



INSTITUTIONEN FÖR KULTURVÅRD

MÄTA FÄRGFÖRÄNDRINGAR PÅ PLAN TEXTIL

En litteratur- och experimentstudie



Linnéa Sverkersson

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

2017, 15 hp

Grundnivå

2017/15

MÄTA FÄRGFÖRÄNDRINGAR PÅ PLAN TEXTIL
En litteratur- och experimentstudie

Linnéa Sverkersson

Handledare: Charlotta Hanner Nordstrand och Jacob Thomas

Examensarbete 15 hp
Konservatorprogram, 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, 2017

By: Linnéa Sverkersson
Mentors: Charlotta Hanner Nordstrand and Jacob Thomas

Measuring Color Change on Flat Textiles – A Literature and Experimental Study

ABSTRACT

In this thesis, the use of portable colorimeters for monitoring color-change on textiles on display in a museum environment are examined. The idea for this study developed from the author's time as an intern at Nationalmuseum in Stockholm, Sweden. The conservators working at the museum have been thinking about this problem in light of the museum's re-opening scheduled for autumn 2018 where daylight will be a part of the lighting system in the museum.

A literature study was conducted of earlier studies about lighting in museum environments, and why color change occurs in textiles, as well as in the color measurement field. The literature study leads in to the experimental part of the study where two types of colorimeters were evaluated. These are: a spectrodensitometer with 45°/0° geometry and a spectrophotometer with the geometry d/8°. For the d/8° geometry, the specular component included (SCI) respectively the specular component excluded (SCE) mode were also be taken into consideration in the evaluating of the colorimeters.

To evaluate the two different colorimeters, samples will be prepared in a light-aging experiment. The experiment is simulating five years in a museum environment with 3 000 opening hours and with a 50 lux illuminance per year, giving it an annual illuminance of 150 000 lux hours. So the samples were illuminated to a total illuminance, for five years, of 750 000 lux hours. The samples consist of three categories: wool-samples dyed with known natural dyes, surrogates which imitate flat textiles that a museum would put on display, and lastly a Blue Wool Standard.

In the evaluation, the difference in CIE L* a* b* and colour-difference, represented by ΔE (delta E), values between the spectrodensitometer and the spectrophotometer were examined. Further, the importance of direction of the sample was studied by calculating the ΔE value for measurements of different directions, with 90° difference, of the samples.

The study showed that a handheld colorimeter might has the potential to be a useful instrument for *in situ* preventive conservation in the aspect of objects color-change in a museum environment: though, many parameters must be taken into consideration, such as direction of the textile and measuring point. Further research is needed for a more accurate evaluating of the colorimeters usefulness in color-measuring on flat textiles.

Title in original language: Mäta färgförändring på plan textil– en litteratur- och experimentstudie

Language of text: Swedish, summaries in English and Swedish

Number of pages: 39

Keywords: spectrophotometer, spectrodensitometer, geometry, light-aging

ISSN 1101-3303

ISRN GU/KUV—17/15—SE

Förord

Jag vill tacka alla personer som har gjort det möjligt för mig att skriva denna uppsats.

Först mina nyfunna själsfränder från denna utbildning: Victoria Olivia Skalleberg och Lena Alexandra Tengelin. Ni är fantastiska, trots att ni håller på med papper...

Tack till mina handledare Charlotta Hanner Nordstrand och Jacob Thomas för korrläsning, idéer och fixande med ljusskåp. Och Liv Friis för allt spring upp och ned i källaren.

Och självklart Maria Franzon och Nationalmuseum för all hjälp och tillåtelse att använda eran spektrofotometer. Tusen gånger tack! Även tack för en bra praktikperiod hos er.

Sofia och Marie: tack för den intensiva specialteminen. Sicket team vi var!

Mera perifera gestalter som gjort att jag orkat skriva denna uppsats är mina vänner i Stockholm och Berlin. Ni har också gjort detta med mig, även om ni inte vet om det.

Och till sist min familj. Speciellt mamma och pappa som gjort det möjligt för mig att kunna slutföra denna utbildning. Älskar er `to the moon and back´ tusen gånger om!

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	1
1.1.	Bakgrund.....	1
1.2.	Syfte och frågeställningar.....	1
1.3.	Metod.....	1
1.4.	Etik.....	2
1.5.	Tidigare forskning och källkritik.....	2
1.6.	Avgränsningar.....	3
1.7.	Begrepp.....	4
2.	Belysning i museimiljö.....	5
2.1.	Ljus och dess skadeverkan.....	5
2.2.	Riktlinjer rörande belysning i museivärlden.....	5
2.2.1.	Färgförändringar i museimiljö.....	6
2.2.2.	Lux och luxtimmar.....	6
2.2.3.	Blue Wool Standard.....	6
2.3.	Ljuskällor i museimiljö.....	7
2.3.1.	Dagsljus.....	8
2.3.2.	LED-lampa.....	8
3.	Färgförändringar och mäta färg.....	9
3.1.	Textila föremål.....	9
3.2.	Färgämnenes ljushärdighet.....	10
3.3.	Mätning av färg.....	10
3.3.1.	Färgmätare och svårigheter med att mäta färg på textila material.....	10
3.3.2.	CIE L* a* b* färgrymd.....	11
4.	Experimentell metod och material.....	13
4.1.	Introduktion.....	13
4.2.	Material.....	13
4.2.1.	Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen.....	13
4.2.2.	Grupp 2: Dummies.....	14
4.2.3.	Grupp 3: Blue Wool Standard.....	14
4.3.	Ljusskåp.....	15
4.4.	Mätinstrument.....	15
4.4.1.	Spektrodensitometer.....	16
4.4.2.	Spektrofotometer.....	16
4.5.	Räkna ut färgskillnad.....	17
4.6.	Uppföljning.....	17
5.	Genomförande av experiment.....	18

6. Resultat.....	21
7. Diskussion.....	24
7.1. Resultatdiskussion.....	24
7.2. Utvärdering av genomförande och metodutveckling.....	27
7.3. Konklusion.....	27
7.4. Vidare forskning.....	28
8. Sammanfattning.....	29
9. Summary.....	31
Figur- och tabellförteckning.....	33
Käll- och litteraturförteckning.....	36
Bilaga 1 Färgning av Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen.....	i
Bilaga 2 Lista över textilier i Nationalmuseums nya basutställning.....	ii
Bilaga 3 Fiberidentifikation.....	iii
Bilaga 4 Information om använd ljuskälla i experiment.....	vii
Bilaga 5 Irradians vid studiens prover under åldringsexperiment.....	viii
Bilaga 6 Klimat i ljusskåp.....	ix
Bilaga 7 Mätvärden och dess medelvärden mätningar med spektrodensitometer: åldring.....	xi
Bilaga 8 Mätvärden och dess medelvärden mätningar med spektrodensitometer: prover vänt 90° åt höger.....	xv
Bilaga 9 CIE L* a* b*-värden mätning för färgförändringar: åldring.....	xvi
Bilaga 10 CIE L* a* b*-värden mätningar för färgförändringar: prover vänt 90° åt höger.....	xiv

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Idéen till denna uppsats växte fram under min praktik på Nationalmuseum, Stockholm, under hösten 2016. Min handledare, konservator Maria Franzon, framförde en önskan om att konserveringsavdelningen vid museet ville börja använda sin nyinköpta portabla spektrofotometer i det preventiva konserveringsarbetet vid museet. Skulle spektrofotometern kunna användas för att övervaka färgförändringar på textilierna som museet planerar ska vara utställda i deras kommande basutställningar?

Vid denna uppsats författande, våren 2017, pågår den största renoveringen av Nationalmuseums huvudbyggnad, på Blasieholmen i Stockholm, sedan museets öppnande 1866 (Statens fastighetsverk 2017). I den renoverade byggnaden vill museet och fastighetsverket släppa in mer dagsljus, för att på så sätt ”höja kvalitén på museibesöket och konstupplevelsena” (Nationalmuseum 2014). Beslutet att släppa in dagsljus i museimiljön har oroat museets konservatorer och har givit upphov till frågeställningar så som: kommer inläppet av dagsljus skada föremålen i museimiljöerna? Hur ska de eventuella skadorna som dagsljus orsakar kontrolleras utan att vara tvungna att montera ned föremålen, då detta skulle kräva mycket arbetskraft och en ökad skaderisk för föremålen?

Jag bestämde mig på grund av detta för att undersöka problemet närmare. För att kunna angripa detta kände jag mig manad att undersöka varför färgförändringar beroende av ljus sker i museimiljö för att kunna sätta mig in i konservatorernas oro. Förutsättningarna som jag tog med mig in i studien är att jag använder mig av tillgängliga färgmätare och att fokus ligger på att göra mätningar på plana textilier som kan finnas i museimiljöer. Genom att övervaka färgförändringar kan indikationer om föremålets nedbrytning erhållas då färgförändringar kan vara en indikation på att andra nedbrytningsprocesser sker i fibrerna.

1.2. Syfte och frågeställningar

Syftet med denna studie är att undersöka om portabla färgmätare kan mäta färg på plana textilier och på sått ge grunden till att kunna arbeta fram en metod för att övervaka färgförändringar hos textilier *in situ* i museimiljö. Målet är att undersöka om färgmätningssinstrument kan användas av konservatorerna vid Nationalmuseum för att övervaka färgförändringar på plana textilier.

Studiens frågeställningar är:

- Kan färgförändringar hos plana textilier undersökas med en portabel färgmätare?
- Vilka är några av svårigheterna som kan uppstå vid mätning av plana textilier med en portabel färgmätare?
- Beror mätresultaten på typen av färgmätare som används?

1.3. Metod

Denna uppsats är uppdelad i två delar, en litteraturstudie och en experimentell del. Litteraturstudien ger en bakgrund till hur museer arbetar med belysning av sina textila föremål och om dess färgförändringar. Efter litteraturstudien kommer den experimentella delen av denna studie att presenteras: prover som utsätts för ett ljusbaserat åldringsexperiment med uppföljning. Provernas färg dokumenteras med subjektiva mätinstrument före och efter åldring. Två portabla färgmätare kommer att användas vid mätningarna: Nationalmuseums spektrofotometer och en spektrodensitometer som ägs av Institutionen för Kulturvård vid Göteborgs universitet, Göteborg. Den färgskillnad som proverna uppvisar efter åldrandet räknas ut som resultat och kopplas till det som tagits upp i den

tidigare litteraturstudien. Även en uppföljning av de problem, som litteraturen presenterade för mätningar med portabla färgmätare, kommer att genomföras på ett urval av prover.

1.4. Etik

Preventiv konservering är en viktig del i bevarandet av ett museums samlingar. Som American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC) uttrycker sig i sina etiska riktlinjer:

VIII. The conservation professional shall recognize a responsibility for preventive conservation by endeavoring to limit damage or deterioration to cultural property, providing guidelines for continuing use and care, recommending appropriate environmental conditions for storage and exhibition, and encouraging proper procedures for handling, packing, and transport.

(AIC 2014)

Paragrafen fastslår att konservatorn har ansvar för att kulturföremålen inte utsätts för fara under utställning. Denna studie ämnar att utvärdera ett verktyg och att leda fram till att utarbeta en metod som skulle hjälpa konservatorer vid museer med detta.

Preventiv konservering innebär att skydda föremål från skada under den period som föremålet inte undergår en aktiv konservering. Detta gör att den allra största tiden av ett kulturföremåls `liv` befinner sig i den period där den skyddas mot skada med olika icke-invasiva konserveringsmetoder (Jedrzejewska 1978). Att mäta färgförändringar med en portabel färgmätare kan vara en bra och icke-invasiv preventiv konserveringsmetod. Genom att övervaka färgförändringar kan man få information om föremålets nedbrytning, inte bara dess ändring av färg, då det med färgförändringar kommer flera olika kemiska processer som bryter ned fibrer. Denna studies hypotes är att portabla analytiska metoder kan hjälpa konservatorer i sitt arbete, något Adriaens (2005) framför som av yttersta vikt i sin sammanfattning över hur icke-destruktiva och icke-invasiva analysmetoder kan hjälpa museer i sitt arbete.

1.5. Tidigare forskning och källkritik

Denna studies litteraturstudie och experimentella del kommer att referera till flera olika slags källor innefattande en stor variation av ämnen. Referenserna rör sig inom områdena ljus och belysning, färgmätning, textilkemi, experimentell åldring av textila prover i laboriemiljö. När en vetenskaplig text skrivs är källkritik, inför de källor som refereras till, viktig. I denna studie är exempelvis vissa av källorna svåra att förstå om en som läsare inte har expertis i ämnet, vilket har gjort att författaren noggrant har gjort ett urval i vad hen valt att referera till.

Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology, skriven av Berns (2000), är ett nyckelverk inom färgvetenskap. Denna bok är uttömmande inom ämnet och täcker både information om vad färg och ljus är såväl som hur man kan mäta färg. Speciella begrepp rörande belysning har Leif Starby (2003) samlat i sin bok *En bok om belysning*. Vidare ger Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) ut rapporter inom färg, ljus och belysning, två av dessa rapporter har använts i denna studie. *Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation* (CIE 2004) är skriven av kommissionens arbetsgrupp för museibelysning och avhandlar principerna bakom strålning, kunskapen om strålning och rekommendationer rörande museibelysning. Andra rapporten, *Improvement to Industrial Colour-Difference Evaluation* (CIE 2001), behandlar utvecklingen i beräkning av färgförändringar för att erhålla så tillförlitliga resultat som möjligt.

I beskrivningar om uppbyggnad av färgmätare kommer man snabbt i kontakt med begreppet geometri. Vad geometri innebär förklaras under rubriken 1.7., där ytterligare viktiga och återkommande begrepp i denna studie definieras. För att få en bred kunskapsgrund till begreppet geometri måste flertalet källor studeras, utöver ovan nämnda Berns (2000). Tillverkaren av färgmätare Konica Minolta förklarar pedagogiskt på sin hemsida hur deras instrument är uppbyggda och fungerar. Här ska

poängteras att informationen kommer från ett företag som vill framhålla sina egna produkter och informationen från dem bör ses på med viss uppmärksamhet och kritiska ögon. Vidare behandlar även Luo et al. (2015) geometri i sin artikel "An investigation of how texture surface of a fabric influences its instrumental color". Som titeln på denna artikel antyder, påverkar en textils yta mätresultaten som erhålls från färgmätaren. Så för att få ytterligare klarhet i detta problem är *The Measurement of Appearance* av Hunter och Harold, från 1987, en god källa. Även två artiklar av Gorji Kandi (et al. 2008; 2011) om färgmätarens geometri och dess betydelse vid mätning av färg på en textil yta är informationsrika.

Som koppling mellan textilkonservering och kemi refererar denna studie till ett nyckelverk inom textilkonservering: *Chemical Principles of Textile Conservation* av Tímár-Balázs och Eastop (1998). I forskning om blekning av färgämne finns det två, i sammanhanget, tidiga artiklar: "Fading by light of organic dyes on textiles and other materials" av van Beek och Heertjes och "The light-fastness of the natural dyes" av Padfield och Landi, båda publicerade 1966. Artiklarna, är vid denna studies författande, cirka femtio år gamla, vilket gör att referat till dessa bör göras med viss uppmärksamhet då forskningsläget under en så lång tidperiod kan ha ändrats avsevärt. Dock presenterar artiklarna en grundläggande forskning om naturliga färgämnens nedbrytningsprocesser vilket gör dem möjliga att referera till långt efter deras tillkomst.

Det finns ett flertal publicerade forskningsartiklar om metoder för accelererad ljusåldring av textila prover i laboratoriemiljö. Ljusåldrande experiment är en vanlig metod för att åldra prover för forskning inom konservering, därför har Saunders och Kirby (2001) sammanställt hur olika museer och institutioner med forskningsavdelningar genomför sina accelererade åldringar av prover för forskning. Två ytterligare artiklar om detta ämne är "Color degradation of textiles with natural dyes and of blue scale standards exposed to white LED lamps" (Ishii et al. 2008) och "Light damage to selected organic material in display cases: a study of different light sources" (Farke et al. 2016). Båda artiklarna presenterar forskning där forskarna genom ett ljusbaserat åldrings experiment visar hur ljuskällor i museimiljö påverkar textiliers färger.

1.6. Avgränsningar

Tillgång till baksidan av textilierna är av absolut nödvändighet för mätningar med färgmätare. Detta eftersom vid mätningar måste textilen placeras mellan instrumentet och ett reflekterande underlag. Det gör att denna studie har avgränsats till att studera plana textilier. På plana textilier har man i allmänhet mycket enklare tillgång till baksidan än på en tredimensionell textil. Bakom en upphängd vävd tapet kan man enkelt nå in med ett underlag, men för en textil som är på docka är åtkomligheten för att få in ett underlag för mätning mycket mera problematiskt. Denna studie avgränsas därför till att undersöka plana textilier då den tilldelade tiden för studien inte ger möjlighet att även undersöka tredimensionella föremål.

Urvalen av material till prover baserar sig delvis på Nationalmuseums samlingar och deras samling i museimiljö i synnerhet. Det beror på att denna studie syftar till att i första hand hjälpa Nationalmuseum i deras arbete och därför görs detta urval efter deras förutsättningar. Trots att urvalet av material görs utifrån Nationalmuseums förutsättningar innebär detta dock inte att studien inte kan appliceras på andra museer med deras individuella förutsättningar.

Åldringen av prover under studiens experimentella del har avgränsats till en simulerad åldring på fem år. Detta gjordes på grund av tidsbegränsning under arbetets gång, då en sådan åldring skulle kunna genomföras under en veckas tid. Författaren ansåg att fem år var nödvändigt och, samtidigt, tillräckligt för att erhålla en färgförändring hos de prover med naturliga färgämnen som undersöks. En längre simulerad åldring skulle eventuellt få mer säkra resultat med en större färgförändring hos proverna.

I utvärderingen av färgmätare används två instrument, beroende på att författaren hade tillgång till dessa under arbetet med studien. I en vidare studie skulle flera andra sorters färgmätare kunna

användas för vidare utvärdering för att hitta den bästa färgmätaren för ändamålet. Utöver detta kommer inte heller skillnaden i vad en spektrodensitometer respektive vad en spektrofotometer egentligen är tillverkade för att mäta diskuteras, som namnen antyder är instrumenten tillverkade för olika ändamål. Densitometer, som i spektrodensitometer, är ett instrument för att mäta svärtning för grafik och fotografi (NE, densitometer) och fotometer, som i spektrofotometer, är ett instrument för mätning av ljusstyrka (NE, fotometer). Förledet `spektró´ i båda instrumentens namn innebär att man vid mätningar kan få ut ett spektrum. Båda instrumenten mäter färg på samma standardiserade tillvägagångssätt (se 3.2.2.) och det enda som kommer tas i betraktande i jämförelse mellan dessa två färgmätare är deras respektive geometrier.

1.7. Begrepp

Nedan kommer definitioner av några nyckelbegrepp i uppsatsen.

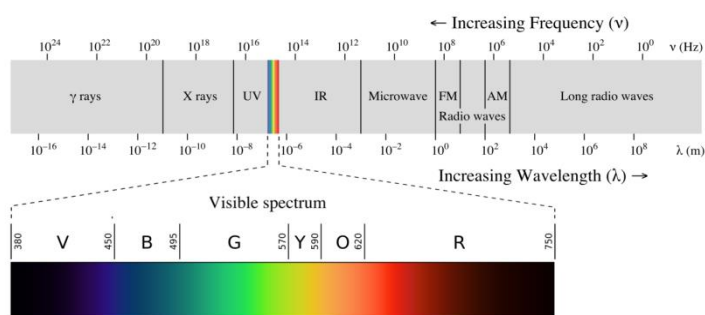
CIE	Vanlig använd akronym för Commission Internationale de l'Éclairage, en global organisation för standardisering inom belysning (NE, CIE).
Dummies	Begrepp inom konservering, i Sverige, då man använder sig av ett substitut till ett `äkta` föremål. Med dummiesen kan man då undersöka sina tänkta konserveringmetoder på utan att pröva på det verkliga föremålet direkt. En dummie ska vara så lik originalet som möjligt så ett så pålitligt resultat som möjligt erhålls.
Färgmätare	Ett instrument som mäter färg. Författarens översättning av det som i litteraturen benämns med begreppet `colorimeter`.
Geometri	En färgmätare består alltid av dessa två beståndsdelar: en ljuskälla som belyser provet och en detektor som fångar upp det reflekterande ljuset från prover (Luo et al. 2015, s. 472). Färgmätarens geometri är sambandet mellan ljuskällan och detektorn, hur dessa två delar av färgmätaren interagerar med varandra (Konica Minolta 2016a).
Ljusbaserat åldringsexperiment	Ett experiment där man simulerar, med ljus, att en längre tidsperiod tid har förflutit. Det är en acceleration av åldrande som används för att med prover undersöka vad som sker med ett material när det åldras.
Ljushärdighet	Färgämnenas olika tendenser till färgförändringar, främst blekning, beroende av ljus (Svenska textilforskningsinstitutet 1981).
Plan textil	Benämning på textilier vilka inte är tredimensionella. Plana textilier i museimiljö är exempelvis vävda tapeter och flaggor.

2. Belysning i museimiljö

I detta kapitel avhandlas olika aspekter av belysning i museimiljö. Först kommer en kort beskrivning av vad ljus är och varför det är skadligt för material. Sedan redovisas de riktlinjer som museer förhåller sig till vid valet av belysning i sina utställningslokaler. Sist i kapitlet redovisas kort två av de belysningskällor vilka har betydelse för den belysningen i renoverade Nationalmuseum.

2.1. Ljus och dess skadeverkan

Elektromagnetisk strålning (se Figur 1) är överföring och transport av energi som beskrivs utifrån dess våglängd (Starby 2003, s. 52). Våglängder mäts i nanometer (nm) och betecknas med den grekiska bokstaven lambda (λ). Det mänskliga ögat och hjärnan kan uppfatta våglängder mellan 380-780 nm



och detta är vad vi kallar för synligt ljus (Starby 2003). Elektromagnetisk strålning i det synliga ljusspektrumet med kortare våglängder uppfattar vi som blått medan de med längre våglängd är röda, med ett spektrum av de andra färgerna mellan dessa två ytterligheter. Utanför detta spektrum finns andra våglängder såsom röntgenstrålar, infrarött- och ultravioletstrålning (Berns 2000).

Figur 1 Elektromagnetisk strålning.

När elektromagnetisk strålning påverkar en kemisk reaktion kallas det att en fotokemisk reaktion sker. En fotokemisk reaktion är möjlig då material absorberar ljusets energi. Nivån på skadan som fotokemiska reaktioner orsakar beror på fyra faktorer: strålningens irradians¹, tid för exponering, strålningens spektrum och föremålets förmåga att absorbera strålningens våglängder (CIE 2004). Den sista av dessa faktorer relaterar till ett materials så kallade 'aktiverings spektrum': det spektrum av våglängder som kan påverka materialets kemi (Feller 1994).

Ett annat begrepp om förändringar som sker i material på grund av ljus är fotokemisk verkan (Starby 2003). Ljusets skadeverkan på material kan kvantifieras med begreppet 'skadefaktor' som betecknas med D/fc . Ultraviolet- (UV) strålning, vilket har en högre energi än det blå ljuset och inte är synligt för människor, är det som har mest fotokemisk verkan på organiska material. UV-strålning har därför en större skadefaktor än exempelvis gult ljus, vilket har en lägre energi. Enligt Starby har UV-strålning en skadefaktor på $\sim 7,75$ medan det gula ljuset har skadefaktorn $\sim 0,002$. (Starby 2003)

2.2. Riktlinjer rörande belysning i museivärlden

Att ljus orsakar skada på material är något som människan har varit medveten om under mycket lång tid. I och med museernas genomslag på 1800-talet och utställande av föremål började man vid den tiden, i museivärlden, studera varför ljusskador uppstår och hur de kan förebyggas. Museernas dilemma är att de måste anpassa ljuset så att både föremålen och besökarna får sina behov uppfyllda. För att kunna uppleva föremål måste de belysas med ljus, så trots ljusets skadliga verkan på föremål är ljus inget som kan uteslutas ur museimiljön. (van Beek & Heertjes 1966; Druzik & Eshøj 2007)

Då museerna står inför det dilemma som beskrivs ovan, arbetar museer i stor utsträckning utifrån riktlinjer som finns om belysning i museimiljö. Några av de aspekterna som nämns i sådana riktlinjer kommer att beskrivas i rubrikerna nedan.

¹ Instrålningstäthet, den mängd av strålning som faller på en yta per tid och area, och kan mätas i till exempel W/m^2 (NE, irradians).

2.2.1. Färgförändringar i museimiljö

Museum måste vara beredda, och medvetna om, att en färgförändring av de utställda föremålen kommer att ske vid exponering för ljus. För detta används termen 'just noticeable difference', oftast förkortat till sin akronym JND, i museivärlden. Termen JND innebär att det mänskliga ögat kan se en färgförändring hos ett föremål. Ofta har museer, och liknande institutioner, som riktlinje vid belysning att JND accepteras för ett föremål under en viss tids exponering för ljus i museimiljö. Till exempel: museet accepterar att JND uppnås för ett föremål efter 50 år om föremålet får vara utställt under denna tid. (Richardson & Saunders 2007)

Ett kvantifierat gränsvärde för JND kommer diskuteras under rubrik 3.2.2..

2.2.2. Lux och luxtimmar

Inom museivärlden har man under lång tid använt sig av begreppen lux och luxtimmar vid kontroll av den strålning som föremålen belyses med. Lux är enhet för storheten belysningsstyrka, E, och är beteckning för SI-enheterna ljusflöde per area: lumen/m² (Starby 2003). Belysningsstyrka relaterar till hur väl människor ser i en viss belysning och inte till den fotokemiska verkan som sker i ett material. Museer har sedan 1980-talet arbetat efter en mer eller mindre överenskommen indelning av antalet lux som föremål kan belysas med. Indelningen har tagits fram av Garry Thomson (1994), som forskade mycket om museimiljön. I denna indelning säger man att mindre känsliga föremål, som oljemålningar, ben, lacker etc., kan belysas med < 200 lux. De känsligare föremålen, som bland andra textilier, akvareller och naturhistoriskt material, får belysas med < 50 lux.

Luxtimmar är den tid som ett föremål är belyst multiplicerat med antal lux som den belyses med. Ett applicerat exempel är följande matteproblem, utspelad i museimiljö:

Fråga: Konservatorn Berit får veta att en textil får maximalt belysas med 100 000 luxtimmar under ett år. Belysningsstyrkan är satt till 50 lux. Hur ska Berit räkna ut hur många timmar som textilen får vara belyst under ett år?

Lösning: För att lösa ut timmar måste antalet luxtimmar divideras med belysningsstyrkan.

$$\frac{100\,000 \text{ luxtimmar}}{50 \text{ lux}} = 2\,000 \text{ timmar}$$

Svar: Textilen får under ett år vara belyst under 2 000 timmar.

I uträkning av hur många luxtimmar som ett föremål får belysas med kan man använda sig av 'the reciprocity principle', på svenska översatt till 'växelverkanprincipen'. Principen går ut på att man bestämmer antalet luxtimmar som ett föremål klarar av att vara belyst utan risk för större skador. Sedan kan man med det bestämda antalet luxtimmar ändra antalet timmar i förhållande till belysningsstyrkan så luxtimmarna är detsamma. Som i matteexemplet ovan skulle man istället säga att man ska belysa textilen med 100 lux, trots riktlinjer, och då skulle föremålet belysas under 1 000 timmar för att det bestämda antalet luxtimmar och skadeverkan på textilen ska bli densamma. Principen har varit debatterad inom museivärlden men fastslås av Saunders och Kirby i deras forskning, som redovisas i "Light-induced damage: investigating the reciprocity principle" (1996).

2.2.3. Blue Wool Standard

Blue Wool Standard² är en standard som består av åtta färgade ullprover uppklistrade på en papperssticka. Standarden används ofta i museimiljö för klassificering av ljusets verkan i utställningslokaler. De olika ullproverna är färgade med olika blåa färgämnen vilka har olika ljushårdighet. Det prov som numreras med nummer ett är mest känslig mot ljus, den bleknar dubbelt

² Även kallad ISO Blue Wool Standard, Blue Standard, Blue Wool, blåulle skala och blue wool scale för att nämna några andra benämningar. I denna uppsats kommer genomgående Blue Wool Standard användas som benämning.

så fort som nummer två; nummer tre bleknar dubbelt så fort som nummer fyra och så vidare (Tímár-Balázsy & Eastop 1998).

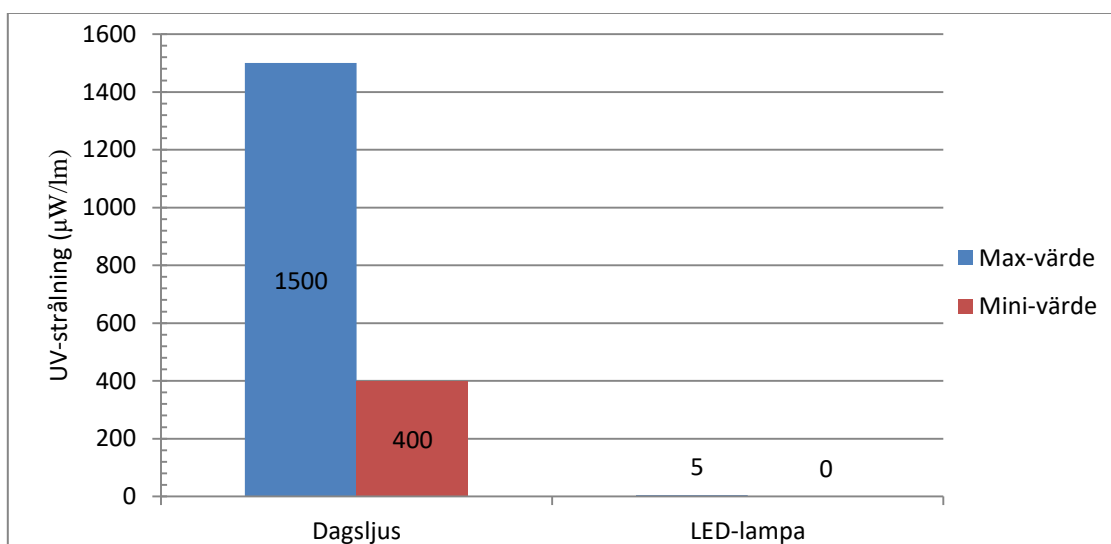
Nationalmuseum använder sig av Blue Wool Standard i sin klassificering av ljuskänslighet hos deras föremål i museimiljö. Museet använder sig av den indelningen av ljuskänslighet som CIE har tagit fram, som presenteras Tabell 1 med Nationalmuseums översättning av CIE klassificering (Avdelningen för bevarande Nationalmuseum 2013). Om ett föremål förväntas blekna i samma takt som Blue Wool Standard nummer tre hamnar föremålet i kategori fyra och anses vara mycket känslig för ljus. Att placera ett föremål i kategori fyra innebär att man vid utställning måste vara mycket restriktiv med belysningen av detta föremål.

Tabell 1 Nationalmuseums klassificering av föremåls ljuskänslighet i relation till Blue Wool Standard.

Kategori	Ljuskänslighet	Blue Wool Standard
1	Okänslig	-
2	Låg känslighet	7 & 8
3	Medium känslighet	4, 5 & 6
4	Hög känslighet	1, 2 & 3

2.3. Ljuskällor i museimiljö

Under nedanstående underrubriker kommer två belysningskällor, använda i museimiljö, beskrivas närmare: dagsljus och LED-lampor. De två typerna av ljuskällor kommer att användas i det nyöppnade Nationalmuseum (Nationalmuseum 2012) och används i andra museer runt om i världen. Ljuskällornas egenskaper skiljer sig i stor utsträckning från varandra vilket gör att de är mer eller mindre lämpade som belysningskällor i en museimiljö. Som diskuterats under rubrik 2.1. tillhör UV-strålning den mest skadliga strålningen som ett föremål kan utsättas för. Figur 2 visar att dagsljus avger mycket mera UV-strålning än vad en LED-lampa gör. En LED-lampa avger som mest 5 $\mu\text{W}/\text{lm}$, vilket är avsevärt mindre än den mängd UV som dagsljus avger som minst, 400 $\mu\text{W}/\text{lm}$ (CIE 2004).



Figur 2 UV-strålning som dagsljus respektive LED-lampor avger (CIE 2004).

2.3.1. Dagsljus

Innan det fanns tillgång till elektricitet bestod belysningen i museum av dagsljus och, eventuellt, även gaslampor (Farke et al. 2016). Enligt Nationalmuseum kommer dagsljuset att vara kontrollerat och fönstern har UV-filter och solskuggningssystem installerat. Dagsljuset kommer att kunna begränsas eller exkluderas helt (Nationalmuseum 2012).

Dagsljus går att beskriva i samma termer som alla andra ljuskällor, som till exempel med dess belysningsstyrka. Men skillnaden mellan dagsljus och andra, kontrollerade, ljuskällor är att dagsljusets egenskaper inte är fasta utan hela tiden förändras beroende av bland annat väder och väderstreck. Det ljus från solen som når ned till jordens yta är till ca 10 % bestående av UV-ljus och för dagsljusets mängd av UV-strålning se Figur 2. (Starby 2003)

2.3.2. LED-lampa

Lysdioder, eller den vanligare använda benämningen LED(-lampor), har funnits sedan 1998 (Starby 2003). Lysdioderna alstrar ljus genom att elektricitet direkt omvandlas till ljus, istället för som i en glödlampa där elektriciteten värmer ett metallfilament som sedan avger ljus (Farke et al. 2016).

LED-lampor är den form av belysning som används mer och mer som belysning i museer runt om i världen. Detta beror på att CIE i sin rapport *Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation* (2004) skriver att LED-belysning ska vara den minst skadliga för föremål. Vid tidpunkten för rapportens utgivning, 2004, fanns det inte LED-lampor som hade tillräckligt bra färgåtergivning för att användas i museimiljö. Drygt 10 år senare finns den problematiken fortfarande, men fördelarna verkar överväga då museerna använder LED-lampor i stor utsträckning. En av LED-lampornas stora fördelar är ljuskällans mycket lilla utsläpp av UV-strålning (Figur 2) och även IR-strålningen är mycket liten. LED-lampor är även populära på grund av deras energisnålhet och blir därför prisvärda i jämförelse med andra belysningskällor. (Bolin & Ballard 2017; Farke et al. 2016; Ishii et al. 2008)

3. Färgförändringar och mäta färg

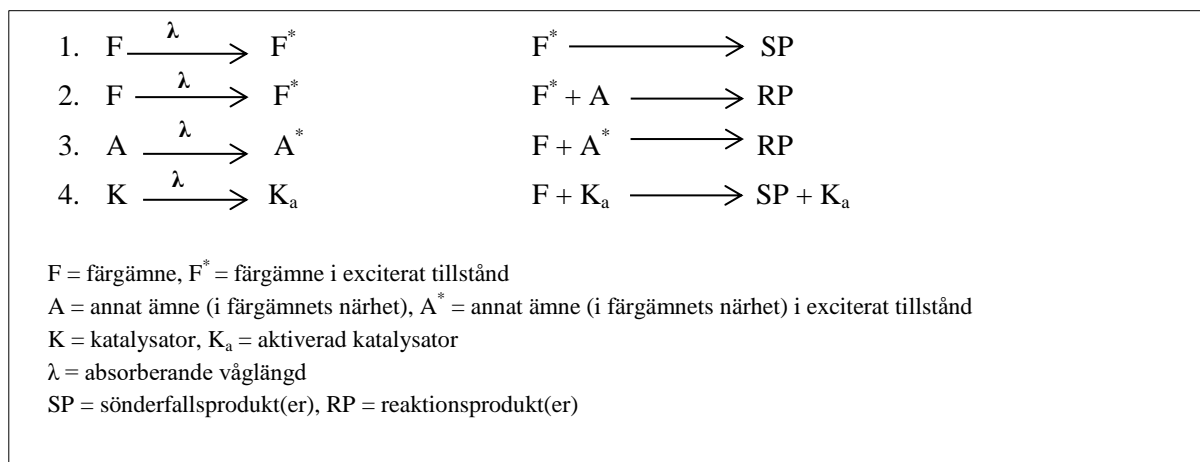
I detta kapitel kommer färgförändringar såväl som hur man kan instrumentellt kvantifiera detsamma att beskrivas. Först kommer en bakgrund i färgförändring av textila föremål och sedan ges exempel på hur man har kategoriserat färgämnen ljushårdighet. Till sist förklara hur färg mäts med instrumentella metoder och dess svårigheter.

3.1. Textila föremål

Hur tålig en textil är mot ljusets skadeverkan beror på flera faktorer, direkta såväl som indirekta. Bland de faktorer som spelar in finns fibrernas uppbyggnad, färgämnets molekyler, betmedlets metalljoner, belysningens energi och intensitet, omgivningens temperatur och relativa fuktighet samt närvaron av andra kemiska ämnen och katalysatorer. Det finns även tendenser till att färgförändringar sker mycket snabbt i början på en textils liv för att sedan avstanna och till slut upphöra helt. (Tímár-Balázs & Eastop 1998)

Att ljus förändrar textiliers färger och livslängd är något som människan antagligen varit medveten om så länge som textilier har färgats. Som exempel har vi de välmående hemmen i England under den viktorska eran. I de hemmen var man medveten om dagsljusets stora skadeverkan på alla typer av material att man ofta hade ett kontrollsystem för fönstren bestående av flera gardiner och luckor för att kunna kontrollera inläppet av dagsljus (Abey-Koch 2009). Men att ljus förändrar textiliers färger är något som människan också har utnyttjat till sin fördel. Under historien har människor lagt ut sitt naturvita linne på fuktiga ängar, så kallade 'blekängar', för att solen tillsammans med fukten skulle bleka det naturvita linnet vitt (Wiklund & Diurson 1967).

Blekning av färgämnen på textilier beror på nedbrytning av färgämnen. Det förklarar van Beek och Heertjes (1966) med fyra olika typer av grundläggande fotokemiska reaktioner. Den första reaktionen som kan ske är att själva färgmolekylen absorberar ljus. Molekylen hamnar då i ett exciterat tillstånd och är inte stabil utan bryts ned i en sönderfallsprodukt. I den andra reaktionen absorberar färgmolekylen ljus och reagerar i sitt exciterade tillstånd om en annan specifik molekyl finns i närheten. Reaktionen mellan den exciterade färgmolekylen och det andra ämnet ger en reaktionsprodukt. Den tredje reaktionstypen liknar den andra men där är det inte färgämnet utan det andra ämnet som absorberar strålningen och exciteras. Det exciterade ämnet och färgämnet reagerar med varandra och ger en reaktionsprodukt. Den fjärde möjliga fotokemiska reaktionen är lite annorlunda och innebär att en katalytisk reaktion sker. I en fotokatalytisk reaktion aktiveras av ljus en fotokatalysator som sedan utan behov av ytterligare strålning kan bryta ned färgämnet utan att själv förstöras. (van Beek & Heertjes 1966) De fotokemiska reaktionerna beskrivs i Figur 3 med generiska reaktionsformler.



Figur 3 Generiska reaktionsformler för fotokemiska reaktioner vid blekning av färgämnen på textil, efter van Beek & Heertjes (1966).

Cellulosafibrer, till exempel bomull och lin, kan vid belysning bli gulare. Gulningen beror på att det sker en oxidation av hydroxylsidogrupper på cellulosakedjorna, i fibrernas mikrostruktur, vilket ger karbonylgrupper. Karbonylerna är kromoforer med gul/bruna färger vilka färgar textilen gulare (Tímár-Balázsy & Eastop 1998). Proteinfibern ull kan, liksom cellulosa fibrerna, gulna till följd av bestrålning. Gulningen uppkommer i störst utsträckning vid belysning med strålning under 380 nm och sker ofta samtidigt med en blekning (Davidson 1996).

3.2. Färgämnenes ljushärdighet

Alla färgämnen som färgar garn och textilier har olika ljushärdighet. Detta är något som forskare inom konservering har varit intresserade av länge och mycket forskning på området finns tillgänglig. Tabell 2 är en sammanställning av några utvalda naturliga färgämnenes ljushärdighet som finns beskriven i litteraturen (Padfield & Landi 1966). Urvalet baseras på det material som kommer att användas i studiens experimentella del (Tabell 3). Naturliga färgämnenes olika ljushärdighet är något som är viktigt att veta som konservator på ett museum då en museisamlings textila föremål till stor del tillverkades innan de syntetiska färgämnenas massgenomslag (Padfield & Landi 1966).

Tabell 2 Sammanställning av utvalda färgämnenes ljushärdighet på ylle.

Färgämne	Engelskt namn ¹	Färg	Blue Wool Standard ²
Björklöv	-	Gul	-
Blå bresilja	Logwood	Blå	1-2
Färnbock	Brazilwood	Röd	-
Gul bresilja	Old fustic	Gul	1-2
Indigo	Indigo	Blå	5-7
Koschenill	Cochineal	Röd	5-7
Krapp	Madder (rose)	Röd	5-7
Vau	Weld	Gul	3
Vejde	Woad	Blå	-

¹Författarens översättning.

²Klassificering av Padfield och Landi (1966).

I sammanställningen ser man att de färgämnen som är mest motståndskraftiga mot färgförändring av ljus är indigo, krapp och koschenill. Blå bresilja, gul bresilja och vau har sämre ljushärdighet. Enligt Padfield och Landi (1966) finns det inga gula naturliga färgämnen med bra ljushärdighet, vilket vau, gul bresilja och även björklöv är. Informationen som sammanställningen ger bekräftas av ytterligare källor (Abdel-Kareem 2015; Franke et al. 2016; Ishii et al. 2008).

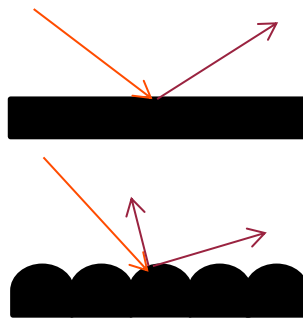
3.3. Mätning av färg

3.3.1. Färgmätare och svårigheter med att mäta färg på textila material

När människor ser färg är det en subjektiv upplevelse och upplevelsen av färgen är olika mellan alla individer. Men med hjälp av färgteknologi och färgmätare kan man, i teorin, få objektiva och reproducerbara svar. Men i litteratur uppmärksammas man på att det finns problem med detta synsätt på att mäta färg. Att det kanske inte alltid är så enkelt som att alla mätningar ger objektiva svar som alltid är repeterbara och reproducerbara. (Berns 2000)

En färgmätare består av två grundläggande komponenter; en ljuskälla och en detektor. Ljuskällan i instrumentet belyser mätpunkten och detektorn mäter den strålning som provet reflekterar av ljuskällans strålning (Luo et al. 2015, s. 472). Mätningen med en färgmätare påverkas alltid av ytstrukturen man mäter på, exempelvis om ytan är platt eller ojämn. Figur 4 visar en illustration av två olika ytstrukturer och hur ljus kan reflekteras mot dessa. En ideal yta att mäta färg på är en yta som är helt platt och ljuset reflekteras tillbaka till detektorn från ett enda plan från den platta ytan (Hunter & Harold 1987). Den reflekterande strålningen påverkas av en ojämn yta och mätresultatet blir inte lika tillförlitligt, då det är avgörande var på den ojämna ytan som ljuset sedan reflekteras tillbaka träffade (Luo et al. 2015). För att motverka detta är en så stor mätarea som möjligt att föredra på

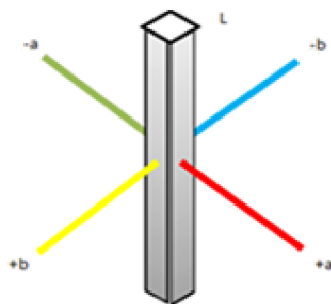
ojämna ytor. En stor mätarea ökar repeterbarheten av mätningarna på ojämna ytor då mera ljus kan reflekteras och omarbetas av färgmätare till ett mera tillförlitligt resultat (Ford 1992).



Figur 4 Övre bilden visar en ideal mätsituation: en plan yta där ljuset reflekterar tillbaka från ett plan. Nedre visar en ojämn yta: riktningen på ljusreflektionen beror på var ljuset träffar.

Hunter och Harold definierar i sin bok *The Measurement of Appearance* (1987) vad man bör tänka på när man ska mäta färg på en textil. En av de viktigaste faktorerna att tänka på är riktningen av textilen för att få reproducerbara resultat för sina mätningar. En textils riktning innebär orientering av textilens varp och inslagstrådar. Vad man vid mätningar definierar som upp och ned på textilen, om, till exempel, varpen är vågrät eller lodrät i förhållande till instrumentet. Mätresultat kan skilja sig i stor utsträckning beroende på vilken riktning som man gör mätningarna på och detta relateras även till var ljuset träffar på den textila ytan. (Hunter & Harold 1987)

3.3.2. CIE L* a* b* färgrymd



Figur 5 Enkel illustration av CIE L* a* b* färgrymd.

1976 lanserade CIE sin modell med en tredimensionell färgrymd för att beskriva färg: CIE L* a* b* färgrymd. Se i Figur 5 en schematisk bild över hur färgrymden ser ut. CIE L* a* b* färgrymd är ett färgkoordinatsystem där de färger som mäts får specifika L-, a-, och b-värden. L representerar ljushet, ju högre värde desto ljusare är färgen. Värde för a och b representerar hur röd, gul, blå och grön färgen är; positivt a och b värde står för rödhet respektive gulhet medan de negativa talen visar grönhet och blåhet. Max för L-värdet är 100 och a- och b-värde går mellan plus och minus 50. En färgskillnad representeras med ΔE (delta E). Ett litet värde för ΔE innebär en liten färgskillnad och en stor färgskillnad ger ett högt ΔE -värde. Före presentationen av CIE L* a* b* färgrymd, 1976, fanns det flera andra framtagna

färgrymder, men det är CIE L* a* b* färgrymd som är den som de flesta färgmätare som produceras nu använder sig av.

För att räkna ut färgskillnaden i CIE L* a* b* färgrymd finns en ekvation där färgförändring representeras av ΔE^*_{ab} . Ekvationen ger avståndet mellan de två olika mätpunkterna, mätpunkt noll (före färgförändringen) och mätpunkt ett (efter färgförändringen), i färgrymden (Berns 2000).

Ekvation för uträkning av färgförändring i CIE 1976:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

(CIE 2004)

Senare har CIE ansett att denna ekvation är för enkel och inte tar in påverkande faktorer så som nyans och mättnad av färgen. CIE lanserade då ekvationen för CIEDE2000, ett nytt sätt att mäta färg på, där färgskillnaden representeras av ΔE_{00} . I denna ekvation korrigerar man för variation i ljushet, mättnad, nyans och för mättnad och nyansens inverkan på varandra, något man inte tagit i beaktande i den föregående ekvationen. (CIE 2001)

Ekvation för uträkning av färgförändring i CIEDE2000:

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)}$$

(CIE 2001)

Det finns flertalet exempel på undersökningar i laboriemiljö som undersöker vid vilket ΔE -värde som JND uppnås vid. Ashley-Smith et al. (2002) redogör för att hälften av testpersonerna ser en färgskillnad vid ett värde på 0,8 för ΔE^*_{ab} då proverna ligger sida vid sida av varandra. Som en fortsättning på den forskningen fastslår Richardson och Saunders (2007) att vid $\Delta E^*_{ab} = 2$ ser alla testpersoner en skillnad på prover sida vid sida. Men det är först vid $\Delta E^*_{ab} = 4$ som 100 % av testpersonerna ser skillnad när proverna inte ligger sida vid sida.

4. Experimentell metod och material

Nedan kommer denna studies material att beskrivas ingående. Sedan tas viktiga aspekter upp av den experimentella delen, i vilken studiens material kommer att användas.

4.1. Introduktion

Studiens experiment är ett ljusbaserat åldringsexperiment. Detta innebär att man med en ljuskälla simulerar en längre tidsperiod genom belysning med en hög belysningsstyrka under en kort tid. Detta är möjligt enligt växelverkanprincipen. Åldringen i detta experiment simulerar fem år i museimiljö, med de förutsättningar som finns hos Nationalmuseum (Informant 1).

Litteraturstudien visade att riktning av prov och vilken geometri som färgmätaren har är av stort inflytande över mätresultaten. På grund av detta följs ljusåldringsexperimentet upp med ytterligare en undersökning. Uppföljningen ska undersöka om det finns en skillnad i uppmätt färg i samma mätpunkt i olika riktning på proven och om man kan märka en skillnad mellan resultatet av detta mellan olika geometrier. Uppföljningen förväntas ge en utvärdering av de portabla färgmätarna som används i denna studie.

4.2. Material

Prover i de accelererande åldrandeexperimenten är uppdelade i tre olika kategorier.

- Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen
- Grupp 2: Dummies
- Grupp 3: Blue Wool Standard

Första gruppen består av ylleprover färgade med kända färgämnen. Den andra gruppen är dummies som ska simulera föremål som finns i Nationalmuseums samling, med material som ylle, bomull, linne, siden och polyester. Tredje, och sista, gruppen är Blue Wool Standard. Alla individuella prover fick under experimentets gång en kod bestående av två bokstäver, vilka redovisas tillsammans med proverna i tabeller i underrubrikerna nedan.

4.2.1. Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen

Denna grupp av prover består av ylleprover färgade med kända, naturliga, färgämnen. Den ylleväv som har färgats är vävd i kypert. Proverna som användes i denna studie är färgade med nio olika färgämnen samt ett ofärgat referensprov (Tabell 3). I Bilaga 1 redovisas den information som finns tillgänglig om färgningen av proverna.

Ylleproverna färgades in på Institutionen för Kulturvård, Göteborgs universitet, av Mia Olsson Hellberg med hjälp av Kristina Olars 2014 (Olars 2017). Färgningen ingår i forskningsprojektet *Dekorerede interiörer i Hälsingegårdar - en holistisk studie av ett kulturhistoriskt världsarv* som mellan 2014-2017 till stor del bedrivs vid institutionen. I projektet har forskarna bland annat undersökt de färgämnen som man i målningar och textilier använde för utsmyckning av de gårdar i Hälsingland som nu är utsedda av UNESCO till världskulturarv (Nyström 2014).

Tabell 3 De naturliga färgämnen som ylleproven är färgade med inklusive det ofärgade provet. Inom parentes de koder som använts under arbetet för varje individuellt prov.

Färnbock (Fä)	Björklöv (Bj)	Blå bresilja (BB)	Ofärgat (OY)
Koschenill (Ko)	Gul bresilja (GB)	Indigo (In)	
Krapp (Kr)	Vau (Ve)	Vejde (Ve)	

4.2.2. Grupp 2: Dummies

Proverna till denna kategori har delvis inköpts på loppmarknad, andra är från studiesamlingen på Institutionen för Kulturvård, Göteborgs universitet, samt från författarens egna personliga innehav av textilier. Urvalet gjordes baserat på den lista författaren fick på e-post av Informant 1 över olika typer av textilier som Nationalmuseum tänker ställa ut i sina nya basutställningar (listan redovisas i Bilaga 2). Denna kategori består av 12 olika slags prover, beskrivna i Tabell 4. Några av proverna är polykroma och därför kommer vissa av proverna ha flera mätpunkter, för att undersöka färgers eventuellt olika färgförändringar. En fiberidentifikation med hjälp av mikroskopering utfördes på de prover där fibertyp inte kunde fastställas med andra metoder³ för att få så mycket information som möjligt om proverna innan experimentets början. Åtta av tolv prover behövde mikroskoperas för fiberidentifikation. Fiberidentifikationen med mikroskopbilder redovisas i Bilaga 3.

Tabell 4 Sammanställning av proverna i 'Grupp 2: Dummies'. I andra kolumnen redovisas provernas individuella koder.

Provnamn	Kod	Material	Antal mätningspunkter (dess färger)
Bomull stickat ¹	BS	Tyg: bomull. Vadd: bomull	2 (rött och vitt)
Bomullsväv	Bv	Bomull	1
Linnebroderi	Lb	Broderitråd: lin. Väv: linne	2 (rosa och grönt)
Metallbård	Me	Fibertråd: bomull. Metalltråd: metallen runt fiberkärna	2 (textiltråd och metalltråd ²)
Modern väv ³	MV	Polyesterbomullsblandning (75/25 %)	3 (svart, turkos och grönt)
Nytt siden	NS	Siden	1
Siden stickat	SS	Tyg: siden. Vadd: bomull	1
Vitt linne	VL	Linne	1
Yllebroderi	Yb	Garn: ull. Väv: bomull ⁴	3 (rött, grönt och brunt)
Ylleväv	Yv	Inslag: ull. Varp: bomull ⁵	2 (blått och grönt)
Äldre siden ⁶	GS	Siden	1
Äldre siden med tryck	TS	Tyg: siden. Tryckt: ? ⁷	1

¹ Textilt begrepp som innebär att man vadderar mellan två lager av tyg och sedan syr ned vadderingen i mönster.

² I detta prov baseras mätpunkterna på olika slags typer av trådar istället för färger.

³ Åhléns 'Mossippa' metervara, inköpt våren 2017.

⁴ Väven syns ej genom broderiet.

⁵ Varpen syns ej.

⁶ Tidigt 1900-tal och förtyngt med tenn, bekräftat 2017-03-24 med svepelektronmikroskop på Institutionen för Kulturvård, Göteborgs universitet (Informant 2).

⁷ Högtryck men färgtypen är inte identifierad.

4.2.3. Grupp 3: Blue Wool Standard

Som referens åldras även en Blue Wool Standard. I Tabell 5 redovisas de koder som Blue Wool Standard fick under arbetet. Blue Wool Standard 1 bleknar fortast vid belysning, medan Blue Wool Standard 8 har den högsta ljushärdigheten av ylleproverna.

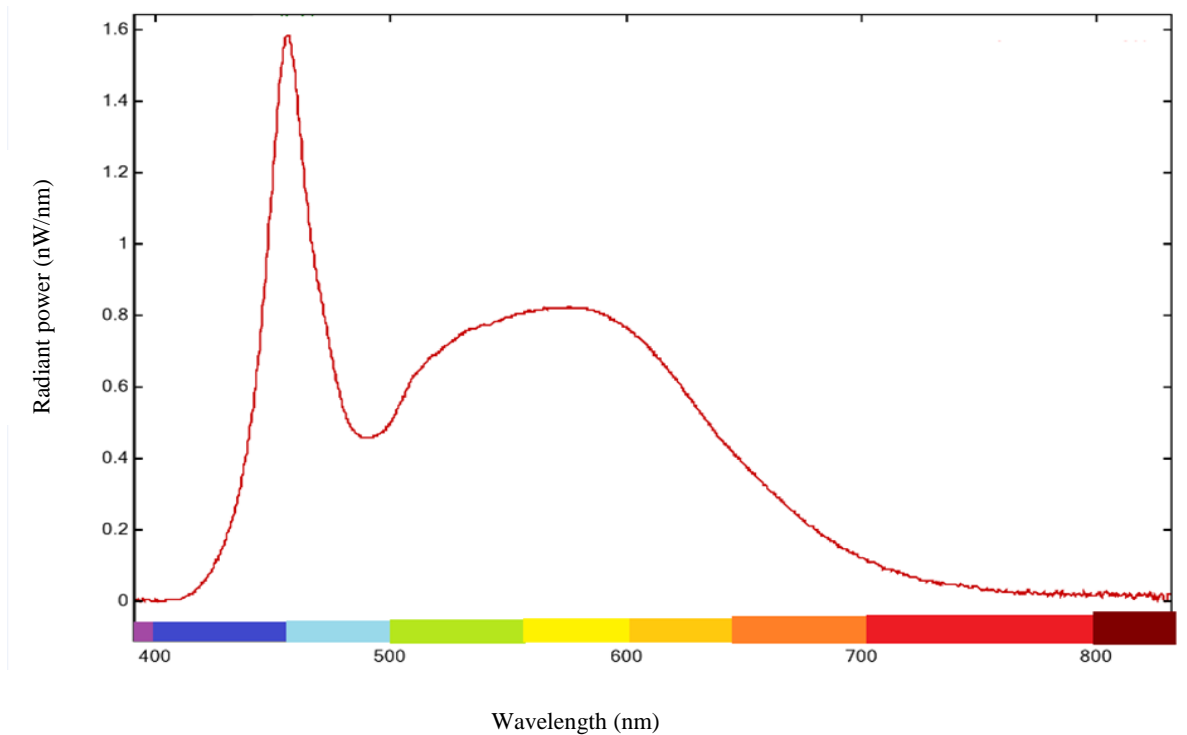
Tabell 5 Blue Wool Standard 1-8 individuella koder under arbetet, med en representation av varje ylleprovs ursprungsfärg innan blekning.

Blue Wool Standard 1 <								> Blue Wool Standard 8
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	

³ Till exempel taktilt, med brännprov eller produktbeskrivning.

4.3. Ljusskåp

Ljusskåpet, i viken studiens ljusbaserade åldring av prover genomfördes, ställdes i ordning av studiens handledare Jacob Thomas. I ljusskåpet, ett oanvänt kemikalieskåp tillhörande Institutionen för Kulturvård vid Göteborgs universitet, användes en typ av LED-lampa för åldringen av proverna. Den använda ljuskällan valdes då den har liknande egenskaper som belysningen i Nationalmuseums utställningslokaler. Lampans spektrala irradians har sina toppar i det synliga ljusets blåa regioner (Figur 6) vilket även dagsljuset har i stor utsträckning. LED-lampans egenskaper beskrivs utförligt i Bilaga 4.



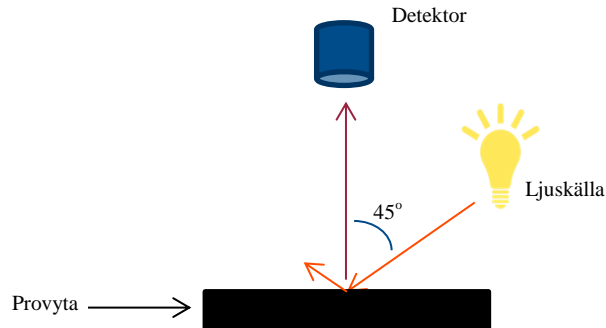
Figur 6 Den använda LED-lampans energifördelningsspektrum.

4.4. Mätinstrument

I studien användes en portabel spektrodensitometer som ägs av Institutionen för Kulturvård, Göteborgs universitet, så väl som Nationalmuseums portabla spektrofotometer. Dessa två instrument mäter båda färg enligt CIE $L^* a^* b^*$ färgrymd. Dock skiljer sig de två instrumentens geometrier åt och enligt litteraturen påverka geometrin mätresultaten (se 3.2.1.). Geometrin för en färgmätare definieras av två siffror eller bokstäver: x/y . Den första siffran, x , står för ljuskällans uppbyggnad, medan den andra, y , står för uppbyggnaden hos detektorn (Gorji Kandi 2011).

4.4.1. Spektrodensitometer

Den portabla spektrodensitometer som används i denna studie har namnet 'Spektrodensitometer FD-5' och är av märket Konica Minolta. Instrumentet har geometrin $45^{\circ}/0^{\circ}$ och det innebär att detektorn endast känner av ljus som reflekteras 45° från infallsvinkeln. Se Figur 7 för illustration av geometrin. Öppningen för mätning är $\varnothing 3,55$ mm och belysningen sker med LED-lampa. (Konica Minolta 2013)

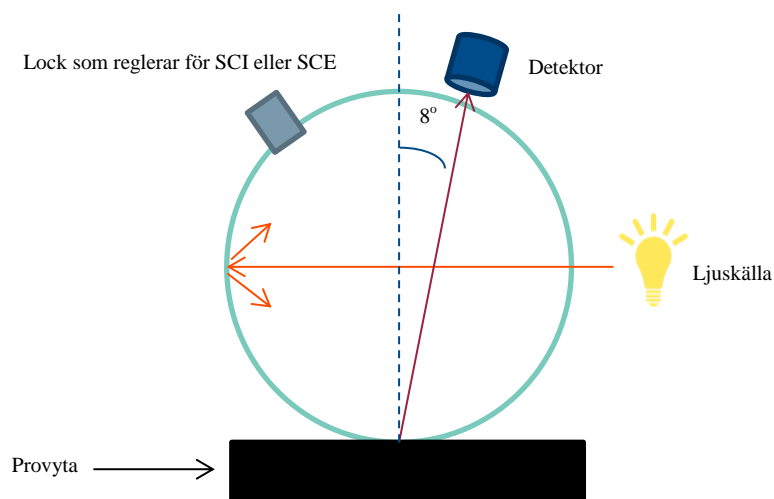


Figur 7 $45^{\circ}/0^{\circ}$, vilket innebär att detektorn är placerad rakt ovanför mätpunkten och fångar upp det ljus som reflekteras 45° från ljuskällan (Konica Minolta 2016a).

4.4.2. Spektrofotometer

Nationalmuseum äger en 'Spectrophotometer CM-2600d' av märket Konica Minolta. Instrumentets geometri är $d/8^{\circ}$ med sfär, se Figur 8 för illustration av geometrin, vilket innebär att detektorn sitter med 8° från mätpunkten och att den har en inre sfär som gör att allt ingående ljus studsar omkring mot sfärens väggar, betecknad med d för 'diffuse'. När reflektion sker i en sfär kallas det för diffus reflektion då reflektionen sker åt alla håll (Starby 2003) och detektorn kan fånga upp all denna diffusa reflektion. Mätaren är $\varnothing 3-11$ mm och ljuskällan är två stycken xenon-lampor. (Konica Minolta 2016b).

Spektrofotometern kan även mäta i två olika lägen vilket inte spektrodensitometern kan: 'specular component included' (SCI) och 'specular component excluded' (SCE). Vilket av dessa två lägen som man vill använda vid sina mätningar beror på vad man vill få reda på. I SCE-läge vill man efterlikna det som det mänskliga ögat ser, vilket påverkas av ytstrukturen på proverna. Medan i SCI-läge exkluderas inflytandet av ytstrukturen hos provet. (Konica Minolta u.å.)



Figur 8 Illustration av geometrin inne i en spektrofotometer utrustad med $d/8^{\circ}$ geometri (Konica Minolta 2016a).

4.5. Räkna ut färgskillnad

Two different ways to calculate the color difference, ΔE , will be used in the reporting of results (see 3.3.2.). The author believes that this study needs to use both equations for color change. In the literature, the author uses the largest extension of the older equation, where the color change is denoted by ΔE^*_{ab} , when they report their results. These results will be related to the results of this study. This requires that ΔE is calculated with the same equation so that the results can be compared. But it was also noted that in the newer literature, the researchers all use the newer and more developed equation where ΔE_{00} denotes the color change. It was therefore, for the author of this study, also natural to use the newer equation so that the study would not be considered irrelevant by its author.

4.6. Uppföljning

The follow-up was set up so that the samples in 'Group 2: Dummies' after aging were measured at the same points with both colorimeters, but this time with the samples turned 90° clockwise and without turning the colorimeters. The colorimeters therefore have the same orientation towards the person doing the measurements as at the previous measurements. The color difference, ΔE^*_{ab} and ΔE_{00} , was calculated between measurements taken at 0°, the direction in which the measurements after aging were taken, and measurements taken with the sample turned 90°. Ideally, it should be a very small value for ΔE as possible for measurements at 0° and 90° so that it can be said that an instrument makes reliable measurements as it implies that the direction of the object is not important in a measurement, which Hunter and Harold (1987) describes.

5. Genomförande av experiment

Det praktiska arbetet med åldring och mätningar av prover kommer nedan att redovisas. Redovisningen delas in under fyra faser: förberedelser, åldring, mätningar och uppföljning. Uppdelningen gjordes då författaren ansåg att det skulle öka experimentets möjlighet att kunna reproduceras (Berns 2000).

1. Förberedelser

Alla prover markerades med sin individuella kod på en märklapp och dokumenterades med fotografi för att kunna hålla reda på proverna i senare moment.

Mätpunkterna för alla prover bestämdes. Det är mycket viktigt att man för varje mätning mäter på exakt samma mätpunkt för att få jämförbara resultat. För `Grupp 1: Ylleprov med kända färgämnen´ markerades varje mätpunkt med vit polyestertråd (se Figur 9) då det inte fanns någon referenspunkt på proverna som gjorde att man vid varje mättillfälle kunde komma ihåg var mätningen skulle göras. I `Grupp 2: Dummies´ markerades de prover som behövdes med vit polyestertråd, men de flesta proverna i denna grupp hade mönster av något slag och för dem gjordes ett dokument i datorn där deras mätpunkter märktes ut på bilder. De bilderna användes som referens under mätningarna för att se var mätpunkterna var placerade. I Figur 10 ses exempel på hur en bild med utmarkerade mätpunkter såg ut under arbetet. För ytterligare att försäkra att mätningarna görs på samma punkt varje gång, tillverkades en mall som följde mätinstrumentens konturer och med öppning för mätpunkten. Mallen klipptes ut i en mjuk PVC-plast.

L-, a- och b-värde för ett före-experimentellt värde antecknades för alla mätpunkter.

2. Åldring

LED-lamporna fästes i taket på en hylla i studiens ljuskåp (se Figur 11). Sex stycken lampor användes för att få en så jämn irradians som möjligt vid provernas yta. Irradiansen vid proverna låg mellan 27,21-44,25 W/m². I Bilaga 5 finns en illustration (Figur I) som visar fördelningen av irradiansen vid proverna under åldringen.

Proverna åldrades liggande på en syrafri kartong och fästes mot kartongen med rostfria knappnålar i alla fyra hörnen. Placering av prover markerades med maskeringstejp.

För att beräkna antalet luxtimmar som proverna skulle utsättas för användes Nationalmuseum beräknade tid med belysning på sina föremål på ett år, vilket är 3 000 timmar (Informant 1). Som belysningsstyrka användes 50 lux, vilket är riktlinje för många museer som den maximala belysningsstyrkan som textilier i museimiljö kan belysas med (Thomson 1994). Utifrån dessa faktorer beräknades



Figur 9 Markering med polyestertråd för mätpunkten.



Figur 10 Prov MV med markerade mätpunkter: svart, turkos och grönt.



Figur 11 De sex LED-lamporna belyser proverna, uppnålade på kartong, i ljuskåpet.

antalet luxtimmar som ett textilt föremål utsätts för under år i en museimiljö med Nationalmuseums förutsättningar.

$$3\ 000\ \text{timmar} * 50\ \text{lux} = 150\ 000\ \text{luxtimmar}$$

För att räkna ut hur lång tid som proverna måste ligga i ljusskåpet för att simulera ett år i museimiljö, 150 000 luxtimmar, måste belysningsstyrkan inne i ljusskåpet kännas till. För önskad belysningsstyrka reglerades lampornas höjd inne i ljusskåpet. Belysningsstyrkan blev ~12 500 lux vid provens yta.

$$\frac{150\ 000\ \text{luxtimmar}}{12\ 500\ \text{lux}} = 12\ \text{timmar}$$

En belysningsstyrka på 12 500 lux i 12 timmar motsvarar ett år i museimiljö med Nationalmuseums förutsättningar, enligt växelverkanprincipen (Saunders & Kirby 1996). Åldringen simulerade totalt fem år, alltså det samma som 750 000 luxtimmar. Proverna var därför inne i ljusskåpet under 60 timmar.

För ett reproducerbart tillvägagångssätt måste klimatet i ljusskåpet övervakas och kontrolleras (Saunders & Kirby 2001). Klimatet övervakades med en MSR-logger, dock fanns inte möjligheten att påverka klimatet. I Bilaga 6 redovisas klimatet, rörande temperatur och den relativa fuktigheten, under åldrandet av prover i ljusskåpet. Luftfuktigheten varierade med $\pm 2,5\ %$ och temperaturen varierade med $\pm 5\ ^\circ\text{C}$ i ljusskåpet under åldringen.

3. Mätningar

Vid mätningar med en färgmätare sker är det viktigt att ha ett reflekterande underlag (Informant 3), då ljusstrålarna som inte absorberas och inte reflekteras tillbaka av materialet ska ändå reflekteras tillbaka. För detta användes en, med aluminiumfolie inklädd, keramikplatta.

Instrumentens inställningar vid mätningarna redovisas i Tabell 6. Med spektrodensitometern mättes varje mätpunkt tre gånger och medelvärde beräknades. För fullständig lista med alla mätningar och medelvärden se Bilaga 7. Spektrofotometern däremot, räknade ut ett medelvärde själv för L-, a- och b-värde efter tre mätningar och endast medelvärdet antecknades. Att mätningarna görs tre gånger och att det sedan är medelvärde som används är för att få säkrare mätvärden; ju flera mätningar man gör desto säkrare värde erhålls (Hunter & Harold 1987). Enligt litteraturen rekommenderas att mäta i SCI-läge (Gorji Kandi et al. 2008), men då det var möjligt att mäta i både SCI- och SCE-läge samtidigt med spektrofotometern antecknades värden för båda två.

Uträkningen av ΔE^*_{ab} gjordes av författaren. Uträkningen av ΔE_{00} skedde med ett förinställt Excel-dokument tillhandahållet av Informant 3.

Tabell 6 Inställningar hos färgmätarna under mätningarna.

Inställning	Spektrodensitometer	Spektrofotometer
Vit kalibrering vid igångsättning	Ja	Ja
Öppning, diameter	3,55 mm	8 mm
UV	-	100%
Standard observer	10°	10°
Illuminant	D65 ¹	D65 ¹

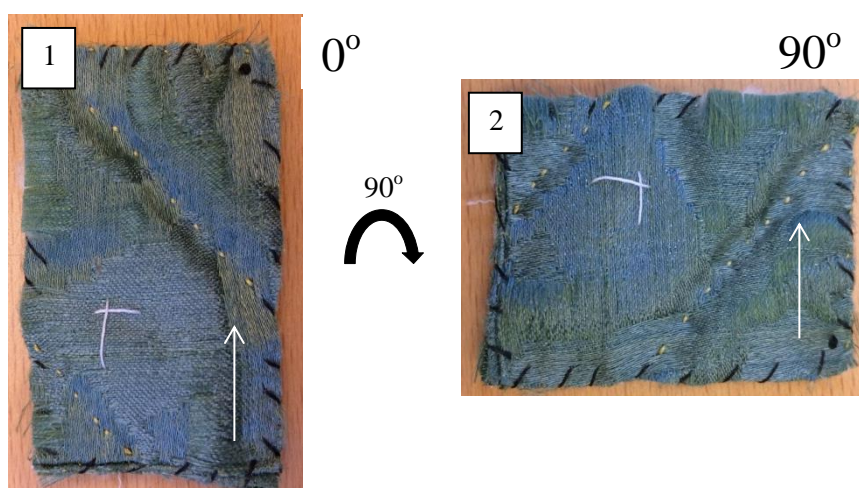
¹ CIE standard ljuskälla som representerar ett genomsnittligt dagsljus och rekommenderad att användas i färgmätare (CIE u. å.).

4. Uppföljning

I denna del utfördes mätningar endast på proverna i 'Grupp 2: Dummies', då denna grupp innehöll en variation av strukturer vilket enligt litteraturen är en avgörande faktor. Mätningarna gjordes efter den fem åriga simulerade åldringen. Alla proverna i gruppen vändes 90° grader åt höger vid mätningarna och mätningarna gjordes i samma mätpunkter som i de tidigare mätningarna. Se Figur 12 för förklaring i bild av 0° och 90°. Samma mall som använts vid de tidigare mätningarna användes.

Med spektrodensitometern togs mätningarna tre gånger och medelvärden för L-, a- och b-värde beräknades för respektive prov. Se Bilaga 8 för alla mätresultat och medelvärden. För spektrofotometern antecknades både SCI- och SCE-värdena, vilka instrumentet själv räknade ut medelvärdet, efter tre mätningar, för. Instrumenten var inställda enligt Tabell 6.

ΔE^*_{ab} och ΔE_{00} räknades ut för skillnaden mellan mätningarna för samma mätpunkter i 0° och 90°. Även här räknade författaren själv ut ΔE^*_{ab} genom dess ekvation, medan ΔE_{00} beräknades utifrån ovan nämnda Excel-ark.



Figur 12 Bild nummer 1 visar riktning på provet (SS) i första mätningen, den som betecknas som 0°. Den andra bilden, 2, har provet (SS) vänt 90° åt höger. Pilarna markerar upp på provet vid respektive mätning.

6. Resultat

Resultaten av mätningarna av studiens material kommer under denna rubrik att redovisas i tabellform, totalt sex stycken (Tabell 7 – 12). Endast värden för undersökningarnas färgförändringar, ΔE^*_{ab} och ΔE_{00} , redovisas här. För samtliga CIE L* a* b*-värden från mätningarna se Bilaga 9 och Bilaga 10. Proverna i tabellerna presenteras med dess individuella bokstavskod, för beskrivning av proverna se rubrik 4.2.. Siffror som presenteras i tabellerna kommer att diskuteras och sättas i sammanhang med hjälp av text, tabeller och diagram i nästa kapitel, 7. Diskussion.

Nedan redovisas tre tabeller, Tabell 7-9 vilka redogör för färgförändringarna efter det simulerade åldrandet på fem år i museimiljö med spektrodensitometern och spektrofotometern i SCI- respektive SCE-läge.

Tabell 7 Värden på färgförändring hos proverna efter åldring, enligt mätresultat från spektrodensitometer.

Spektrodensitometer			
Grupp	Prov (mätpunkt)	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen	Kr	1,83	1,11
	Fä	3,26	1,94
	Ko	0,63	0,27
	Bj	5,48	2,65
	GB	4,20	2,21
	Va	2,81	1,26
	Ve	1,49	0,93
	In	1,00	0,72
	BB	0,86	0,59
	OY	4,35	3,99
Grupp 2: Dummies	Yv (blå)	1,40	0,96
	Yv (grön)	3,08	3,07
	Lb (rosa)	0,86	0,66
	Lb (grön)	1,26	1,10
	VL	3,93	3,09
	GS	0,13	0,12
	NS	3,99	3,75
	TS	0,73	0,57
	SS	0,74	0,71
	BS (rött)	1,12	0,50
	BS (vitt)	2,60	1,72
	Yb (rött)	5,58	3,11
	Yb (grönt)	4,51	3,58
	Yb (brunt)	1,23	0,85
	Bv	1,79	1,55
	Me (textil)	1,00	0,75
	Me (metall)	2,97	2,12
MV (svart)	0,74	0,59	
MV (turkos)	0,78	0,68	
MV (grönt)	2,04	1,64	

Spektrodensitometer fort.			
Grupp	Prov (mätpunkt)	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Grupp 3: Blue Wool Standard	B1	16,03	4,97
	B2	4,31	1,58
	B3	1,00	0,82
	B4	2,38	1,76
	B5	0,74	0,61
	B6	3,04	2,28
	B7	3,10	2,39
	B8	1,18	0,86

Tabell 8 Värderna på färgförändring hos proverna efter åldring, enligt mätresultat från spektrofotometer i SCI-läge.

Spektrofotometer SCI			
Grupp	Prov (mät punkt)	ΔE_{ab}^*	ΔE_{00}
Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen	Kr	8,79	4,76
	Fä	11,34	7,62
	Ko	25,60	12,05
	Bj	7,21	2,93
	GB	16,76	7,36
	Va	12,92	4,16
	Ve	7,74	6,77
	In	3,92	3,31
	BB	15,20	11,33
	OY	3,46	2,91
Grupp 2: Dummies	Yv (blå)	5,47	3,88
	Yv (grön)	5,95	4,85
	Lb (rosa)	2,23	1,23
	Lb (grön)	1,02	0,90
	VL	2,80	1,90
	GS	3,28	2,35
	NS	2,76	0,97
	TS	1,04	1,02
	SS	5,78	5,02
	BS (rött)	5,84	4,62
	BS (vitt)	1,44	0,86
	Yb (rött)	0,92	0,70
	Yb (grönt)	0,44	0,36
	Yb (brunt)	4,06	2,90
	Bv	4,74	3,21
	Me (textil)	5,22	3,21
	Me (metall)	1,27	0,90
	MV (svart)	6,34	5,10
MV (turkos)	9,89	13,15	
MV (grönt)	1,90	1,46	
Grupp 3: Blue Wool Standard	B1	19,05	8,37
	B2	13,38	7,49
	B3	6,19	3,16
	B4	4,77	3,62
	B5	7,91	4,47
	B6	4,67	3,16
	B7	1,47	1,02
	B8	2,53	1,92

Tabell 9 Värderna på färgförändring hos proverna efter åldring, enligt mätresultat från spektrofotometer i SCE-läge.

Spektrofotometer SCE			
Grupp	Prov (mät punkt)	ΔE_{ab}^*	ΔE_{00}
Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen	Kr	6,71	3,12
	Fä	16,03	12,80
	Ko	23,01	10,08
	Bj	6,78	2,75
	GB	16,30	7,13
	Va	12,80	4,15
	Ve	7,75	6,77
	In	3,54	2,95
	BB	14,13	10,47
	OY	3,37	2,85
Grupp 2: Dummies	Yv (blå)	1,83	1,59
	Yv (grön)	5,92	4,76
	Lb (rosa)	1,97	1,05
	Lb (grön)	1,88	1,75
	VL	3,51	2,32
	GS	1,80	1,28
	NS	2,83	1,81
	TS	1,23	1,16
	SS	5,84	4,93
	BS (rött)	3,99	2,99
	BS (vitt)	2,47	1,64
	Yb (rött)	1,10	0,82
	Yb (grönt)	0,86	0,73
	Yb (brunt)	5,25	3,95
	Bv	4,89	3,40
	Me (textil)	4,45	2,61
	Me (metall)	0,68	0,55
	MV (svart)	4,34	3,46
MV (turkos)	3,74	3,48	
MV (grönt)	1,82	1,39	
Grupp 3: Blue Wool Standard	B1	12,55	4,55
	B2	7,74	3,20
	B3	2,91	1,07
	B4	3,38	2,86
	B5	2,69	0,81
	B6	1,58	1,00
	B7	0,68	0,53
	B8	0,98	0,79

I de tre återstående tabellerna, Tabell 10-12, presenteras färgskillnaden för undersökningen av effekten med att vända proven 90° åt höger vid mätningarna. Undersökningen begränsades till 'Grupp 2: Dummies' och mätningarna togs efter den simulerade åldringen på fem år. Även här redogör respektive tabell för resultat med spektrodensitometer, spektrofotometer i SCI läge och spektrofotometer i SCE läge.

Tabell 10 Värden för färgförändringar då prov vändes 90° åt höger, enligt mätvärden från spektrodensitometer.

Spektrodensitometer		
Prov (mätpunkt)	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Yv (blå)	1,43	0,97
Yv (grön)	6,41	6,07
Lb (rosa)	5,98	4,66
Lb (grön)	6,65	6,19
VL	1,79	1,23
GS	2,89	2,08
NS	1,61	1,48
TS	2,49	1,92
SS	5,98	5,89
BS (rött)	14,06	7,47
BS (vitt)	0,59	0,40
Yb (rött)	3,14	3,61
Yb (grönt)	1,49	1,17
Yb (brunt)	1,53	1,06
Bv	2,80	1,01
Me (textil)	2,10	1,95
Me (metall)	0,53	0,52
MV (svart)	0,80	0,68
MV (turkos)	1,51	1,07
MV (grönt)	0,70	0,49

Tabell 11 Värden för färgförändringar då prov vändes 90° åt höger, enligt mätvärden från spektrofotometer i SCI-läge.

Spektrofotometer SCI		
Prov (mätpunkt)	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Yv (blå)	3,95	2,77
Yv (grön)	11,18	9,34
Lb (rosa)	11,13	8,12
Lb (grön)	11,99	8,91
VL	1,00	0,67
GS	3,78	2,61
NS	3,02	1,04
TS	8,72	7,61
SS	1,67	1,63
BS (rött)	8,02	6,68
BS (vitt)	2,86	1,78
Yb (rött)	12,50	5,52
Yb (grönt)	3,48	2,49
Yb (brunt)	3,05	2,84
Bv	6,80	5,55
Me (textil)	1,71	1,44
Me (metall)	8,19	6,47
MV (svart)	0,81	0,70
MV (turkos)	5,99	8,13
MV (grönt)	4,92	3,10

Tabell 12 Värden för färgförändringar då prov vändes 90° åt höger, enligt mätvärden från spektrofotometer i SCE-läge.

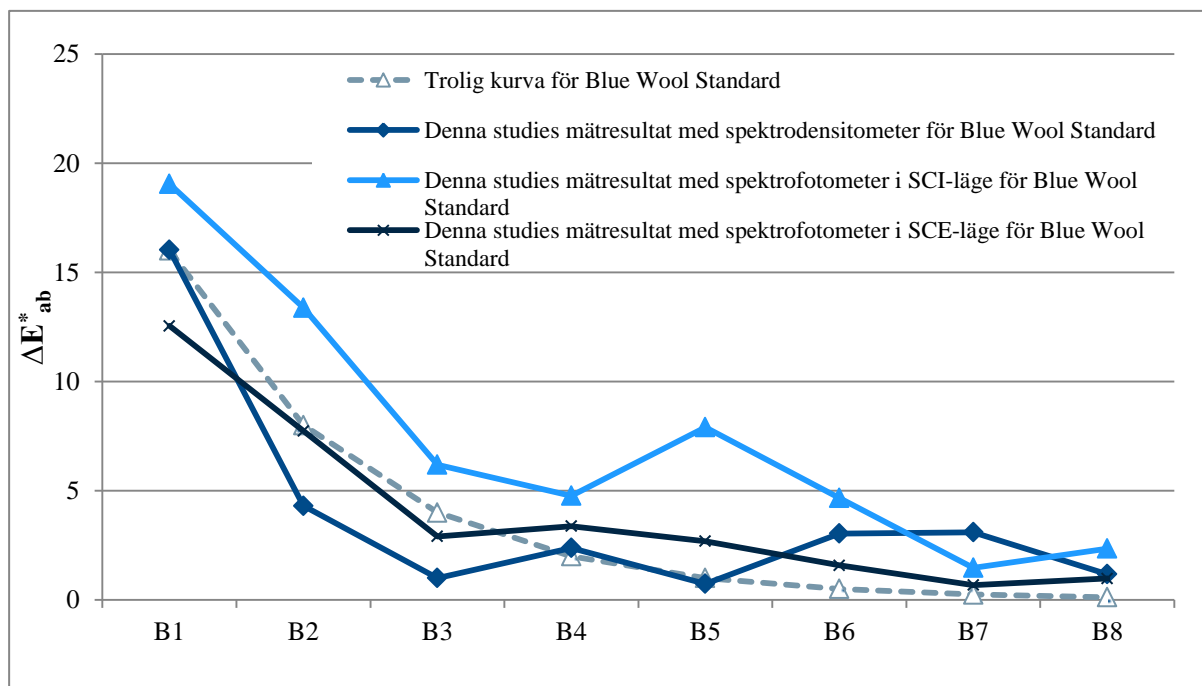
Spektrofotometer SCE		
Prov (mätpunkt)	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Yv (blå)	3,41	2,26
Yv (grön)	25,96	17,51
Lb (rosa)	10,05	7,09
Lb (grön)	10,51	7,57
VL	1,05	0,70
GS	3,23	2,22
NS	2,06	1,32
TS	5,45	5,18
SS	1,56	1,53
BS (rött)	10,37	8,93
BS (vitt)	2,36	1,51
Yb (rött)	11,05	4,60
Yb (grönt)	3,61	2,54
Yb (brunt)	3,62	3,26
Bv	6,70	5,44
Me (textil)	2,14	1,77
Me (metall)	3,82	2,23
MV (svart)	1,57	1,25
MV (turkos)	1,84	2,25
MV (grönt)	4,71	2,98

7. Diskussion

I detta kapitel kommer resultat som presenterades i föregående kapitel att diskuteras och sättas in i sammanhang kopplade till litteraturen. Det leder in i en utvärdering av studiens experimentella del med förslag på metodutveckling för att förbättra tillvägagångssättet vid mätningar. Diskussionen sammanfattas i en avslutande konklusion med efterföljande förslag på vidare forskning.

7.1. Resultatdiskussion

Det som kan utläsas ur värdena i Tabell 7-9 är att en färgförändring har skett i stor utsträckning hos de olika proverna, vilket innebär att det ljusbaserade åldringsexperimentet var lyckat på så sätt att mätbara skillnader uppnåddes. Men trots det kan man även se att det verkar som om flera mätfel har uppstått, vilket kan ses i mätningarna för Blue Wool Standard. I Figur 13 presenteras de olika resultaten för färgskillnad hos Blue Wool Standard med de olika färgmätarna tillsammans med en kurva som författaren har lagt in som referens efter information från Tímár-Balázsy och Eastop (1998). De värden som färgförändringarna ger stämmer inte överens med vad som förväntas. Mätresultaten med spektrodensitometern i studien indikerar att B6 och B7 skulle ha bleknat fortare än B3, enligt deras respektive ΔE^*_{ab} -värden. Detta skulle kunna indikera att mätning med spektrodensitometer kan vara problematisk eller att ett mätfel kan ha uppstått på grund av den mänskliga faktorn. Dock har mätningarna med spektrofotometern varit lika problemfyllda. För SCI-läge har B5 en större färgförändring än B4 har, detsamma för B8 och B7. Dock verkar det som om mätningarna med spektrofotometern i SCE-läge stämmer bäst överens med den troliga kurvan. Kurvan i Figur 13 för spektrofotometer i SCE-läge har till stor del samma lutning som den, utifrån litteraturen, troligare kurvan.



Figur 13 Kurvor för Blue Wool Standards ΔE -värden efter åldring.

Ett färgämne bleknar mest i början av dess exponering för ljusstrålning och sedan planar kurvan ut för blekningen och ingen större ytterligare blekning sker. Det kan därför vara ett problem med att förlita sig på att kunna kontrollera färgförändringar för att visa att ljuset är skadligt för de textila museiföremålen; de äldre föremålen kommer med stor sannolikhet inte visa någon ytterligare blekning efter ytterligare ljusexponering enligt Tímár-Balázsy och Eastop (1998). Men för att

färgförändringen av textilen har nått sitt slut innebär inte detta att nedbryningen på grund av ljus också har avstannat. Av resultaten i denna studie kan inte avstannande av färgförändringar helt säkerställas. `Grupp 2: Dummies` valdes som en materialkategori för att efterlikna museala föremål, bland annat för att de skulle kunna ha varit utsatta för ljus sedan tidigare och därför uppvisar att dess färgförändringar har avstannat. Medan `Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen` valdes som en kontrast till `Grupp 2: Dummies`, då de inte varit utsatta för en större mängd ljus innan åldringen. Om man räknar ut den genomsnittliga färgförändringen mellan dessa två grupper efter åldringen ser man att skillnaden i genomsnittet av färgförändringar inte är så stort vid mätningar med spektrodensitometern. Detta presenteras i Tabell 13, där genomsnittet för de respektive grupperna med de olika ΔE anges. För ΔE_{00} är skillnaden så liten som en hundradel och hos ΔE^*_{ab} är det också obetydligt, med cirka fem tiondelars skillnad mellan de två grupperna.

Tabell 13 Medelvärde för färgskillnadsvärde hos `Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen` respektive `Grupp 2: Dummies` för mätningar med spektrodensitometern.

	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen	2,53	1,57
Grupp 2: Dummies	2,02	1,56

Tyvärr kan inte samma jämförelse göras med mätningarna tagna med spektrofotometern, då något fel har skett i mätningarna av `Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen`. Då proverna med röda och blåa färgämnen stämmer inte överens med den information om dess ljushärdighet som man kan läsa om i litteraturen. Enligt mätningarna i denna studie skulle de ha bleknat lika mycket som Blue Wool Standard 1-3 (B1-B3) vilket inget av dessa färgämnen ska göra, förutom blå bresilja, enligt källorna (Abdel-Kareem 2015; Farke et al. 2016; Ishii et al. 2008; Padfield & Landi 1966). En jämförelse med `Grupp 2: Dummies` skulle därmed vara missvisande.

De kända färgämnena är indelade i kategorier efter Blue Wool Standard i Tabell 14. Kategoriseringen sker med de resultat som erhöles efter mätningar med spektrodensitometern, detta då mätningarna med spektrofotometern inte anses vara tillförlitliga. De kända naturliga färgämnena uppvisade i stor utsträckning de förväntade färgförändringarna vid utsättning av ljus. De färgämnen som var känsligast för ljus var de gula medan de blå och röda var mera ljusfasta. I denna studies mätningar skulle färgämnet blå bresilja kategoriseras som ett ljusfast ämne medan Padfield och Landi ansåg det vara ett färgämne som är känsligt mot ljus. Denna studie visar även tydligt att de gula färgämnena är de färgämnen som har sämst ljushärdighet, vilket Padfield och Landi diskuterar i sin forskning (1966). Som gula björklöv, vilken inte finns med i deras forskning, men i denna studie visar sig kunna kategoriseras som ett känsligt färgämne (Tabell 14).

Tabell 14 Kategorisering för `Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen` med Blue Wool Standard.

Färgämne	Denna studie ¹	Padfield och Landi (1966)
Björklöv	2	-
Blå bresilja	>3	1-2
Färnbock	3	-
Gul bresilja	2	1-2
Indigo	>3	5-7
Koschenill	>3	5-7
Krapp	3	5-7
Vau	2	3
Vejde	3	-

¹ Resultat från mätningar med spektrodensitometern.

Vidare kommer resultaten från uppföljningen diskuteras, när proven vändes 90° åt höger. Genomgående visar resultaten att om man mäter i en annan riktning på textilen så kommer man få en skillnad i mätresultaten. Denna skillnad var i de flesta fallen, utifrån mätningar med både spektrodensitometer och med spektrofotometern, större än JND, om man använder sig oss av Richardson och Saunders (2007) slutsatser i deras forskning. De har kommit fram till att $\Delta E^*_{ab} > 4$ ser alla människor med normalt färgseende. Med det som utgångspunkt har författaren till denna studie sammanställt Tabell 15, i vilken alla prover som har $\Delta E^*_{ab} > 5$ och därmed med säkerhet över JND när provet vänts 90° presenteras. Endast ΔE^*_{ab} -värden används då litteraturen om JND endast använt den ekvationen för färgförändring (Ashley-Smith et al. 2002; Richardson & Saunders 2007).

Tabell 15 Prover med $\Delta E^*_{ab} > 5$ då prov vänts 90° åt höger.

Spektrodensitometer	Spektrofotometer SCI-läge	Spektrofotometer SCE-läge
Yv (grön)	Yv (grön)	Yv (grön)
Lb (rosa)	Lb (rosa)	Lb (rosa)
Lb (grön)	Lb (grön)	Lb (grön)
	TS	TS
SS		
BS (rött)	BS (rött)	BS (rött)
	Yb (rött)	Yb (rött)
	Bv	
	Me (metall)	
	Mv (turkos)	

I Tabell 15 ser man tydligt att det är vissa prover som är svåra att få överensstämmande mätresultat i olika riktningar på prover, prov som återkommer i flera av kolumnerna. Av de prover i Tabell 15 som har ett ΔE -värde >5 med både spektrodensitometern och spektrofotometern, i dess båda lägen, kan man dela upp problematiken med att mäta dessa prover i två kategorier. De möjliga förklaringarna är följande:

1. Liten mätyta vilket gjorde att risken att mäta utanför mätpunkten ökade, mallen som användes var inte tillräckligt exakt tillverkad för att förhindra detta. Se Figur 14 för exempel där mätpunkten till och med var mindre än öppningen för mätningar på de använda färgmätarna (Tabell 6).
2. Olikfärgade trådar som gör att mätning görs på olikfärgade och inte homogent färgade trådar. Se Figur 15 för exempel.



Figur 14 Prov BS (rött) hade en mätyta på endast 2-4 mm (linjalen visar 1 cm).



Figur 15 Olikfärgade rosa trådar på prov Ld (rosa).

Enligt källor ska man använda sig av SCI-lägen på spektrofotometer vid mätning av textila ytor (Gorji Kandi et al. 2008, s. 348). Skillnaden mellan dessa två lägen och dess lämplighet att använda för färgmätning av plana textilier kunde inte utläsas i de resultat som denna studie gav.

7.2. Utvärdering av genomförande och metodutveckling

Metoden med accelererat åldrande fungerade som metod för att undersöka färgförändringar som beror på ljus. Detta ser vi i Figur 14 och Tabell 14, vilka visar att både Blue Wool Standard och de kända naturliga färgämnen har bleknat under åldringen.

Som nämnts ovan var ett av problemen under mätningarna att det var svårt att hitta rätt mätpunkt vid mätningarna. Detta har skett i alla provgrupperna, även på 'Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen'. Vid mätningarna av denna grupp av prover uppmättes avvikande resultat med spektrofotometern på de röda färgämnen (se Tabell 8-9, ss. 22-23). Detta problem kan bero på att den mall som användes, i PVC, inte var tillräckligt bra för att användas som mall. Trots att mallen togs fram utifrån färgmätarnas konturer verkar det inte ha varit tillräckligt för att säkerställa att öppningen på färgmätarna för mätning hamnar rätt. Det skulle ha varit en fördel om man på något vis visste när man tar mätningarna att man hamnar rätt. En idé för att kunna göra det är att använda en mall som är reflekterande som gör att ett ogiltigt resultat erhålls om mätningen inte sker precis i mallens öppning för mätpunkten. Att laminera en mall, utifrån färgmätarens konturer och med öppning för mätpunkt, av aluminiumfolie mellan två lager av plast. Om färgmätaren då skulle hamna fel och mätningen inte görs i öppningen utan på aluminiumfolien skulle felmedelande komma upp och då skulle färgmätaren placeras om för att få ett giltigt resultat.

Det andra stora problemet som uppstod vid mätningarna var att prover med olikfärgade trådar, i sin struktur, fick osäkra resultat. Detta problem var speciellt prominent i mätningarna som gjordes i olika riktningar på proverna. Det framstår som att detta är ett stort problem i användandet av färgmätare vid färgmätningar på textil. Textilier kommer att ha olikfärgade trådar i sin struktur och detta kommer man inte ifrån. För att lösa detta problem behövs mera forskning, vilken denna studie inte har möjlighet till.

De två olika färgmätarna har under arbetets gång inte varit tillgängliga för författaren i samma utsträckning. Spektrodensitometern finns på institutionen där åldringen genomförde och författaren hade fri tillgång till instrumentet. Däremot fanns spektrofotometern hos Nationalmuseum och författaren hade bara tillgång till instrumentet under två halvdagar under arbetets gång med denna studie. Detta medgav att risken för mätfel med spektrofotometern var större då det fanns en tidpress. Att färgmätarna inte fanns tillgängliga i samma utsträckning för författaren för att kunna lägga likvärdig tid vid utförandet av mätningarna blev en stor osäkerhetsfaktor i undersökningen.

7.3. Konklusion

Syftet med denna uppsats var att undersöka om portabla färgmätare skulle kunna användas för att övervaka färgförändring på plana textilier. Ingången till studien var att för Nationalmuseums räkning undersöka om deras spektrofotometer skulle kunna hjälpa museets konservatorer i dess arbete med preventiv konservering, för övervakning av färgförändringar i museimiljö. Slutsatsen av denna studie är att den inte kan ge Nationalmuseum konkreta svar på deras undran, då flera undersökningar behövs för att ge tillförlitliga svar. Men utifrån de resultat som denna studie har fått fram kommer denna studies frågeställningar (se rubrik 1.2.) att diskuteras nedan.

Med resultaten som denna studie har erhållit kan inte möjligheten att kunna använda en portabel färgmätare i museimiljö för att undersöka färgförändringar på plana textilier avskrivas. Studien visar att tillförlitliga resultat skulle kunna erhållas om flera parametrar betraktas innan mätningarna genomförs. Alla parametrar är av yttersta vikt för att kunna få reproducerbara resultat (Berns 2000). Det är viktigt att försäkra sig om att mätningarna görs på samma punkt under mätningar. Även

tillgången till färgmätare är av vikt för att erhålla jämförbara resultat; mätningarna ska inte göras under stress då osäkerheten i resultaten då ökar.

Denna studie har inte med säkerhet kunnat visa vilken färgmätare som är att föredra vid mätningar på plan textil. Dock har spektrodensitometern genomgående visat resultat som är mera sannolika än de resultat som spektrofotometern, i både SCI- och SCE-läge, har presenterat. Detta kan dock bero på yttre omständigheter, då författaren inte hade samma tillgång till spektrofotometern för mätningar som hen hade med spektrodensitometern. Mätningar med spektrofotometern kunde inte utföras med samma noggrannhet som mätningarna med spektrodensitometern på grund av tidspress.

Slutsatsen av denna studie är att vidare undersökningar krävs för att få säkrare svar på studiens frågeställningar, men att portabla färgmätare eventuellt kan vara ett användbart verktyg för konservatorer i sitt preventiva konserveringsarbete.

7.4. Vidare forskning

Inställningar för öppning på färgmätarna för mätningar i denna studie har ställts in för att vara så stora som möjligt. Detta enligt Ford (1992) som framhåller att en stor mätyta är att föredra på ojämna ytor då mera ljus kan reflekteras från en stor yta än från en liten yta. Men i denna studie kan de stora öppningarna på färgmätarna ha orsakat osäkrare resultat, då öppningen i vissa fall verkar ha varit större än mätpunkten. Även för prover med olikfärgade trådar kan problem med den stora öppningen vara ett av problemen med de osäkra resultaten, att flera tråders reflektion togs upp av detektorn och ett medelvärde räknades fram av färgmätarna. Det skulle vara intressant att vidare utvärdera vikten av öppningen på färgmätarens betydelse för mätresultaten. Skulle man kunna komma fram till vad som är viktigast i storleken på öppningen för mätning vid mätningar på textil; är det viktigare med att så mycket ljus kan reflekteras som möjligt eller en mindre öppning för att vara säker var ljuset reflekteras ifrån?

Denna uppsats tar endast upp mätningar på plana textilier och undersökningarna utfördes i laboratoriemiljö. Vidare forskning med liknande syfte skulle kunna vara att göra detta *in situ* på ett museum och utvärdera de resultat och undersöka de problem som denna studie tar upp. Även undersökningar på tredimensionella textila föremål där det praktiska omkring mätningarna blir mycket mera komplicerade än på plana textilier. På plana textilier kan tillgången till baksidan vara enkel för att få in det reflekterande underlaget som krävs vid mätningarna, ett förhållande som försvåras avsevärt på textilier på docka. Hur skulle man kunna mäta med en portabel färgmätare på en textil på docka om man inte med händerna kan få in ett underlag mellan textil och docka? Och måste man vara flera personer då en person kanske måste hålla ut textilierna plant? Frågor liknande dessa skulle vara intressant för vidare forskning.

8. Sammanfattning

Syftet med denna uppsats var att undersöka om portabla färgmätare kunde fungera som ett användbart verktyg för konservatorer i deras arbete med den preventiva konserveringen. Ingången till studien kom av författarens praktik hos konserveringsavdelningen på Nationalmuseum, Stockholm. Avdelningen hade införskaffat en portabel spektrofotometer och man var intresserad av att kunna utvärdera om man skulle kunna använda denna färgmätare i sitt arbete i och med nyöppnandet av Nationalmuseums huvudbyggnad hösten 2018. Ett nytt, oprövat, karaktärsdrag i den renoverade byggnaden är att man kommer att ta in dagsljus i utställningslokalerna och detta oroar museets konservatorer. Man vet inte alls hur det dagsljus som ska släpps in kommer att påverka föremålen och i vilken skala detta ljus kommer att påverka materialen negativt och påskynda dess nedbrytning. Från museets sida finns förhoppningen att man med deras färgmätare, spektrofotometern, skulle kunna kontrollera färgförändringar som sker på de plana textila föremålen som är utställda i museimiljö.

Utifrån dessa funderingar och formulerades följande frågeställningar:

- Kan färgförändringar hos plana textilier undersökas med en portabel färgmätare?
- Vilka är några av svårigheterna som kan uppstå vid mätning av plana textilier med en portabel färgmätare?
- Beror mätresultaten på typen av färgmätare som används?

För att besvara dessa frågeställningar delades studien upp i två delar: en litteraturstudie som förklarar bakgrund och begrepp som sedan behövs i den andra delen vilken är en experimentell del. I den experimentella delen kommer färgmätare utvärderas praktiskt och resultatet av detta kommer att kopplas till den tidigare litteraturstudien.

I litteraturstudien avhandlas ämnet ljus och belysning kopplat till museibelysning. Att belysa i museimiljöer är ett komplext förhållande; museer måste i sitt sätt att belysa både ta hänsyn till dess besökares upplevelse av föremålen, men också till föremålets välmående så att dess materials nedbrytning inte accelereras på grund av den strålning den utsätts för. Att kombinera dessa två olika utgångspunkter leder till att museer i stor utsträckning arbetar utifrån riktlinjer. Vidare studerades litteratur om hur man med instrumentella metoder kan mäta färg på ett kvantitativt sätt. Det kopplades till studiens första frågeställning om man kan mäta färg och få jämförbara resultat för att avgöra om en färgförändring har skett efter en tids utsättning för strålning. För att förstå varför en textil under belysning kan ändra sin färg har litteraturstudien även innehållit kapitel om textilfärgförändring och färgämnenas färgförändringar. Sista ämnet som litteraturstudien avhandlar är experimentellt åldrande av textila prover. Detta för att få en ingång till uppsatsens experimentella del, där ett sådant experiment genomfördes. Hur man genomför ett accelererat ljusbaserat åldringsexperiment finns utförligt beskrivet i konserveringslitteraturen och denna studies experiment grundar sig i en sammanställning av denna litteratur. Vid arbetet med litteraturstudien framkom det även att när man mäter på textila underlag med en färgmätare så är riktningen på textilen mycket viktigt för mätningens reproducerbarhet. Detta medförde att åldringsexperimentets resultat följdes upp med en undersökning om betydelsen av riktningen på proverna vid mätningarna.

De allra flesta färgmätarna som tillverkas använder CIE L* a* b*-färgrymd för att sätta värden på de mätningar som de gör. CIE L* a* b*-färgrymd är ett tredimensionellt färgkoordinatsystem där färger beskrivs med sina respektive L-, a- och b-värden. När man räknar ut färgskillnaden mellan två mätningar i detta system betecknar man färgskillnaden med ΔE .

Under studiens experimentella del användes två färgmätare: Nationalmuseums spektrofotometer och en spektrodensitometer vilken ägs av Institutionen för Kulturvård vid Göteborgs universitet, Göteborg. Färgmätarna valdes att användas för att kunna göra en utvärdering av deras respektive geometrier. Institutionens spektrodensitometer har geometrin 45°/0° och museets spektrofotometern är utrustad

med en $d/8^\circ$ geometri. Spektrofotometern kan även mätas i två olika lägen: 'specular component included' (SCI) och 'specular component excluded' (SCE). Vid mätningar i SCE-läge efterliknar mätningarna det som det mänskliga ögat ser, vilket påverkas av ytstrukturen på prover, medan i SCI-läge exkluderas inflytandet av ytstrukturen på provet.

Det accelererande ljusbaserade åldrandet utfördes på tre olika grupper av textila prover. Första gruppen innehöll ylleprover som var färgade med kända och naturliga färgämnen. Gruppen inkluderades i experimentet som försäkran om att åldringen ger effekt med blekning, det då forskning visar att naturliga färgämnen oftast har en låg ljushärdighet. Nästa materielgrupp bestod av så kallade 'dummies'. Dummieserna skulle efterlikna de plana föremål som Nationalmuseum tänker sig kommer finnas i basutställningen i och med nyöppnandet av museibygnaden. Sista gruppen är Blue Wool Standard. Standarden är en vanligt använd standard i museivärlden och även på Nationalmuseum för att kategorisera sina föremåls ljuskänslighet.

Ett accelererat ljusbaserat åldrande baseras på att växelverkansprincipen gäller. Detta innebär att man kan belysa prover med en hög belysningsstyrka under en kort tid och få samma nedbryningsskador och grad på skadorna som om man hade belyst dem med en låg belysningsstyrka under lång tid. Därför kunde proverna i experimentet placeras i ett ljusskåp med hög belysningsstyrka under en kort tid för att simulera ett år som utställt föremål i museimiljö hos Nationalmuseum.

Alla prover tilldelades mät punkt(-er) där mätningarna skulle genomföras. Provernas L-, a- och b-värden antecknades före och efter åldring, för att sedan kunna beräkna färgskillnaden, ΔE . I uppföljningen, undersökningen om betydelsen av textilens riktning vid mätningar, utfördes ytterligare en mätning på mätpunkterna på proverna i gruppen med dummies när proverna hade vänts 90° åt höger och L-, a- och b-värden antecknades. Då kunde ytterligare en färgskillnad räknas ut: ΔE för mätningar med 90° skillnad på proverna i samma mät punkt.

Resultaten av denna studie visar att vid mätningar med portabla färgmätare måste många parameter tas i beaktande för att få tillförlitliga mätresultat. ΔE vid åldringen visade både trovärdiga och mindre trovärdiga resultat. De osäkra resultaten berodde antagligen på storlek av mät punkt, träffsäkerhet på mätpunkten och textilens uppbyggnad (olikfärgade tråder försvårade mätningarna). Dock visar uppföljningen, med proven vända 90° , att riktningen på textilen vid mätningar är av största vikt för att få ett tillförlitligt resultat. Undersökningen gav inte en indikation på vilken färgmätare och geometri som är att föredra vid mätningar på plan textil.

Slutsatsen av denna studie är att vidare forskning krävs för att få säkrare svar på studiens frågeställningar, men att portabla färgmätare eventuellt kan vara ett användbart verktyg för konservatorer i sitt preventiva konserveringsarbete. Så att använda sin spektrofotometer i sitt arbete för bevarande av museets samlingar i det nyöppnande museilokaler är ett beslut som man på Nationalmuseum kan överväga.

9. Summary

The purpose of this study was to investigate whether portable colorimeters could serve as a useful tool for conservators in their work with preventive conservation for monitoring color-change on flat textiles on display. The idea for this study sprung from the author's internship at the conservation department at Nationalmuseum, Stockholm, Sweden. The department had acquired a portable spectrophotometer and was interested in evaluating whether it was possible to use this colorimeter in their work, with the re-opening of the main building of Nationalmuseum in the autumn of 2018. A new, untested, feature of the renovated building is that the exhibition halls will take in daylight as illumination, and this concerns the museum's conservators. They do not know how the daylight will affect the objects on display, whether the daylight will affect the materials negatively and accelerate their degradation. The museum is wondering if the colorimeter, the spectrophotometer, could be used to monitor color-changes that occur on the flat textile objects in exhibitions.

These following questions were formulated:

- Can color changes of flat textiles be examined with a portable colorimeter?
- What are some of the difficulties with using a portable colorimeter on flat textiles?
- Are the measurement results based on the type of colorimeter used?

In order to answer these questions, the study was divided into two parts: a literature study that explains the background and concepts needed in the second part, which is an experimental part. In the experimental part, colorimeters were evaluated and the result that were linked to the literature study.

In the literature study, the subjects deal with light and lighting associated with museum lighting. Lighting in a museum environment is a contradicted matter. Museums must, in their choice of lighting, take into account both the visitors' experience of the objects but also the preservation of the objects so that their material degradation is not accelerated due to the radiation they are exposed to. Combining these two points-of-view means that museums work to a large extent, based on guidelines, which are described in this study's literature review. Furthermore, literature was consulted on how to measure color in a quantitative manner with instrumental methods. It is linked to the first question of the study, whether one can measure color and get comparable results to determine whether a color change has occurred after a time of exposure to radiation. In order to understand why a textile under illumination can change its color, the literature study also contains sections on textile color change and color changes in dyes. The last topic of the literature study is experimental aging of textile samples; this to get basis for the experimental part of the study where such an experiment was conducted. Light-aging experiments are extensively described in the conservation literature and this study's experiment is based on a compilation of this information. And lastly, in the literature study it was also found that when measuring textiles with a colorimeter, the direction of the textile is very important for the reproducibility of the measurement. This resulted in the light-aging experiment being followed up with a study of the importance of the direction of the textile samples when measured.

Most of the colorimeters that are produced use CIE $L^* a^* b^*$ color-space to set the values of the measurements. CIE $L^* a^* b^*$ color-space is a three-dimensional color-coordinate system where the colors are described with their respective L-, a- and b-values. When calculating the color difference between two measurements in this system the color difference is denoted by ΔE .

During the experimental part of the study, two colorimeters were used: the spectrophotometer, owned by Nationalmuseum, and a spectrodensitometer, which is owned by the Department of Conservation at University of Gothenburg, Gothenburg. Both colorimeters were chosen to be able to make an evaluation of their respective geometries. The institution's spectrodensitometer has the geometry of $45^\circ/0^\circ$, while the museum's spectrophotometer is equipped with a geometry of $d/8^\circ$. The spectrophotometer does measurements in two different modes: 'specular component included' (SCI)

and 'specular component excluded' (SCE). When measured in SCE mode, the measurements mimic what the human eye sees, and that is influenced by the surface texture of samples. While in SCI mode, the influence of the surface texture of the sample is excluded.

Accelerating light-aging was performed on three different groups of textile samples. The first group contained wool samples, which were dyed with known and natural dyes. This group was included in the experiment to make sure that the light-aging causes fading, since natural dyes usually have low lightfastness. The next material group consisted of surrogates. The surrogates would imitate the flat textile objects that Nationalmuseum they are considering to display in their permanent exhibitions in the newly renovated museum building. The last group is the Blue Wool Standard. The standard is a commonly used standard at museums, also at Nationalmuseum, to monitor the light-sensitivity of its objects.

An accelerated light-aging is based on the reciprocity principle. This means that you can illuminate samples with a high illuminance for a short time and get the same degradation damage and degree of damage as if you had illuminated them with a low illuminance for a long time. Therefore, the samples in the experiment could be placed in a light-chamber with high illuminance for a short time to simulate a year as an object on display at Nationalmuseum.

All samples were assigned measurement areas. The L-, a- and b-values of the samples were noted before aging and then after aging to be able to calculate the color-difference, ΔE . In the follow-up, the investigation in the importance of the textiles direction when measured, measurements were taken on the samples of the surrogate group, with the samples turned 90° to the right. L-, a- and b-values were noted. Now a new color difference could be calculated: ΔE for measurements with 90° difference in the samples.

The obtained results have shown that measurements with portable colorimeters involve many parameters that must be taken into consideration in order to obtain reliable measurement results. ΔE for the light-aging showed both credible and less credible results. The uncertain results were most likely due to the size of the measurement area, the accuracy of the measurement area and the structure of the textile (different-coloured strands in the measuring point). The follow-up, with the 90° show, shows that the direction of textiles is of great importance for getting a reliable result. The study did not give an indication of which colorimeter and geometry is preferable in measurements on flat textiles.

The conclusion of this study is that further research is needed to get more accurate answers to the study's questions, but portable colorimeters may be a useful tool for conservators in their work with preventive conservation in monitoring color-change. So using its spectrophotometer in their work of preserving their collection is something that Nationalmuseum can take into consideration.

Figur- och tabellförteckning

Bilder tagna av Linnéa Sverkersson om inget annat anges. Illustrationer av Linnéa Sverkersson om inget annat anges.

Figurer

Omslag		Blue Wool Standard med blekning.
Figur 1	s. 5	Elektromagnetisk strålning. Källa: Electromagnetic radiation. https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation#/media/File:EM_spectrumrevised.png [2017-04-26]
Figur 2	s. 7	UV-strålning som dagsljus respektive LED-lampor avger (CIE 2004).
Figur 3	s. 9	Generiska reaktionsformler för fotokemiska reaktioner vid blekning av färgämnen på textil, efter van Beek & Heertjes (1966).
Figur 4	s. 11	Övre bilden visar en ideal mätsituation: en plan yta där ljuset reflekterar tillbaka från ett plan. Nedre visar en ojämn yta: riktningen på ljusreflektionen beror på var ljuset träffar.
Figur 5	s. 11	Enkel illustration av CIE L* a* b* färgrymd.
Figur 6	s. 15	Den använda LED-lampans energifördelningspektrum. Källa: Informant 3
Figur 7	s. 16	45°/0°, vilket innebär att detektorn är placerad rakt ovanför mätpunkten och fångar upp det ljus som reflekteras 45° från ljuskällan (Konica Minolta 2016a).
Figur 8	s. 16	Illustration av geometrin inne i en spektrofotometer utrustad med d/8° geometri (Konica Minolta 2016a).
Figur 9	s. 18	Markering med polyestertråd för mätpunkten.
Figur 10	s. 18	Prov MV med markerade mätpunkter: svart, turkos och grönt.
Figur 11	s. 18	De sex LED-lamporna belyser proverna, uppnålade på kartong, i ljusskåpet. Fotograf: Alexandra Tengelin.
Figur 12	s. 20	Bild nummer 1 visar riktning på provet (SS) i första mätningen, den som betecknas som 0°. Den andra bilden, 2, har provet (SS) vänt 90° åt höger. Pilarna markerar upp på provet vid respektive mätning.
Figur 13	s. 24	Kurvor för Blue Wool Standards ΔE -värden efter åldring.
Figur 14	s. 26	Prov BS (rött) hade en mätyta på endast 2-4 mm (linjalen visar 1 cm).
Figur 15	s. 26	Olikt färgade rosa trådar på prov Ld (rosa).

Figurer i bilaga

Figur I	s. viii	Irradiansen och provens ungefärliga placering vid åldring.
---------	---------	--

Figur II	s. ix	Klimat i ljusskåp under 12h = 1 års simulerad åldring, 21:00 24-04-2017 till 09:00 25-04-2017.
Figur III	s. x	Klimat i ljusskåp under 24h = 2 års simulerad åldring, 11:00 26-04-2017 till 11:00 27-04-2017.
Figur IV	s. x	Klimat i ljusskåp under 24h = 2 års simulerad åldring, 13:00 27-04-2017 till 13:00 28-04-2017.

Tabeller

Tabell 1	s. 7	Nationalmuseums klassificering av föremåls ljuskänslighet i relation till Blue Wool Standard.
Tabell 2	s. 10	Sammanställning av utvalda färgämnen ljushårdighet på ylle.
Tabell 3	s. 13	De naturliga färgämnen som ylleproven är färgade med inklusive det ofärgade provet. Inom parentes de koder som använts under arbetet för varje individuellt prov.
Tabell 4	s. 14	Sammanställning av proverna i `Grupp 2: Dummies´. I andra kolumnen redovisas provernas individuella koder.
Tabell 5	s. 14	Blue Wool Standard 1-8 individuella koder under arbetet, med en representation av varje ylleprovs ursprungsfärg innan blekning.
Tabell 6	s. 19	Inställningar hos färgmätarna under mätningarna.
Tabell 7	s. 21	Mätresultat med spektrodensitometer: åldring av prover.
Tabell 8	s. 22	Mätresultat med spektrofotometer i SCI-läge: åldring av prover.
Tabell 9	s. 22	Mätresultat med spektrofotometer i SCE-läge: åldring av prover.
Tabell 10	s. 23	Mätresultat med spektrodensitometer: 90° skillnad vid mätningarna.
Tabell 11	s. 23	Mätresultat med spektrofotometer i SCI-läge: 90° skillnad vid mätningarna.
Tabell 12	s. 23	Mätresultat med spektrofotometer i SCE-läge: 90° skillnad vid mätningarna.
Tabell 13	s. 25	Medelvärde för färgskillnadsvärde hos `Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen´ respektive `Grupp 2: Dummies´ för mätningar med spektrodensitometern.
Tabell 14	s. 25	Kategorisering för `Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen´ med Blue Wool Standard.
Tabell 15	s. 26	Prover med $\Delta E^*_{ab} > 5$ då prov vänts 90° åt höger.

Tabeller i bilaga

Tabell I	s. i	Tillsatser i färgbud vid färgning.
Tabell II	ss. iii-vi	Fiberidentifikation av prover ur `Grupp 2: Dummies´.

Tabell III	s. vii	Lampans egenskaper.
Tabell IV	ss. xi-xii	Mätresultat innan åldring.
Tabell V	ss. xiii-xiv	Mätresultat efter fem års simulerad åldring.
Tabell VI	s. xv	Mätresultat i 90° vänt åt höger.
Tabell VII	ss. xvi	CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för mätningar med spektrodensitometer.
Tabell VIII	s. xvii	CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för mätningar med spektrofotometer i SCI-läge.
Tabell IX	s. xviii	CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för mätningar med spektrofotometer i SCE-läge.
Tabell X	s. xix	CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för matningar på Grupp 2: Dummies med spektrodensitometer.
Tabell XI	s. xix	CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för matningar på Grupp 2: Dummies med spektrofotometer i SCI-läge.
Tabell XII	s. xx	CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för matningar på Grupp 2: Dummies med spektrofotometer i SCE-läge.

Käll- och litteraturförteckning

Otryckt material

- Informant 1 Maria Franzon
Konservator, Nationalmuseum, Stockholm
E-postkonversation 2017-03-06
- Informant 2 Marie Schön
Student konservatorsprogrammet, Institutionen för Kulturvård, Göteborgs universitet,
Göteborg
- Informant 3 Jacob Thomas
Forskare i konservering. Institutionen för Kulturvård, Göteborgs universitet, Göteborg

Avdelningen för bevarande Nationalmuseum (2013). *Policy för belysning av museiföremål*. Version 2013-03-13 [internt material]

CIE (u. å.). CIE colorimetry - part 2: standard illuminants for colorimetry.
http://cie.co.at/index.php?i_ca_id=484 [2017-06-11]

Institutionen för Kulturvård, Göteborgs universitet (2014). Förteckning över naturligt infärgade ylleprover [internt material]

Konica Minolta (u. å.). Precise color communication - part III.
<https://www.konicaminolta.com/instruments/knowledge/color/part3/02.html> [2017-05-06]

Konica Minolta (2016a). The way colourimeters see. <https://www.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/learning-centre/colour-measurement/colour/the-way-colourimeters-see.html> [2017-04-19]

Nationalmuseum (2012). Frågeformulär med Nationalmuseums ljusförutsättningar som lämnas till långivare [internt material]

Nationalmuseum (2014). Nya Nationalmuseum. <http://www.nationalmuseum.se/sv/Om-Nationalmuseum/Nya-Nationalmuseum2/> [2017-04-02]

NE. CIE. <http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/cie> [2017-04-18]

NE. Densitometer. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/densitometer> [2017-05-18]

NE. Fotometer. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/fotometer> [2017-05-18]

NE. Irradians. <http://www.ne.se.ezproxy.ub.gu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/irradians> [2017-04-19]

Nyström, I (2014). Dekorerede interiörer i Hälsingegårdar.
<http://conservation.gu.se/forskning/halsingegardar> [2017-04-03]

Statens fastighetsverk (2017). Nationalmuseum renoveras. <http://www.sfv.se/sv/fastigheter/pagaende-byggprojekt/stockholm/renovering/> [2017-04-02]

Wikipedia. Electromagnetic radiation.

https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_radiation#/media/File:EM_spectrumrevised.png [2017-04-26]

Tryckta källor

- Abdel-Kareem, O. (2015). Preparation of experimental deteriorated dyed textile samples simulated to ancient ones. *International Journal of Conservation Science*, 6(2), ss. 151-164
- Abey-Koch, M. (2009). History of housekeeping. I National Trust (red.) *National Trust Manual of Housekeeping*. Oxford: Elsevier, ss. 21-33.
<http://ebookcentral.proquest.com.ezproxy.ub.gu.se/lib/gu/detail.action?docID=313055> [2017-04-20]
- Adriaens, A. (2005). Non-destructive analysis and testing of museum objects: an overview of 5 years of research. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 60(12), ss. 1503-1516
- American Institute for Conservation of Historic and Artistic Works (AIC) (2014). *Code of Ethics and Guidelines for Practice*. <http://www.conservation-us.org/docs/default-source/governance/code-of-ethics-and-guidelines-for-practice.pdf?sfvrsn=9> [2017-05-04]
- Ashley-Smith, J., Derbyshire, A. & Pretzel, B. (2002). The continuing development of a practical lighting policy for works of art on paper and other object types at the Victoria and Albert Museum. I *ICOM Committee for Conservation, ICOM-CC: 13th Triennial Meeting, Rio de Janeiro, 22-27 September 2002: preprints. Volym 1*. Rio de Janeiro, Brasilien, 22-27 september 2002. ICOM-CC: James & James, ss. 3-8
- van Beek, H. C. A. & Heertjes, P. M. (1966). Fading by light of organic dyes on textiles and other materials. *Studies in Conservation*, 11(3), ss. 123-132
- Berns, R. S. (2000). *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology*. 3. uppl., New York: John Wiley
- Bolin, C.A. & Ballard, M.W. (2017). Assessing LED lights for visual changes in textile colors. *Journal of the American Institute for Conservation*, ss. 1-12
- CIE (2001). *Improvement to Industrial Colour-Difference Evaluation*. Wien: Commission Internationale de l'Eclairage
- CIE (2004). *Control of Damage to Museum Objects by Optical Radiation*. Wien: Commission Internationale de l'Eclairage
- Davidson, R.S. (1996). The photodegradation of some naturally occurring polymers. *Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology*, 33(1), ss. 3-25
- Druzik, J. & Eshøj, B. (2007). Museum lighting: it's past and future Development. I Padfield, T & Borchersen, K. (red.) *Contributions to the Copenhagen conference 19 - 23 November 2007: Museum Microclimates*. Köpenhamn, Danmark 19-23 november 2007. National Museum of Denmark, s. 51-56. <http://www.conservationphysics.org/mm/musmic/musmic150.pdf> [2017-04-27]
- Farke, M., Binetti, M. & Hahn, O. (2016). Light damage to selected organic materials in display cases: a study of different light sources. *Studies in Conservation*, 61(till.1), ss. 83-93

- Feller, R. L. (1994). *Accelerated Aging: Photochemical and Thermal Aspects*. Marina del Rey, Kalifornien: Getty Conservation Institute.
http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/aging.pdf
 [2017-04-20]
- Ford, B. (1992). Monitoring colour change in textiles on display. *Studies in Conservation*, 37(1), ss. 1-11
- Gorji Kandi, S., Amani Tehran, M. & Rahmati, M. (2008). Colour dependency of textile samples on the surface texture. *Coloration Technology*, 124(6), ss. 348-354
- Gorji Kandi, S. (2011). The effect of spectrophotometer geometry on the measured colors for textile samples with different textures. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 6(4), ss. 70-78
- Hunter, R. S. & Harold, R. W. (1987). *The Measurement of Appearance*. 2. uppl., New York: John Wiley
- Ishii, M., Moriyama, T., Masahiro, T. O. D. A., Kohmoto, K. & Saito, M. (2008). Color Degradation of Textiles with Natural Dyes and of Blue Scale Standards Exposed to White LED Lamps. *Journal of Light & Visual Environment*, 32(4), ss. 370-378
- Jedrzejewska, H. (1978). *Care and Protection*. Stockholm: Konsthögskolan, Institutet för materialkunskap
- Konica Minolta (2013). *Spectrodensitometer FD-7 and FD-5: State of the Art Instrument for Measuring Colour, Density and Light*.
https://www.konicaminolta.eu/fileadmin/content/eu/Measuring_Instruments/2_Products/3_Graphic_Arts/1_Spectrodensitometers/PDF/FD-7_FD-5_en_11_13_A4.pdf [2017-04-18]
- Konica Minolta (2016b). *Spectrophotometer CM-2600d: Simply Expands the Boundaries in Color Control*.
https://www.konicaminolta.com/instruments/download/catalog/color/pdf/cm2600d_catalog_eng.pdf [2017-04-18]
- Luo, L., Tsang, K., Shen, H., Shao, S. & Xin, J. (2015). An investigation of how the texture surface of a fabric influences its instrumental color. *Color Research & Application*, 40(5), ss. 472-482
- Olars, K. (2017). *Hälsingegårdarnas textila färglandskap - tänkbara kulörer, färgämnen och färgningsmetoder i Hälsingland 1750-1870*. Kandidatuppsats, Institutionen för Kulturvård. Göteborg: Göteborgs universitet. <http://hdl.handle.net/2077/52075> [2017-04-19]
- Padfield, T. & Landi, S. (1966). The light-fastness of the natural dyes. *Studies in Conservation*, 11(4), ss. 181-196
- Richardson, C. & Saunders, D., (2007). Acceptable light damage - a preliminary investigation. *Studies in Conservation*, 52(3), ss. 177-187
- Saunders, D., & Kirby, J. (1996). Light-induced Damage: Investigating the Reciprocity Principle. *I ICOM Committee for Conservation, 11th Triennial Meeting in Edinburgh, Scotland, 1-6 September 1996: Preprints. Volume 1*. Edinburgh, Skottland, 1-6 september 1996, London: James & James (Science Publishers) Ltd., ss. 87-90
- Saunders, D. & Kirby, J. (2001). A comparison of light-accelerated ageing regimes in some galleries and museums. *The Conservator*, 25(1), ss. 95-104

Starby, L. (2003). *En bok om belysning: underlag för planering av belysningsanläggningar*. Omarb. uppl., Stockholm: Ljuskultur

Svenska textiltforskningsinstitutet (1981). *Textilordlista: Sv-E-F-D-Da-No-Fi = Glossary of Textiles: Sv-E-F-D-Da-No-Fi*. Stockholm: Tekn. nomenklaturcentralen

Thomson, G. (1994). *The Museum Environment*. 2. uppl., Oxford: Butterworth Heinemann in association with The International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works

Tímár-Balázsy, A. & Eastop, D. (1998). *Chemical Principles of Textile Conservation*. London: Butterworth Heinemann

Wiklund, S. & Diurson, V. (1967). *Textil materiallära*, 6. omarb. uppl., Stockholm: LT

Leverantörer

Blue Wool Standard

James Heal

Richmond Works

Halifax

HX3 6EP

England

t: +44 (0)1422 366355

f: +44 (0)1422 352440

e: hello@james-heal.co.uk

MSR-logger

Intab

Gjutarevägen 1

443 61 Stenkullen

Sverige

t: 0302 - 246 00

f: 0302 - 246 29

e: info@intab.se

Bilaga 1 Färgning av Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen

Tabell I Tillsatser i färgbåd vid färgning.

Prov	Innan färgbåd	I färgbåd	Efter färgbåd
Björklöv	-	Björklöv	-
Blå bresilja	Alun, visten, vetekli	Blå bresilja	Pottaska
Färnbock	-	Färnbock	-
Gul bresilja	-	Bresilja	-
Indigo	-	Indigo, svavelsyra	-
Koschenill	-	Koschenill, visten, tenklösning (vatten, salpetersyra, tenn)	-
Krapp	-	Krapp, alun, visten	-
Vau	-	Vau, pottaska	-
Vejde	-	Vejde, pottaska, hydrosulfit	-

Källa: Institutionen för Kulturvård, Göteborgs universitet (2014). Förteckning över naturligt infärgade ylleprover.

Bilaga 2 Lista över textilier i Nationalmuseums nya basutställning


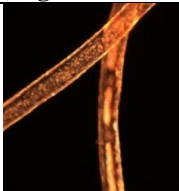

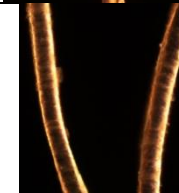
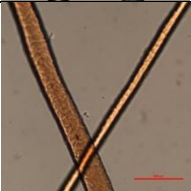
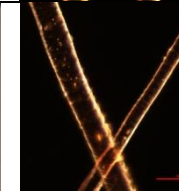


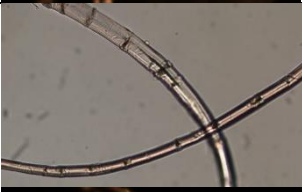
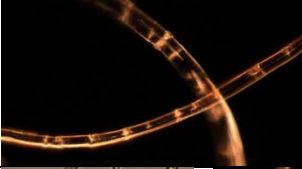
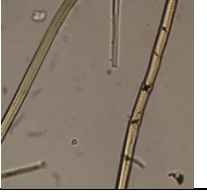
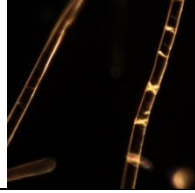
- Siden (taft, jaquard?), både ny och gammal
- Äldre tryckt bomull/linne (typ tuskaftsväv)
- 1900-tals tryckt bomull/linne (typ tuskaftsväv)
- sammet
- nånslags gobelängvävnad/tapet, både äldre och modern
- vävd matta så som röllakan
- om det kan finnas nån metod att se på knuten matta (t ex rya)
- broderier av olika slag
- äldre linne/bomull (damast, vitbroderier, äldre spetsar etc) utan tryck för att se på gulnad.
- Olika moderna material/fibrer



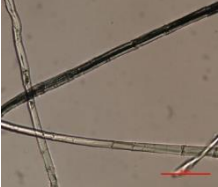
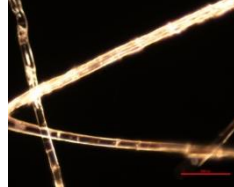
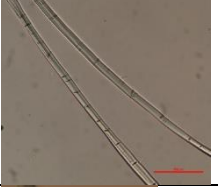
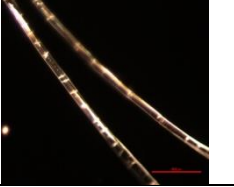
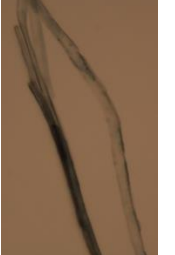
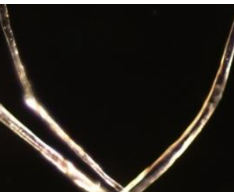

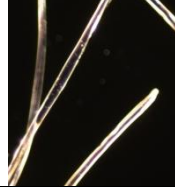
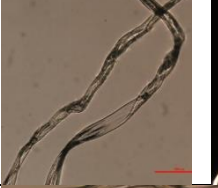
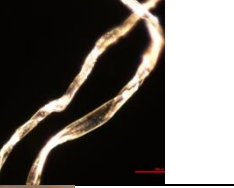
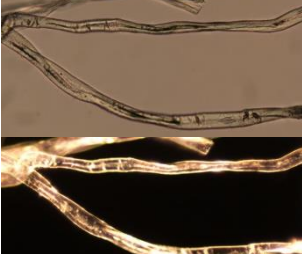


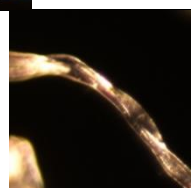
Maria Franzon 2017-03-06


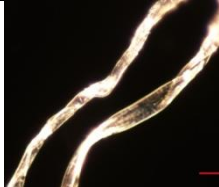
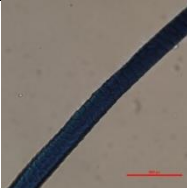
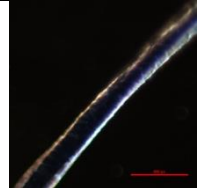

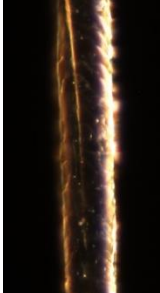





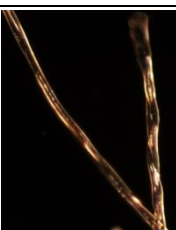

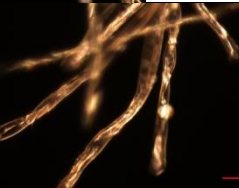
Bilaga 3 Fiberidentifikation

Fiberidentifikationen av de åtta proverna skedde med mikroskopering, utförd av författaren på Institutionen för Kulturvård vid Göteborgs universitet, Göteborg. Bilderna är tagna med en `Nikon DS-Fi2` mikroskopkamera i light field och dark field.

Tabell II Fiberidentifikation av prover ur `Grupp 2: Dummies`.

Prov	Del av prov	Mikroskop (x200) light field och dark field		Slutsats
Yb	rött			ull
	mörkgrönt			ull
	ljusbrunt			ull
	aida			bomull
Lb	rosa			lin
	grönt			lin

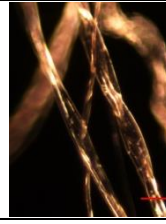
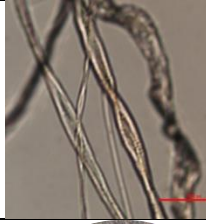
	väv			lin
VL	inslag			lin
	varp			lin
SS	varp/inslag 1			trolig. silke
	varp/inslag 2			trolig. silke
	vadd			bomull
BS	varp/inslag 1			bomull
	varp/inslag 2			bomull

	vadd			bomull
Yv	blått			ull
	grönt			ull
	varp			bomull
Bv	blått			bomull
	brunrött			bomull
	varp			bomull

x400

Me

fibertråd



bomull

metalltråd



metallan virat
runt fiberkärna

x35

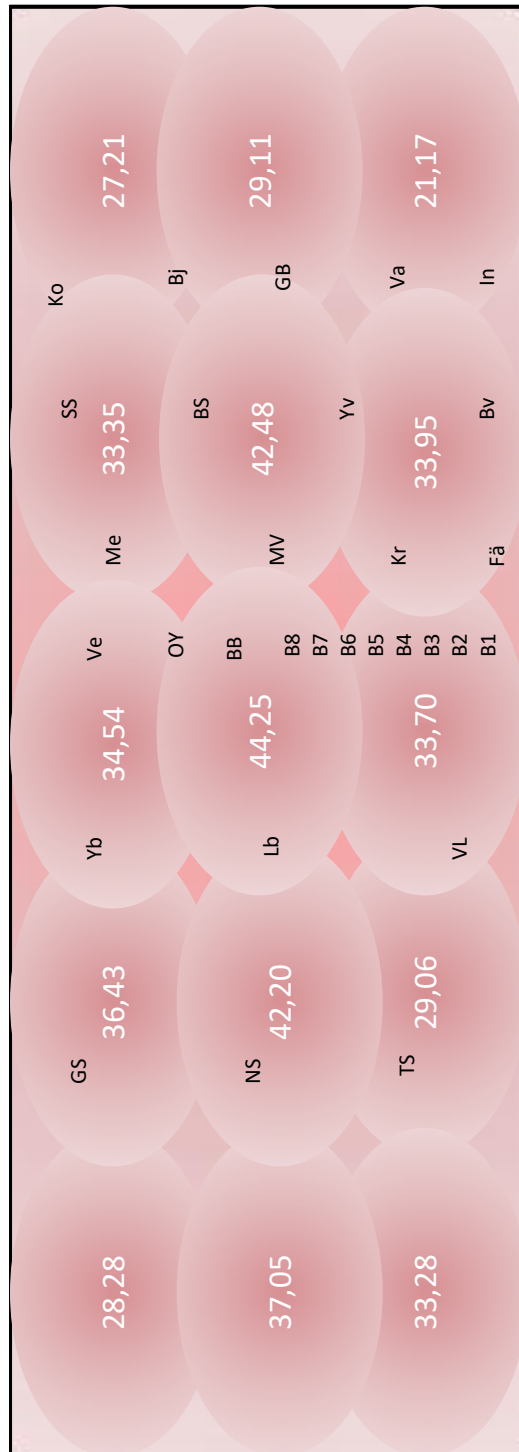
Bilaga 4 Information om använd ljuskälla i experiment

Tabell III Lampans egenskaper.

Företag	Feilo Sylvania Europe Ltd., New Heaven, UK
Namn	ToLEDo A30 V3
Typ	LED
Tillverkningsland	Kina
Energiklass	A ⁺
Storlek, inkl. sockel	H 109mm, Ø 60mm
”Ljusfärg”	Dagsljus
Ljustemperatur	6500K
Nätspänning	220-240V 50/60Hz
Elektisk ström	0,082A (82mA)
Energi/tidsenhet	11W
Ljusflöde	1150lm
Power factor	0,5
Färgåtergivningstal (Ra)	80
Livslängd	15 000h
Antal igångsättningar	50 000 ggr
Tid innan 100 % ljusstyrka	>1s
Sockel	E27
Dimbar	Nej
UV	UV STOP´

Bilaga 5 Irradians vid studiens prover under åldringsexperiment

Figur I nedan visar en figurativ bild av kartongen som proverna i denna studie låg på under åldringen av de samma. Siffrorna står för den irradiansen, mätt i W/m^2 , vid respektive punkter. Proverna representeras av sina två bokstavs koder och är utplacerade i bilden där de uppskattningsvis var placerade under åldringen.

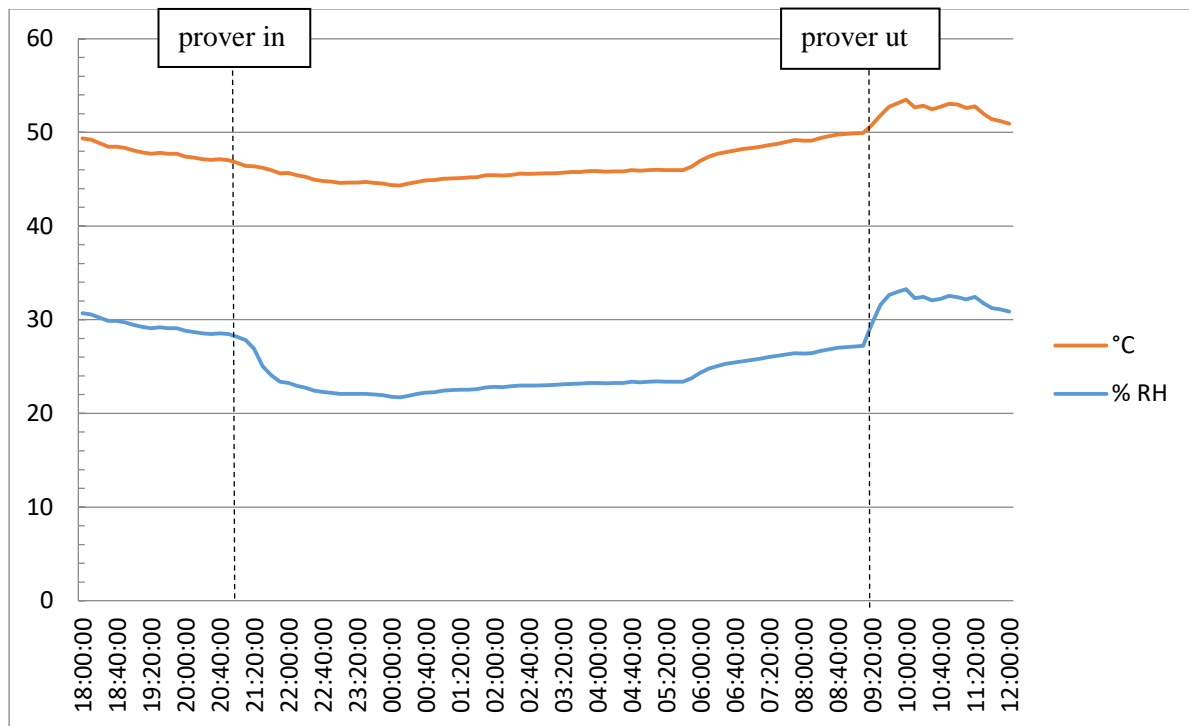


Figur I Irradiansen och provens ungefärliga placering vid åldring.

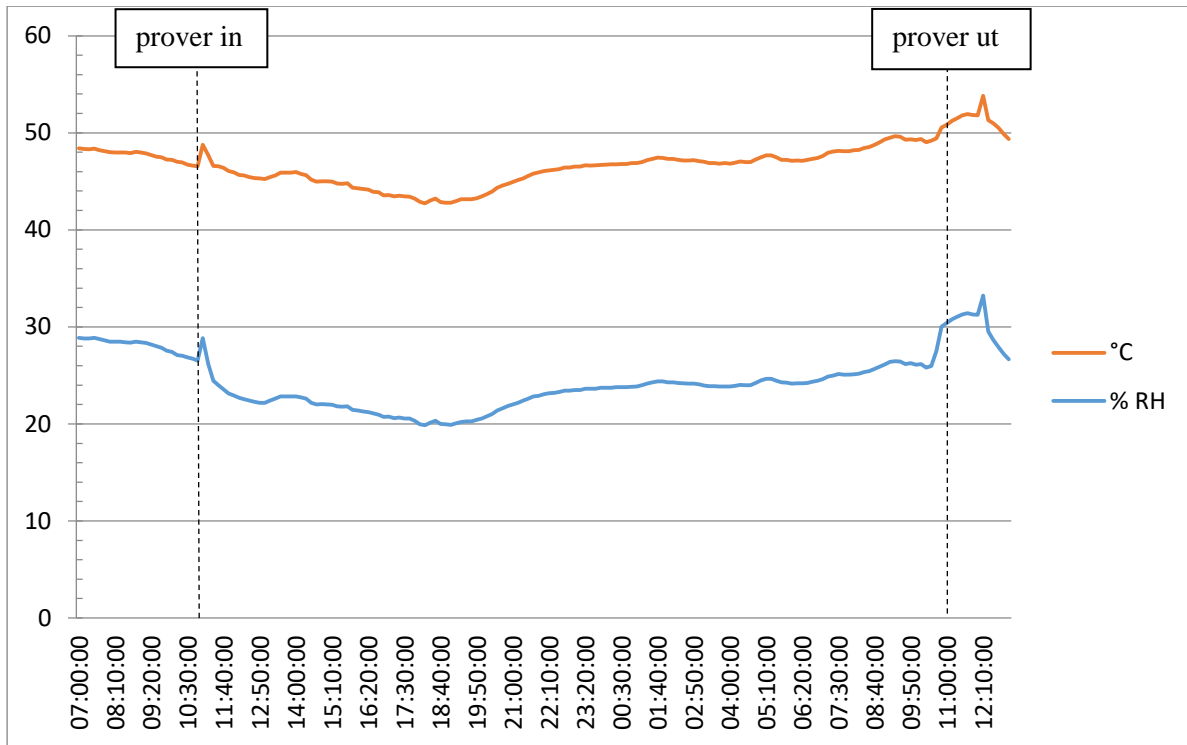
Bilaga 6 Klimat i ljusskåp

Åldringen i ljusskåp delades in i tre etapper då tanken från början var att presentera resultat av färgskillnad efter ett år, tre år och till sist efter fem år. Detta ändrades under arbetet med sammanställningen av resultaten så nu presenteras endast resultaten efter fem års simulerad åldrande. På grund av detta redogörs klimaten i ljusskåpet indelat under tre olika tillfällen, simulerande ett år sen två år till och till slut två år till. Åldringen mellan de två sista omgångarna skedde direkt efter varandra, men mellan första och andra omgångarna så var det ett uppehåll under ett dygn. Under detta dygn packades proverna in i aluminiumfolie för att inget ljus skulle belysa dem och påverka åldringen.

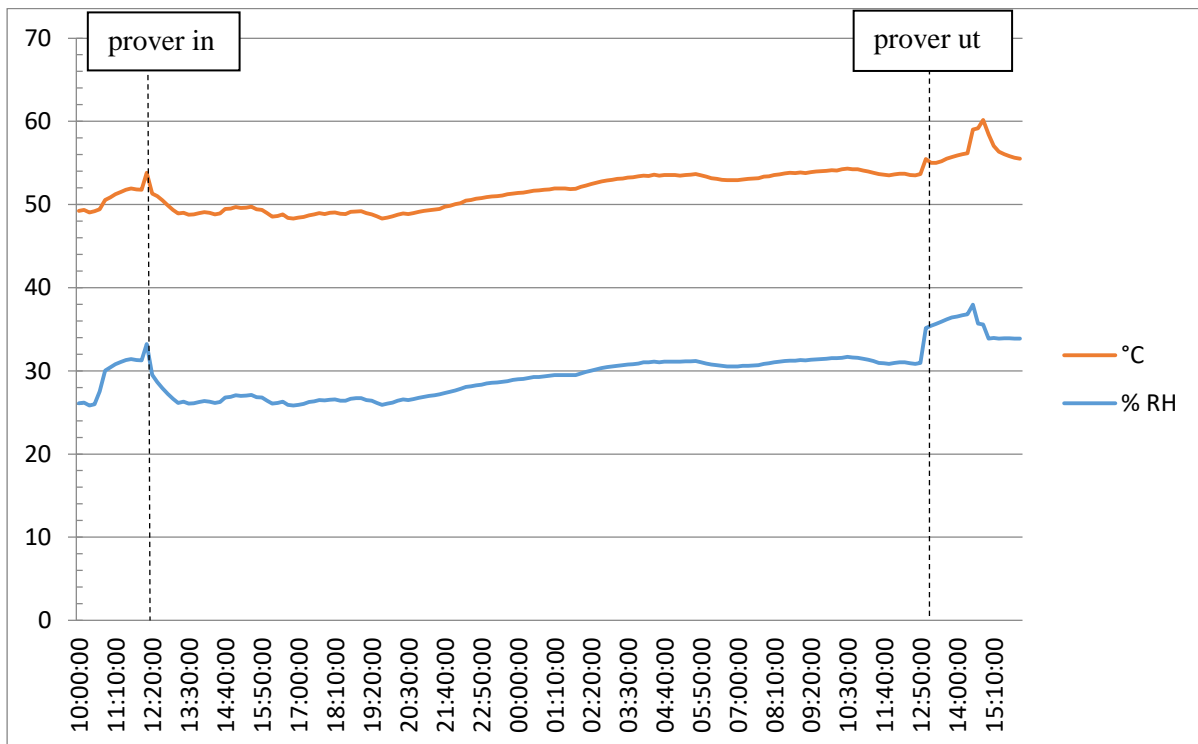
Åldrandet skedde på Institutionen för Kulturvård, Göteborgs universitet, Göteborg, under vecka 17 2017.



Figur II Klimat i ljusskåp under 12h = 1 års simulerad åldring, 21:00 24-04-2017 till 09:00 25-04-2017.



Figur III Klimat i ljusskåp under 24h = 2 års simulerad åldring, 11:00 26-04-2017 till 11:00 27-04-2017.



Figur IV Klimat i ljusskåp under 24h = 2 års simulerad åldring, 13:00 27-04-2017 till 13:00 28-04-2017.

Bilaga 7 Mätvärden och dess medelvärden mätningar med spektrodensitometer: åldring

Tabell IV Mätresultat innan åldring.

	Oår	L	L-medel	a	a-medel	b	b-medel
Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen	Kr	43,18	43,17	32,45	32,38	30,61	30,60
		43,27		32,30		30,70	
		43,07		32,38		30,50	
	Fä	31,97	31,86	34,39	34,22	14,09	13,94
		31,80		34,00		13,75	
		31,81		34,28		13,99	
	Ko	37,62	37,45	41,69	41,56	27,38	27,28
		37,66		41,72		27,41	
		37,07		41,28		27,05	
	Bj	59,69	59,61	1,83	1,79	46,05	46,01
59,63		1,76		45,99			
59,50		1,77		46,00			
GB	56,63	56,89	7,10	7,13	36,06	36,25	
	57,01		7,11		36,33		
	57,04		7,19		36,37		
Va	62,31	62,64	2,05	1,96	56,80	57,58	
	62,44		1,99		57,32		
	63,18		1,85		58,03		
Ve	33,18	33,28	-4,01	-4,00	-12,16	-12,36	
	33,55		-3,99		-12,46		
	33,10		-3,99		-12,46		
In	34,98	35,05	-14,45	-14,47	-19,07	-19,10	
	35,14		-14,60		-19,45		
	35,02		-14,35		-18,78		
BB	16,71	16,00	0,42	0,51	-5,66	-5,87	
	15,84		0,49		-6,03		
	15,46		0,63		-5,91		
OY	77,71	77,81	1,68	1,70	4,89	4,82	
	78,31		1,72		4,81		
	77,41		1,71		4,75		
Grupp 2: Dummies	Yv blått	11,46	11,23	-3,40	-3,26	-6,53	-6,64
		11,74		-3,48		-6,85	
		10,48		-2,90		-6,54	
	Yv gtönt	49,01	47,86	-3,39	-3,42	12,58	12,13
		46,88		-3,48		11,63	
		47,70		-3,39		12,18	
	Lb rosa	53,79	52,80	27,09	27,39	-0,50	-1,26
		51,97		27,84		-1,89	
		52,64		27,25		-1,40	
	Lb grönt	42,27	42,35	0,41	0,04	25,03	24,90
		42,11		0,27		24,63	
		42,67		-0,55		25,05	
	VL	86,97	87,12	1,46	1,48	-4,01	-3,93
		87,03		1,44		-3,84	
87,35		1,53		-3,94			
GS	19,73	19,47	-0,32	-0,34	-1,25	-1,25	
	19,27		-0,35		-1,23		
	19,41		-0,33		-1,16		
NS	47,56	43,27	43,01	43,34	29,61	30,30	
	47,11		43,55		30,66		
	47,15		43,44		30,64		
TS	23,57	24,42	9,01	9,89	4,28	4,72	
	23,82		9,19		4,44		

		25,87		11,47		5,45	
	SS	45,66 45,90 45,76	45,77	-8,79 -8,52 -8,78	-8,70	5,67 4,56 5,71	5,31
	BS rött	30,86 30,49 32,54	31,30	25,46 26,83 27,44	26,58	15,57 16,19 16,83	16,20
	BS vitt	67,08 67,24 67,15	67,16	2,77 2,85 2,77	2,80	17,27 17,32 17,19	17,26
	Yb rött	34,08 33,29 33,80	33,72	36,09 35,09 35,43	35,54	18,84 18,66 18,82	18,77
	Yb grönt	35,30 33,75 34,84	34,63	-6,16 -6,28 -6,40	-6,28	9,51 9,13 9,39	9,34
	Yb brunt	20,42 19,74 20,91	20,36	9,84 10,22 10,58	10,21	12,21 12,44 13,21	12,62
	Bv	38,27 38,36 38,13	38,25	30,80 30,80 31,79	31,13	16,83 16,92 17,54	17,10
	Me textil	44,95 42,35 45,07	44,12	6,56 6,32 6,59	6,49	18,47 17,70 18,47	18,21
	Me metall	46,06 43,03 45,07	44,72	4,02 4,52 3,97	4,17	21,85 20,29 21,41	21,18
	MV svart	28,26 28,37 28,58	28,40	-6,31 -6,04 -6,36	-6,24	7,37 7,21 7,20	7,26
	MV turkos	59,22 59,57 59,41	59,40	-14,03 -14,40 -14,36	-14,26	6,87 5,69 6,24	6,27
	MV grönt	63,86 63,42 62,29	63,19	-9,16 -10,25 -9,06	-9,49	17,01 18,11 17,02	17,38
Grupp 3: Blue Wool Standard	B1	43,25 43,15 42,71	43,04	-2,79 -2,75 -2,60	-2,71	-41,52 -41,27 -41,42	-41,40
	B2	44,95 45,31 45,11	45,12	-6,70 -6,78 -6,79	-6,76	-38,67 -39,04 -39,06	-38,92
	B3	41,20 41,10 41,14	41,15	3,50 3,46 3,47	3,48	-43,70 -43,69 -43,65	-43,68
	B4	37,90 38,07 38,17	38,05	-8,35 -8,42 -8,42	-8,40	-26,95 -26,87 -26,73	-26,85
	B5	32,15 32,41 32,39	32,32	4,19 5,06 5,07	4,77	-34,55 -35,24 -35,21	-35,00
	B6	33,01 33,14 33,13	33,09	-13,65 -13,73 -13,73	-13,70	-22,73 -22,86 -22,86	-22,67
	B7	32,41 32,20 32,42	32,34	-0,66 -0,62 -0,77	-0,68	-26,54 -26,75 -26,71	-26,67
	B8	32,08 32,58 32,65	32,44	-7,79 -7,89 -7,90	-7,86	-20,61 -20,63 -20,41	-20,55

Tabell V Mätresultat efter fem års simulerad åldring.

	Sår	L	L-medel	a	a-medel	b	b-medel
Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen	Kr	44,36 43,98 44,06	44,22	30,87 31,13 31,38	31,13	30,08 29,84 29,40	29,77
	Fä	34,24 33,78 33,83	33,95	31,11 32,33 31,97	31,80	13,20 13,44 13,22	13,29
	Ko	37,57 37,66 37,77	37,67	42,11 42,33 41,97	41,14	27,34 26,36 26,88	26,86
	Bj	57,01 57,45 57,97	57,48	2,67 2,57 2,54	2,59	40,77 40,89 41,40	41,02
	GB	55,25 55,45 55,19	55,30	7,33 7,41 7,21	7,32	32,25 32,58 32,27	32,37
	Va	61,76 62,65 62,21	62,21	3,33 3,38 3,42	3,38	54,94 55,29 55,35	55,19
	Ve	33,67 33,51 33,60	33,59	-4,28 -4,20 -4,30	-4,26	-13,82 -13,79 -13,76	-13,79
	In	35,07 35,92 35,23	35,41	-14,37 -14,68 -14,49	-14,51	-19,92 -20,23 -19,95	-20,03
	BB	15,33 15,17 15,12	15,21	0,45 0,59 0,61	0,55	-6,21 -6,30 -6,09	-6,20
	OY	78,90 78,63 79,10	78,88	2,11 2,15 2,12	2,13	0,61 0,58 0,71	0,63
Grupp 2: Dummies	Yv blått	12,87 12,48 11,60	12,32	-3,61 -3,53 -3,38	-3,51	-7,61 -7,54 -7,29	-7,48
	Yv grönt	50,82 51,58 50,34	50,91	-3,73 -3,62 -3,46	-3,60	11,68 12,04 11,56	11,76
	Lb rosa	52,66 53,61 53,65	53,31	26,86 27,62 27,33	27,27	-2,24 -2,16 -1,41	-1,94
	Lb grönt	44,27 42,99 42,76	43,34	-0,43 -1,27 -0,05	-0,58	25,08 25,74 25,48	25,43
	VL	85,65 85,69 85,56	85,63	2,40 2,28 2,27	2,32	-7,63 -7,49 -7,29	-7,47
	GS	19,48 19,65 19,65	19,59	-0,41 -0,37 -0,39	-0,39	-1,13 -1,26 -1,24	-1,21
	NS	46,99 47,14 47,44	47,19	43,26 43,30 43,47	43,34	29,45 29,41 29,79	29,55
	TS	24,76 24,21 25,53	24,83	10,38 9,84 11,02	10,41	5,02 4,66 5,37	5,02
	SS	44,46 45,72 45,32	45,17	-9,37 -8,94 -9,01	-9,11	5,43 5,05 5,04	5,17
	BS rött	31,51 32,48 30,30	31,43	28,76 27,89 26,28	27,64	17,26 17,11 15,28	16,55
	BS vitt	68,16 68,09 69,16	68,47	2,15 2,12 2,13	2,13	15,20 15,01 15,15	15,12
	Yb rött	30,20 31,71 29,28	30,40	30,93 32,64 31,31	31,63	16,10 17,25 16,35	16,57
	Yb grönt	31,90	30,28	-5,66	-5,66	7,69	8,32

		29,36 29,59		-5,56 -5,76		8,35 8,93	
	Yb brunt	19,44 20,21 19,49	19,71	9,84 10,17 9,93	9,98	12,30 12,72 12,26	12,43
	Bv	39,46 39,97 40,64	40,02	31,21 31,32 31,00	31,18	16,80 16,90 16,75	16,82
	Me textil	43,56 43,46 43,76	43,59	5,84 5,91 6,14	5,96	17,18 17,25 18,23	17,55
	Me metall	43,33 45,66 42,71	43,72	5,20 4,61 5,16	4,99	19,11 18,19 18,23	18,51
	MV svart	27,33 28,19 28,12	27,88	-5,53 -5,93 -6,14	-5,87	6,73 6,94 6,97	6,88
	MV turkos	58,97 58,50 58,47	58,65	-14,70 -13,75 -14,03	-14,16	5,39 6,25 6,63	6,09
	MV grönt	64,76 65,56 64,99	65,10	-8,89 -8,99 -9,81	-9,32	16,45 16,34 17,28	16,69
Grupp 3: Blue Wool Standard	B1	44,67 44,70 45,08	44,82	-8,34 -8,34 -8,47	-8,38	-26,21 -26,61 -26,72	-26,51
	B2	43,97 45,18 45,23	44,79	-6,03 -6,22 -6,23	-6,16	-34,22 -35,01 -34,75	-34,66
	B3	40,89 40,06 40,90	40,62	4,13 4,24 4,13	4,17	-43,33 -42,98 -43,22	-43,18
	B4	36,81 35,98 35,69	36,15	-7,84 -7,71 -7,65	-7,73	-25,74 -25,67 -25,37	-25,59
	B5	32,12 31,42 31,95	31,83	5,29 5,34 5,23	5,29	-34,97 -34,70 -34,76	-34,81
	B6	29,92 30,47 30,49	30,29	-12,87 -13,04 -13,07	-12,99	-21,72 -21,97 -21,91	-21,87
	B7	29,56 29,38 29,45	29,46	-0,24 -0,21 -0,21	-0,22	-25,60 -25,62 -25,63	-25,62
	B8	31,66 32,11 31,49	31,75	-7,20 -7,30 -7,16	-7,22	-21,30 -21,33 -21,16	-21,26

Bilaga 8 Mätvärden och dess medelvärden mätningar med spektrodensitometer: prover vänt 90° åt höger

Tabell VI Mätresultat i 90° vänt åt höger.

	90°	L	L-medel	a	a-medel	b	b-medel
	Yv blått	13,89 13,28 13,77	13,65	-3,95 -3,95 -3,63	-3,84	-8,02 -7,85 -7,81	-7,89
Yv grönt	46,27 45,29 43,68	45,08	-3,95 -3,34 -3,96	-3,75	9,22 9,97 8,10	9,10	
Lb rosa	54,44 58,46 59,36	57,45	25,40 24,20 24,00	24,53	-0,92 1,97 3,48	1,51	
Lb grönt	49,20 49,14 50,02	49,45	-0,90 -1,33 -1,49	1,24	27,81 24,79 29,08	27,23	
VL	86,39 87,24 87,84	87,16	2,12 2,02 2,08	2,07	-6,81 -6,36 -6,53	-6,57	
GS	16,62 16,97 16,81	16,80	0,00 0,04 0,01	0,02	-1,85 -1,86 -1,80	-1,84	
NS	46,15 45,21 45,66	45,67	42,98 42,98 43,25	43,07	28,96 28,86 29,44	29,09	
TS	23,24 25,93 24,53	24,57	6,44 9,72 8,19	8,12	3,13 4,87 4,27	4,09	
SS	50,77 51,21 51,27	51,08	-9,34 -9,21 -9,20	-9,25	6,28 5,90 6,12	6,10	
BS rött	27,68 26,11 25,47	26,42	15,23 16,55 16,39	16,06	10,52 10,46 10,08	10,35	
BS vitt	68,49 69,12 68,85	68,82	2,13 2,13 2,00	2,09	15,44 15,62 15,71	15,59	
Yb rött	34,42 34,38 34,31	34,37	35,53 36,11 35,38	35,67	19,22 19,13 18,50	18,95	
Yb grönt	32,40 30,91 31,97	31,76	-5,78 -5,65 -5,89	-5,77	8,40 7,77 9,07	8,41	
Yb brunt	22,34 19,82 21,27	21,14	10,56 9,62 10,14	10,11	13,49 12,20 13,22	12,97	
Bv	39,91 39,67 39,93	39,84	35,54 31,55 32,32	33,14	18,64 17,97 18,64	18,42	
Me textil	45,04 46,14 45,74	45,64	5,96 6,15 6,03	6,05	17,90 18,20 17,85	17,98	
Me metall	49,29 50,42 50,08	49,93	4,63 4,57 4,67	4,62	19,03 18,90 18,55	18,83	
MV svart	27,59 28,98 29,30	28,62	-5,31 -5,54 -5,87	-5,57	6,60 7,22 7,46	7,09	
MV turkost	58,90 60,01 59,16	59,36	-15,60 -14,02 -15,05	-14,89	7,65 7,07 6,92	7,21	
MV grönt	64,87 65,28 64,76	64,97	-9,85 -8,69 -8,79	-9,11	17,91 16,40 17,71	17,34	

Grupp 2: Dummies

Bilaga 9 CIE L* a* b*-värden mätningar för färgförändringar: åldring

Tabell VII CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för mätningar med spektrodensitometer.

Spektrodensitometer									
Prov (mät punkt)		L före	a före	b före	L 5år	a 5år	b 5år	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen	Kr	43,17	32,38	30,60	44,22	31,13	29,77	1,83	1,11
	Fä	31,86	34,22	13,94	33,95	31,80	13,29	3,26	1,94
	Ko	37,45	41,56	27,28	37,67	41,14	26,86	0,63	0,27
	Bj	59,61	1,79	46,01	57,48	2,59	41,02	5,48	2,65
	GB	56,89	7,13	36,25	55,30	7,32	32,37	4,20	2,21
	Va	62,64	1,96	57,58	62,21	3,38	55,19	2,81	1,26
	Ve	33,28	-4,00	-12,36	33,59	-4,26	-13,79	1,49	0,93
	In	35,05	-14,47	-19,10	35,41	-14,51	-20,03	1,00	0,72
	BB	16,00	0,51	-5,87	15,21	0,55	-6,20	0,86	0,59
	OY	77,81	1,70	4,82	78,88	2,13	0,63	4,35	3,99
Grupp 2: Dummies	Yv (blå)	11,23	-3,26	-6,64	12,32	-3,51	-7,48	1,40	0,96
	Yv (grön)	47,86	-3,42	12,13	50,91	-3,60	11,76	3,08	3,07
	Lb (rosa)	52,80	27,39	-1,26	53,31	27,27	-1,94	0,86	0,66
	Lb (grön)	42,35	0,04	24,90	43,34	-0,58	25,43	1,26	1,10
	VL	87,12	1,48	-3,93	85,63	2,32	-7,47	3,93	3,09
	GS	19,47	-0,34	-1,25	19,59	-0,39	-1,21	0,13	0,12
	NS	43,27	43,34	30,30	47,19	43,34	29,55	3,99	3,75
	TS	24,42	9,89	4,72	24,83	10,41	5,02	0,73	0,57
	SS	45,77	-8,70	5,31	45,17	-9,11	5,17	0,74	0,71
	BS (rött)	31,30	26,58	16,20	31,43	27,64	16,55	1,12	0,50
	BS (vitt)	67,16	2,80	17,26	68,47	2,13	15,12	2,60	1,72
	Yb (rött)	33,72	35,54	18,77	30,40	31,63	16,57	5,58	3,11
	Yb (grönt)	34,63	-6,28	9,34	30,28	-5,66	8,32	4,51	3,58
	Yb (brunt)	20,36	10,21	12,62	19,71	9,98	12,43	1,23	0,85
	Bv	38,25	31,13	17,10	40,02	31,18	16,82	1,79	1,55
	Me (textil)	44,12	6,49	18,21	43,59	5,96	17,55	1,00	0,75
	Me (metall)	44,72	4,17	21,18	43,72	4,99	18,51	2,97	2,12
	MV (svart)	28,40	-6,24	7,26	27,88	-5,87	6,88	0,74	0,59
MV (turkos)	59,40	-14,26	6,27	58,65	-14,16	6,09	0,78	0,68	
MV (grönt)	63,19	-9,49	17,38	65,10	-9,32	16,69	2,04	1,64	
Grupp 3: Blue Wool Standard	B1	43,04	-2,71	-41,40	44,82	-8,38	-26,51	16,03	4,97
	B2	45,12	-6,76	-38,92	44,79	-6,16	-34,66	4,31	1,58
	B3	41,15	3,48	-43,68	40,62	4,17	-43,18	1,00	0,82
	B4	38,05	-8,40	-26,85	36,15	-7,73	-25,59	2,38	1,76
	B5	32,32	4,77	-35,00	31,83	5,29	-34,81	0,74	0,61
	B6	33,09	-13,70	-22,82	30,29	-12,99	-21,87	3,04	2,28
	B7	32,34	-0,68	-26,67	29,46	-0,22	-25,62	3,10	2,39
	B8	32,44	-7,86	-20,55	31,75	-7,22	-21,26	1,18	0,86

Tabell VIII CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för mätningar med spektrofotometer i SCI-läge.

Spektrofotometer SCI									
Prov (mät punkt)		L före	a före	b före	L 5år	a 5år	b 5år	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen	Kr	49,54	29,71	21,84	52,86	24,08	15,96	8,79	4,76
	Fä	39,87	28,31	9,33	46,51	19,83	5,77	11,34	7,62
	Ko	39,40	44,96	29,81	48,00	27,88	12,79	25,60	12,05
	Bj	62,94	3,45	37,10	63,17	3,57	29,89	7,21	2,93
	GB	58,62	8,61	38,22	59,59	7,27	21,54	16,76	7,36
	Va	67,30	4,11	59,31	66,51	5,50	46,49	12,92	4,16
	Ve	35,02	-4,21	-12,96	42,26	-2,00	-11,36	7,74	6,77
	In	40,62	-11,99	-16,39	43,59	-9,50	-15,79	3,92	3,31
	BB	19,19	0,63	-5,81	34,35	0,76	-4,74	15,20	11,33
	OY	83,88	2,72	6,41	83,00	2,70	3,06	3,46	2,91
Grupp 2: Dummies	Yv (blå)	13,63	-2,92	-5,78	18,85	-1,64	-4,78	5,47	3,88
	Yv (grön)	37,28	-3,17	4,37	31,33	-3,10	4,52	5,95	4,85
	Lb (rosa)	58,15	24,10	2,57	58,57	22,01	1,92	2,23	1,23
	Lb (grön)	58,57	-0,38	16,84	57,74	-0,03	16,36	1,02	0,90
	VL	91,76	1,89	-4,70	89,37	2,20	-6,12	2,80	1,90
	GS	24,37	-0,10	-1,21	21,12	-0,11	-1,62	3,28	2,35
	NS	53,57	38,77	22,40	53,65	36,61	20,68	2,76	0,97
	TS	24,22	6,68	3,46	24,06	7,68	3,70	1,04	1,02
	SS	50,41	-9,38	5,99	53,81	-6,62	2,22	5,78	5,02
	BS (rött)	43,89	13,30	15,29	47,74	12,26	11,02	5,84	4,62
	BS (vitt)	69,50	2,97	17,23	69,53	2,58	15,84	1,44	0,86
	Yb (rött)	35,83	36,25	20,40	35,12	36,59	19,92	0,92	0,70
	Yb (mörkgrönt)	34,04	-5,62	7,76	33,64	-5,49	7,64	0,44	0,36
	Yb (brunt)	22,00	12,28	13,08	24,18	12,07	9,66	4,06	2,90
	Bv	59,78	16,36	11,02	58,71	12,21	8,99	4,74	3,21
	Me (textil)	44,21	6,34	18,98	45,85	5,22	14,15	5,22	3,21
	Me (metall)	43,52	4,39	18,30	44,05	4,58	17,16	1,27	0,90
	MV (svart)	29,58	-5,65	7,36	35,37	-4,08	5,31	6,34	5,10
MV (turkos)	63,50	-5,89	6,73	61,46	3,74	5,81	9,89	13,15	
MV (ljusgrönt)	65,57	-8,14	17,05	64,50	-9,53	17,79	1,90	1,46	
Grupp 3: Blue Wool Standard	B1	43,34	-3,87	-39,03	49,45	-6,65	-21,20	19,05	8,37
	B2	44,91	-6,70	-38,57	50,53	-4,31	-26,66	13,38	7,49
	B3	40,68	4,11	-45,02	43,51	3,54	-39,55	6,19	3,16
	B4	41,31	-6,51	-23,01	44,66	-5,07	-19,93	4,77	3,62
	B5	33,69	4,85	-33,51	38,41	3,15	-27,40	7,91	4,47
	B6	33,59	-13,47	-21,95	36,44	-10,48	-19,78	4,67	3,16
	B7	31,92	-0,60	-27,03	33,00	-0,43	-26,05	1,47	1,02
	B8	33,16	-6,04	-19,17	35,38	-5,72	-17,99	2,53	1,92

Tabell IX CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för mätningar med spektrofotometer i SCE-läge.

Spektrofotometer SCE									
Prov (mät punkt)		L före	a före	b före	L 5år	a 5år	b 5år	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Grupp 1: Ylleprover med kända färgämnen	Kr	49,41	29,69	21,83	50,99	25,12	17,18	6,71	3,12
	Fä	29,32	26,69	9,34	44,09	21,15	6,47	16,03	12,80
	Ko	39,38	44,88	29,81	45,83	29,38	14,08	23,01	10,08
	Bj	62,81	3,44	37,08	62,60	3,60	30,31	6,78	2,75
	GB	58,52	8,53	38,16	58,70	7,39	21,90	16,30	7,13
	Va	67,17	4,07	59,21	66,27	5,49	46,52	12,80	4,15
	Ve	34,85	-4,23	-13,05	42,06	-1,93	-11,37	7,75	6,77
	In	40,21	-12,12	-16,46	42,75	-9,69	-16,01	3,54	2,95
	BB	19,13	0,64	-5,81	33,22	0,83	-4,77	14,13	10,47
	OY	83,60	2,78	6,08	82,59	2,77	2,86	3,37	2,85
Grupp 2: Dummies	Yv (blå)	11,72	-3,48	-6,84	13,16	-2,41	-6,47	1,83	1,59
	Yv (grön)	36,05	-3,30	4,75	30,13	-3,17	4,68	5,92	4,76
	Lb (rosa)	57,81	24,10	2,57	57,77	22,24	1,93	1,97	1,05
	Lb (grön)	57,62	-0,42	17,27	55,77	-0,08	17,27	1,88	1,75
	VL	91,47	1,97	-5,07	88,27	2,32	-6,47	3,51	2,32
	GS	22,29	-0,13	-1,44	20,50	-0,12	-1,67	1,80	1,28
	NS	50,12	41,50	21,11	49,65	39,75	23,28	2,83	1,81
	TS	23,66	6,84	3,52	23,12	7,93	3,70	1,23	1,16
	SS	50,10	-9,38	6,50	53,13	-6,67	2,31	5,84	4,93
	BS (rött)	43,73	13,32	15,31	45,85	12,87	11,96	3,99	2,99
	BS (vitt)	67,74	3,01	17,76	69,27	2,58	15,87	2,47	1,64
	Yb (rött)	35,68	36,30	20,38	34,84	36,87	19,95	1,10	0,82
	Yb (mörkgrönt)	32,51	-5,58	8,22	31,74	-5,96	8,29	0,86	0,73
	Yb (brunt)	21,69	12,41	13,24	26,46	13,43	11,29	5,25	3,95
	Bv	56,20	16,48	11,05	57,83	12,32	9,07	4,89	3,40
	Me (textil)	44,12	6,35	18,99	45,07	5,33	14,76	4,45	2,61
	Me (metall)	43,35	4,39	18,35	43,66	4,62	17,79	0,68	0,55
	MV (svart)	29,29	-5,76	7,42	33,13	-4,47	5,85	4,34	3,46
MV (turkos)	61,50	-6,17	7,52	58,66	-3,99	6,44	3,74	3,48	
MV (ljusgrönt)	65,36	-8,12	17,12	64,42	-9,50	17,84	1,82	1,39	
Grupp 3: Blue Wool Standard	B1	43,05	-3,94	-35,10	44,30	-7,85	-23,24	12,55	4,55
	B2	44,78	-6,65	-38,17	43,42	-5,39	-30,66	7,74	3,20
	B3	40,64	4,09	-44,83	40,24	3,88	-41,96	2,91	1,07
	B4	39,69	-6,89	-24,16	36,37	-6,78	-23,53	3,38	2,86
	B5	33,13	4,94	-33,91	32,50	3,87	-31,52	2,69	0,81
	B6	33,19	-13,68	-22,20	32,77	-12,22	-21,76	1,58	1,00
	B7	31,03	-0,59	-26,99	31,69	-0,46	-26,93	0,68	0,53
	B8	32,50	-7,02	-19,59	31,57	-6,71	-19,64	0,98	0,79

Bilaga 10 CIE L* a* b*-värden mätningar för färgförändringar: prov vänt 90° åt höger

Tabell X CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för matningar på `Grupp 2: Dummies´ med spektrodensitometer.

Spektrodensitometer								
Prov (mätpunkt)	L 0°	a 0°	b 0°	L 90°	a 90°	b 90°	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Yv (blå)	12,32	-3,51	-7,48	13,65	-3,84	-7,89	1,43	0,97
Yv (grön)	50,91	-3,60	11,76	45,08	-3,75	9,10	6,41	6,07
Lb (rosa)	53,31	27,27	-1,94	57,45	24,53	1,51	5,98	4,66
Lb (grön)	43,34	-0,58	25,43	49,45	1,24	27,23	6,65	6,19
VL	85,63	2,32	-7,47	87,16	2,07	-6,57	1,79	1,23
GS	19,59	-0,39	-1,21	16,80	0,02	-1,84	2,89	2,08
NS	47,19	43,34	29,55	45,67	43,07	29,09	1,61	1,48
TS	24,83	10,41	5,02	24,57	8,12	4,09	2,49	1,92
SS	45,17	-9,11	5,17	51,08	-9,25	6,10	5,98	5,89
BS (rött)	31,43	27,64	16,55	26,42	16,06	10,35	14,06	7,47
BS (vitt)	68,47	2,13	15,12	68,82	2,09	15,59	0,59	0,40
Yb (rött)	30,40	31,63	16,57	34,37	35,67	18,95	3,14	3,61
Yb (mörkgrönt)	30,28	-5,66	8,32	31,76	-5,77	8,41	1,49	1,17
Yb (brunt)	19,71	9,98	12,43	21,14	10,11	12,97	1,53	1,06
Bv	40,02	31,18	16,82	39,84	33,14	18,42	2,80	1,01
Me (textil)	43,59	5,96	17,55	45,64	6,05	17,98	2,10	1,95
Me (metall)	43,72	4,99	18,51	49,93	4,62	18,83	0,53	0,52
MV (svart)	27,88	-5,87	6,88	28,62	-5,57	7,09	0,80	0,68
MV (turkos)	58,65	-14,16	6,09	59,36	-14,89	7,21	1,51	1,07
MV (ljusgrönt)	65,10	-9,32	16,69	64,97	-9,11	17,34	0,70	0,49

Tabell XI CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för matningar på `Grupp 2: Dummies´ med spektrofotometer i SCI-läge.

Spektrofotometer SCI								
Prov	L 0°	a 0°	b 0°	L 90°	a 90°	b 90°	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Yv (blå)	18,85	-1,64	-4,78	22,80	-1,80	-4,73	3,95	2,77
Yv (grön)	31,33	-3,10	4,52	42,03	-3,47	7,75	11,18	9,34
Lb (rosa)	58,57	22,01	1,92	63,55	12,46	4,73	11,13	8,12
Lb (grön)	57,74	-0,03	16,36	49,92	-1,10	25,38	11,99	8,91
VL	89,37	2,20	-6,12	90,27	2,35	-6,54	1,00	0,67
GS	21,12	-0,11	-1,62	17,35	-0,33	-1,67	3,78	2,61
NS	53,65	36,61	20,68	53,83	39,11	22,37	3,02	1,04
TS	24,06	7,68	3,70	30,37	2,90	0,04	8,72	7,61
SS	53,81	-6,62	2,22	55,31	-5,95	2,54	1,67	1,63
BS (rött)	47,74	12,26	11,02	42,33	7,72	7,23	8,02	6,68
BS (vitt)	69,53	2,58	15,84	70,03	2,51	13,02	2,86	1,78
Yb (rött)	35,12	36,59	19,92	38,33	27,00	12,57	12,50	5,52
Yb (mörkgrönt)	33,64	-5,49	7,64	32,94	-5,61	11,05	3,48	2,49
Yb (brunt)	24,18	12,07	9,66	25,06	10,27	11,96	3,05	2,84
Bv	58,71	12,21	8,99	54,30	17,33	9,71	6,80	5,55
Me (textil)	45,85	5,22	14,15	47,17	4,96	13,10	1,71	1,44
Me (metall)	44,05	4,58	17,16	49,48	3,46	11,13	8,19	6,47
MV (svart)	35,37	-4,08	5,31	34,60	-3,83	5,31	0,81	0,70
MV (turkos)	61,46	3,74	5,81	63,24	-1,97	6,06	5,99	8,13
MV (ljusgrönt)	64,50	-9,53	17,79	64,76	-6,50	13,92	4,92	3,10

Tabell XII CIE L* a* b*-värden och ΔE -värden för matningar på 'Grupp 2: Dummies' med spektrofotometer i SCEI-läge.

Spektrofotometer SCE								
Prov	L 0°	a 0°	b 0°	L 90°	a 90°	b 90°	ΔE^*_{ab}	ΔE_{00}
Yv (blå)	13,16	-2,41	-6,47	16,56	-2,66	-6,31	3,41	2,26
Yv (grön)	30,13	-3,17	4,68	4,40	-3,65	8,12	25,96	17,51
Lb (rosa)	57,77	22,24	1,93	60,68	13,19	5,19	10,05	7,09
Lb (grön)	55,77	-0,08	17,27	49,45	-1,13	25,60	10,51	7,57
VL	88,27	2,32	-6,47	89,22	2,48	-6,88	1,05	0,70
GS	20,50	-0,12	-1,67	17,28	-0,33	-1,64	3,23	2,22
NS	49,65	39,75	23,28	50,85	41,15	24,19	2,06	1,32
TS	23,12	7,93	3,70	23,56	3,83	0,13	5,45	5,18
SS	53,13	-6,67	2,31	54,48	-6,01	2,71	1,56	1,53
BS (rött)	45,85	12,87	11,96	36,52	9,19	9,32	10,37	8,93
BS (vitt)	69,27	2,58	15,87	68,43	2,59	13,66	2,36	1,51
Yb (rött)	34,84	36,87	19,95	36,06	28,73	12,57	11,05	4,60
Yb (mörkgrönt)	31,74	-5,96	8,29	31,36	-5,98	11,88	3,61	2,54
Yb (brunt)	26,46	13,43	11,29	24,74	10,37	12,17	3,62	3,26
Bv	57,83	12,32	9,07	53,64	17,49	9,87	6,70	5,44
Me (textil)	45,07	5,33	14,76	46,69	5,02	13,39	2,14	1,77
Me (metall)	43,66	4,62	17,79	43,93	4,04	14,02	3,82	2,23
MV (svart)	33,13	-4,47	5,85	31,59	-4,36	6,11	1,57	1,25
MV (turkos)	58,66	-3,99	6,44	58,20	-2,28	6,94	1,84	2,25
MV (ljusgrönt)	64,42	-9,50	17,84	64,00	-6,57	14,17	4,71	2,98