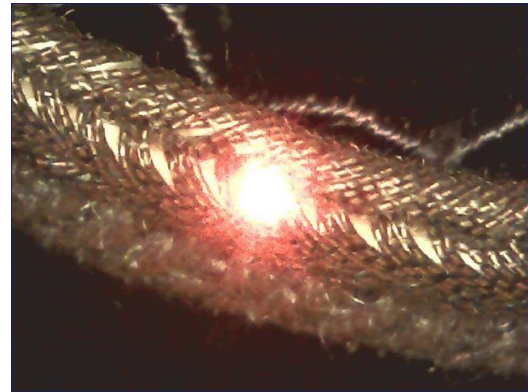
Analysis Type: Automatic
Spectrum Left Cut: 1 keV
Spectrum Right Cut: 50 keV
Spectrum Upper Limit: 50 keV
Use M Line: False
Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
Ar, Rh

GMM4883 epålett tråd 23

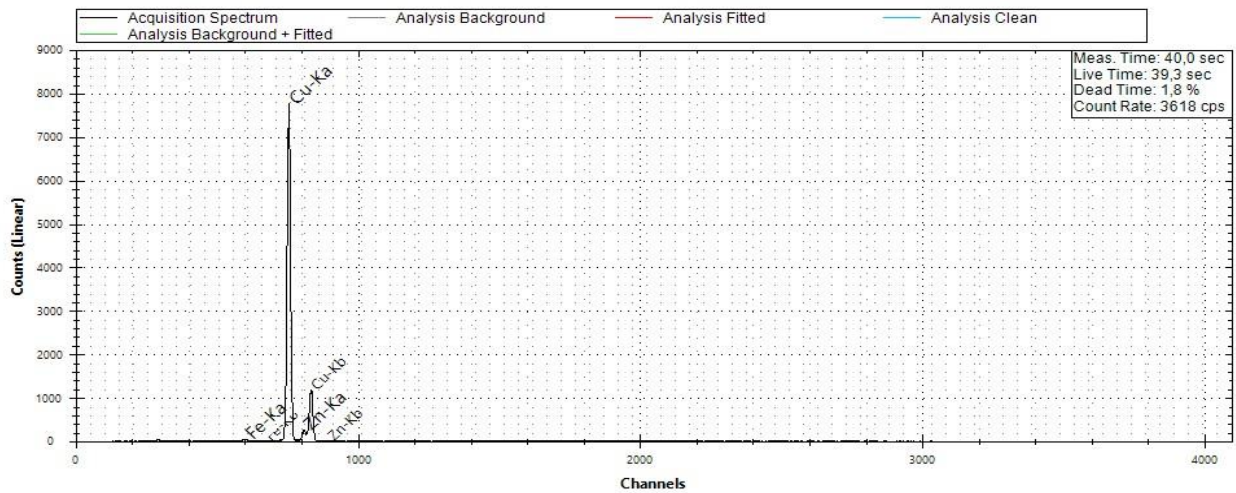
31/03/2023 11:41:35

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cu	96,44%	±0,32%
Zn	3,2%	±1,63%
Fe	0,37%	±4,15%

Analysis Date and Time: 31/03/2023 11:39:52

Analysis Type: Automatic

Spectrum Left Cut: 1 keV

Spectrum Right Cut: 50 keV

Spectrum Upper Limit: 50 keV

Use M Line: False

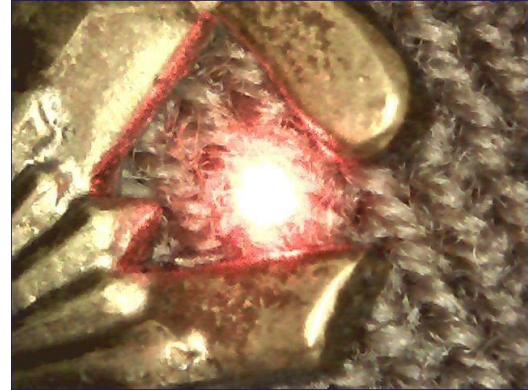
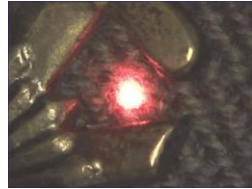
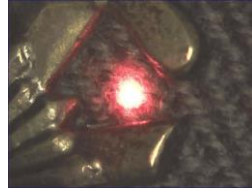
Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM4883 mellan slag på krage 24

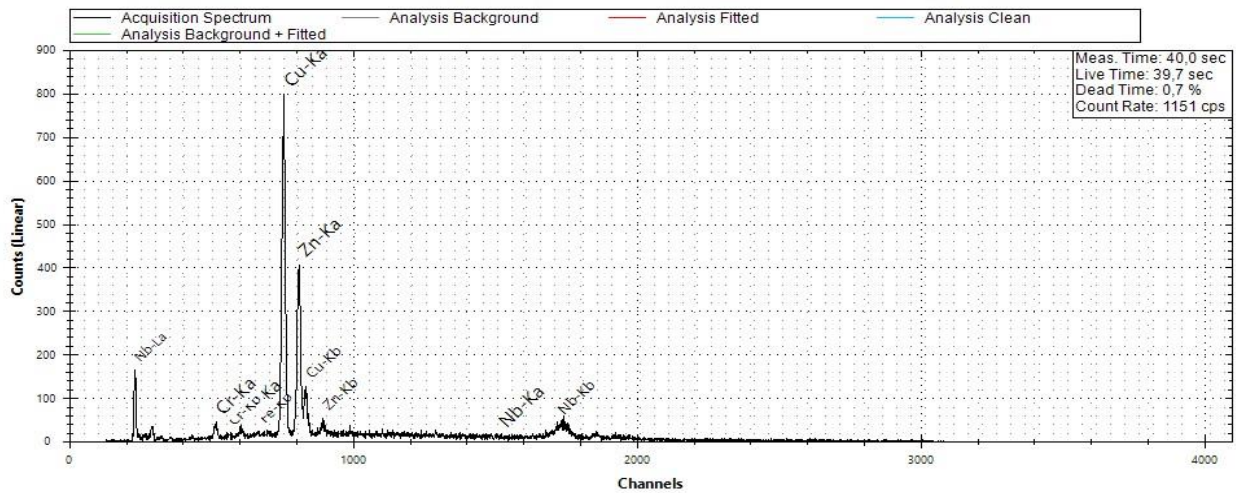
31/03/2023 11:43:37

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 μ A
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Cu	65,07%	$\pm 1,05\%$
Zn	30,18%	$\pm 1,43\%$
Cr	3,07%	$\pm 5,18\%$
Fe	1,24%	$\pm 6,4\%$
Nb	0,43%	$\pm 3,46\%$

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 11:42:48

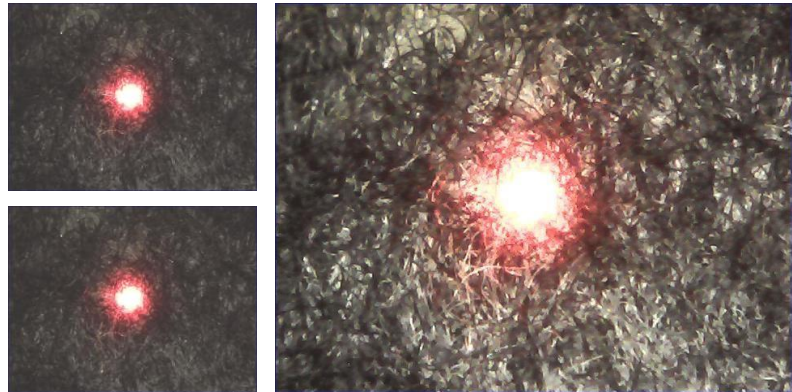
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM4883 under krage non wowen 25

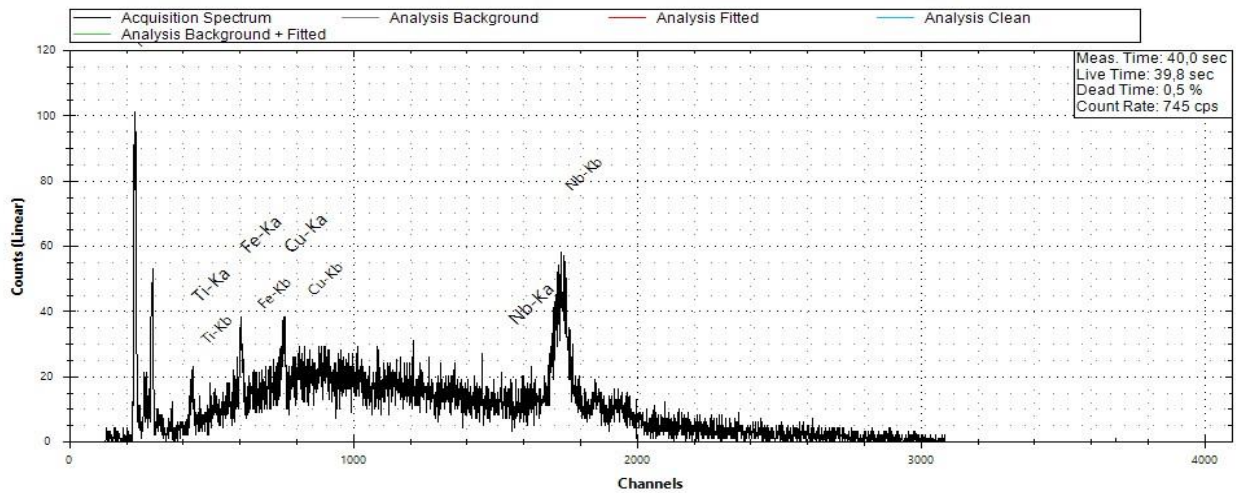
31/03/2023 11:48:44

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 μ A
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Fe	34,58%	$\pm 5,94\%$
Ti	30,19%	$\pm 8,62\%$
Cu	29%	$\pm 6,78\%$
Nb	6,23%	$\pm 4,01\%$

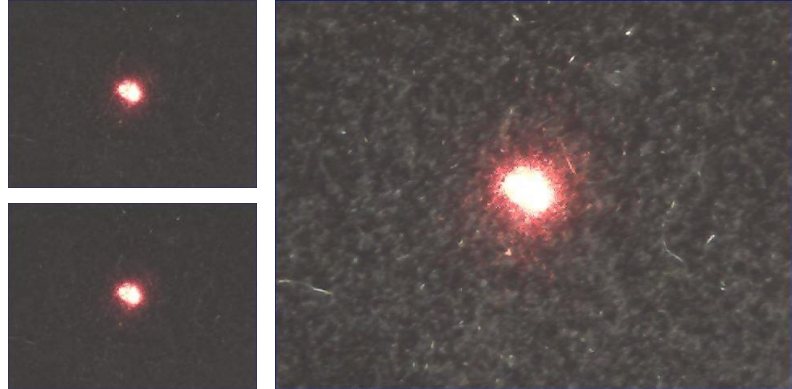
Analysis Date and Time: 31/03/2023
 11:47:42
 Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM855 bröst 1

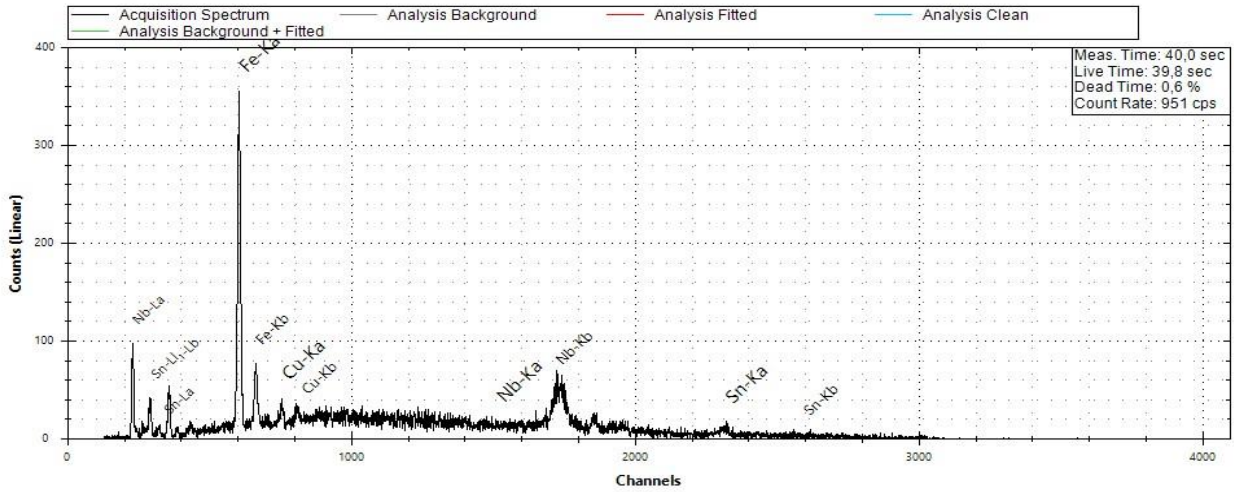
31/03/2023 11:57:09

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Fe	69,98%	±1,65%
Sn	24,93%	±4,76%
Cu	4,6%	±7,32%
Nb	0,49%	±4,09%

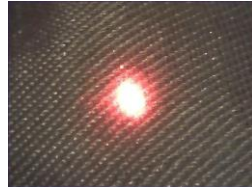
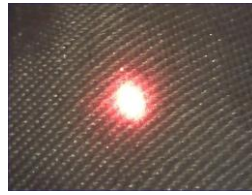
Analysis Date and Time: 31/03/2023
 11:55:17
 Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM855 foder ärm 2

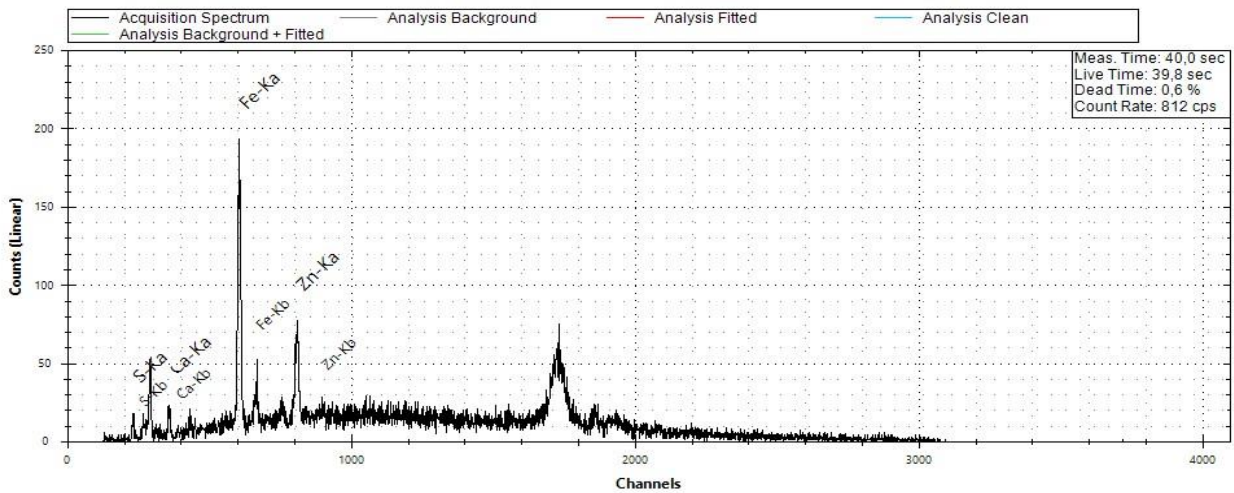
31/03/2023 11:58:36

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
S	60,12%	±10,02%
Fe	18,54%	±2,19%
Ca	16,53%	±8,04%
Zn	4,82%	±3,52%

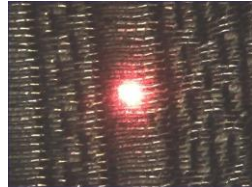
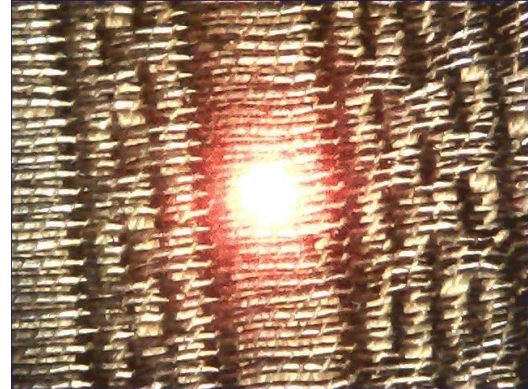
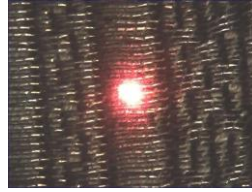
Analysis Date and Time: 31/03/2023
 11:58:05
 Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM855 krage metalltråd 3

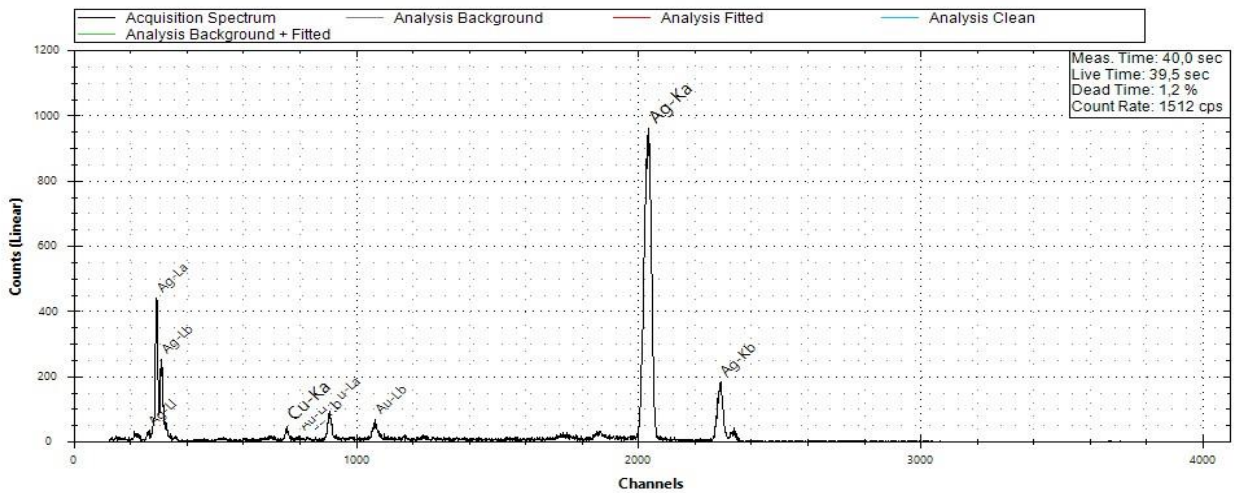
31/03/2023 12:01:45

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Ag	97,87%	±0,64%
Au	1,71%	±3,03%
Cu	0,42%	±5,01%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 12:01:02

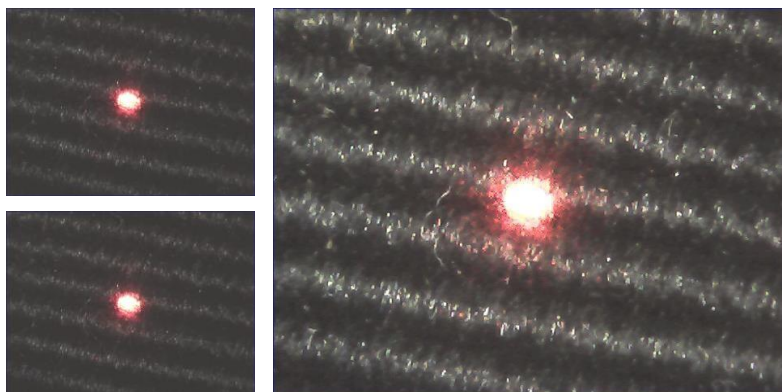
Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM855 ärmslut 4

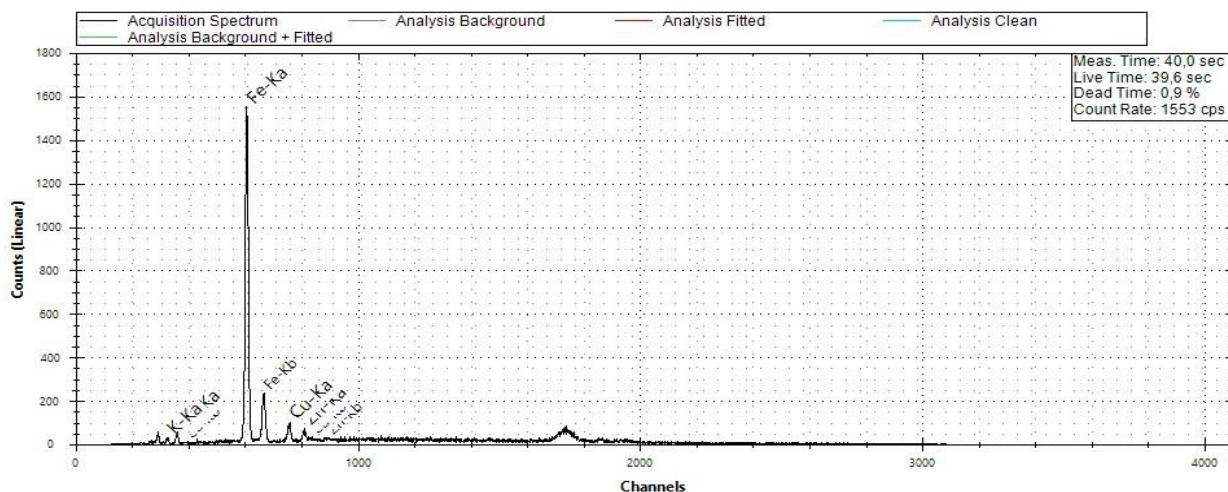
31/03/2023 12:07:09

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 μ A
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Fe	69,06%	$\pm 0,73\%$
Ca	12,78%	$\pm 4,67\%$
K	9,72%	$\pm 6,18\%$
Cu	5,63%	$\pm 3,12\%$
Zn	2,81%	$\pm 4,02\%$

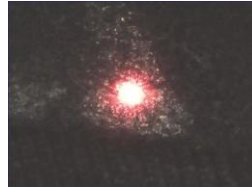
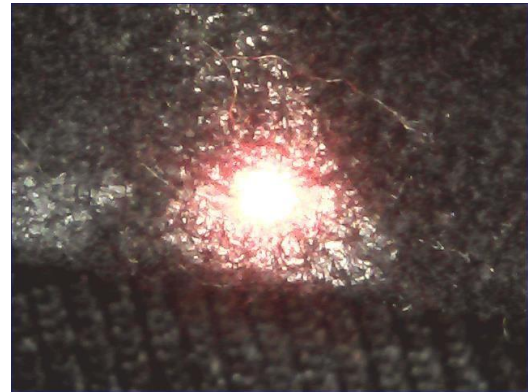
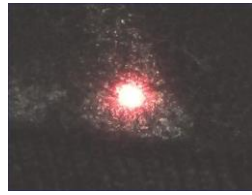
Analysis Date and Time: 31/03/2023
 12:06:45
 Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh

GMM855 under krage på vit fläck 5

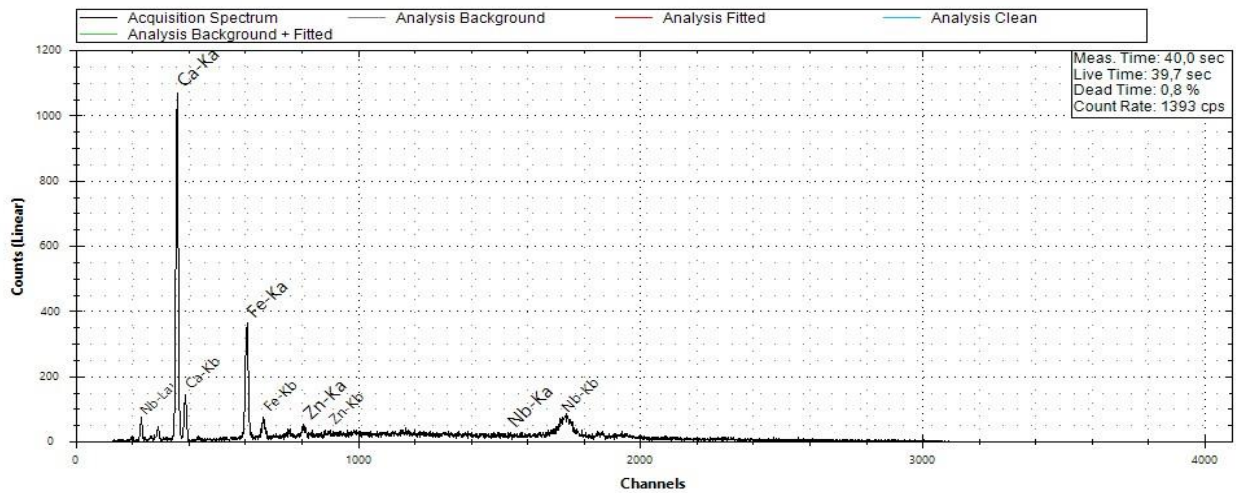
31/03/2023 12:12:34

Measurement Time: 40,0 s
 Tube Voltage: 40 kV
 Tube Current: 20 µA
 Tube Target Material: Rh Elio
 Device: SN1253
 Device Mode: Head Acquisition
 Mode: Manual
 Acquisition Channels: 4096 Sample



to Detector Material: Air

Spectrum:



Analysis Results:

Element	Concentration	Error
Ca	89,73%	±1,03%
Fe	9,71%	±1,61%
Zn	0,52%	±5,09%
Nb	0,04%	±4,96%

Analysis Date and Time: 31/03/2023
 12:11:00
 Analysis Type: Automatic
 Spectrum Left Cut: 1 keV
 Spectrum Right Cut: 50 keV
 Spectrum Upper Limit: 50 keV
 Use M Line: False
 Super Impose Peak Areas: False

Excluded Elements for Fitting Analysis:
 Ar, Rh