

# En jämförelsestudie av träprover som konserverats med olika metoder

Förändringar i färg, vikt och dimension



**Lina Bjurgard**

Uppsats för avläggande av filosofie kandidatexamen i  
Kulturvård, Konservatorprogrammet

15 hp

Institutionen för kulturvård  
Göteborgs universitet

2016:24



**En jämförelsestudie av träprover som konserverats med  
olika metoder**

Förändringar i färg, vikt och dimension

Lina Bjurgard

Handledare: Yvonne Fors

Kandidatuppsats, 15 hp  
Konserveringsprogram  
Lå 2015/16



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

[www.conservation.gu.se](http://www.conservation.gu.se)  
Ph +46 31 786 4700

Program in Integrated Conservation of Cultural Property  
Graduating thesis, BA/Sc, 2016

By: Lina Bjurgard  
Mentor: Yvonne Fors

A Comparative Study of Wood Samples Treated with Different Conservation Methods - Changes in Color, Weight and Dimensions.

#### ABSTRACT

This essay focuses on waterlogged wood that was conserved in the late 1980s. It was the group *Wet Organic Archaeological Materials* (WOAM) of the International Council of Museum committee for conservation (ICOM-CC) that wanted to compare various conservations methods around the world. Wood samples of different ages and degree of decomposition were sent to different conservation laboratories which performed their specific conservation method on the wood samples. They preserved wood in different polyethylene glycol (PEG) methods or with resin. Three examples of the wood: samples from Norway preserved in 20% PEG400 and 90% PEG4000, and samples from Japan preserved in 60% PEG with *tert*-butanol. The results of the conservation treatments were documented. This study aims to evaluate the results of the conservation treatments by measuring the changes in color, weight and dimension in the samples.

The color changes were measured with a Minolta Chroma colorimeter where delta E value is calculated to see how much the color of the samples has changed between 1992 and 2015. Comparing between the weight in 1989 and 2015 were made. Also a dimensional change was investigated.

The goal of this paper has been to examine the changes and determine which treatments in general rendered a good result for the conserved object. The results from the dimensional changes show that the wood samples (both hardwood and softwood) have shrunk with less than one percent since the end of the 1980s while the weight changes show variations of only two percent. Consequently, there were no significant changes in weight and dimension. At the last measurement in 2015, all wood samples showed a significant color change when compared to the reference samples except one. In contrast only five of the samples indicated a significant color change when compared to what each showed in 1992 with 2015.

Title in original language: En jämförelsestudie av träprover som konserverats med olika metoder - Förändringar i färg, vikt och dimension

Language of text: Swedish

Number of pages: 39

Keywords: Archaeological wood, wood conservation, polyethylene glycol, resin, WOAM, International Comparative Project

ISSN 1101-3303

ISRN GU/KUV—16/24--SE



## Förord

Mitt intresse för marinarkeologi och de varierande fynd vilka man kan hitta vid utforskningar kring denna typ av lämningar, har under utbildningstiden varit stort. Jag valde därför att fördjupa mina kunskaper inom detta gebit.

Jag vill framföra mitt tack till Vitenskapsmuseet i Trondheim (Norge) för att de har tagit emot mig och låtit mig få arbeta med deras material. Vill också tacka Jessica Nilsson, Göran Svensson, Emma Emanuelsson, Elin Arenhag, Mette Pedersen och Frida Sjöström.

Ett särskilt tack till min handledare Yvonne Fors som har hjälpt mig under uppsatsens framtagande.

Lina Bjurgard  
Göteborg november 2015





## Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b> .....	9
1.1 Bakgrund.....	9
1.2 Problemformulering.....	10
1.3 Frågeställningar .....	10
1.4 Syfte och målsättning .....	11
1.5 Metod och material .....	11
1.6 Avgränsningar.....	11
1.7 Tidigare studier.....	12
1.8 Källmaterial och källkritik.....	13
1.9 Etiska diskussioner .....	13
<b>2. Trämateriäl och konserveringsmetoder</b> .....	<b>14</b>
2.1 Träanatomi.....	14
2.1.1 Identifiering .....	15
2.2 Träets nedbrytning.....	15
2.3 Polyetylenglykol (PEG).....	16
2.4 Harts.....	16
2.5 Frystorkning.....	16
<b>3. Jämförelsestudie</b> .....	<b>17</b>
3.1 International comparative wood treatment study .....	17
3.2 Träprover .....	18
3.3 Konserveringsmetoder.....	19
3.4 Minolta Chroma colorimeter .....	20
3.4.1 Färgundersökning .....	21
3.5 Viktundersökning .....	23
3.6 Dimensionsundersökning .....	23
<b>4. Resultat</b> .....	<b>24</b>
4.1 Dimensionsförändringar .....	24
4.1.1 Norge .....	24
4.1.2 Japan .....	25
4.1.3 Övriga förändringar i dimension.....	25
4.2 Färgresultat .....	26
4.2.1 Norge .....	26
4.2.2 Japan .....	27
4.3 Viktförändringar .....	28
4.3.1 Norge .....	28
4.3.2 Japan .....	29
4.4 Övriga iakttagelser.....	29
4.4.1 Norgeproverna .....	29
4.4.2 Japanproverna .....	30
4.5 Sammanställning.....	30
<b>5. Sammanfattning och diskussion</b> .....	<b>32</b>
<b>Käll- och litteraturförteckning</b> .....	<b>36</b>
<b>Bilagor I-VI</b> .....	



# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

När ett föremål påträffas och sedermera lämnar sin omgivande miljö och utsätts för syre, ljus och andra destruktiva krafter ökar nedbrytningen av föremålet. Innan dess kan materialet ha utsätts för insektsangrepp eller mikroorganismer som på naturlig väg också bryter ner trämaterial. Till en början kan ett arkeologiskt föremål se intakt ut men efter en kort tid förändras materialet (Björdal 1999 & Pedeli et al. 2013). För att bevara föremål räcker det ibland med en preventiv konservering, vars syfte är att behålla ett föremåls kondition så att det inte uppkommer fler skador. Denna typ av konservering kan utföras genom försiktig hantering av föremål, dokumentering och en bra förvaring (Capel 2000). Eftersom trä är ett organisk och hygroskopiskt material är det känsligt för den relativa luftfuktigheten (RH-Relativ Humidity). Det kan påverka träet i alla riktningar genom att svälla eller krympa. Träet är också känsligt för ljus och temperatur då ljus kan ge värme som i sin tur torkar ut trämaterial. Det är därför viktigt att trämaterial förvaras i en stabil miljö (Björdal 1999; Mühlethaler 1973).

Redan under 1800-talet ökade intresset för historiska fynd och dåtidens arkeologer var väl medvetna om att det fanns behov av att kunna bevara vattendränk trä. För att undvika deformationsförändringar förstod arkeologerna tidigt att vattendränkt trä inte får torka ut innan föremålet blev konserverat. Efter att ha tillägnat sig information och kunskap av båtbyggare och möbelhantverkare började man konservera trä med linolja, kreasot och vax. Detta visade sig endast fungera tillfredställande på välbevarade fynd. Ytterligare en metod som började användas 1861 var alunmetoden som användes flitigt i nästan hundra år. Det visade sig dock efterhand att föremålen blev instabila och genomgick omfattande förändringar. Det kan tilläggas att det finns många föremål som än idag förvaras och är behandlade med alun och som trots det är stabila eftersom de har förvarats i ett kontrollerat klimat (Björdal 2000; Häggström et al. 2013; Unger et al. 2001).

För att kunna konservera arkeologiska träföremål bör konservatorer både ha konstnärlig och vetenskaplig kunskap för att ett tillfredställande resultat skall kunna uppnås. Det innebär kunskap om trämaterialens egenskaper samt olika metoder för konservering. Metodvalet bör baseras på föremålets kondition men också på hur föremålet kommer att förvaras. Konservatorer med denna konstnärliga skicklighet kan utöver bra konservering ge ytterligare en dimension, genom ett mer estetiskt tilltalande resultat (Barbour 1990).

Många tester har utförts på arkeologiskt vattendränkt trä. Bland annat gjordes 1987 studien "Comparative study for conservation of waterlogged wood" av *Wet organic archaeological materials* (WOAM) (Grattan 1989). Studien gick ut på att konservera varierande träprover med olika konserveringsmetoder, dock främst i polyetylenglykol (PEG). I den här studien

undersöks vilka förändringar som skett med proverna sedan 1987. Då dessa prover finns på NTNU Vitenskapsmuseet i Trondheim Norge utfördes undersökningarna som ligger till grund för denna uppsats där under mars månad 2015.

## 1.2 Problemformulering

På 1960-talet började PEG användas som konserveringsmetod för arkeologiskt trä. Regalskeppet Vasa var bland de första som konserverades med polyetylenglykol (PEG). Detta skedde mellan åren 1965 och 1979. PEG är än idag en av de mest använda behandlingsmetoderna för vattendränkt arkeologiskt trä (Sandström et al 2003). PEG-metoderna kan ske på olika sätt beroende på vilken molekylstorlek som används eller vilken koncentration lösningen har. Detta beror på materialet som ska konserveras (Hoffman 1985). Det finns både låg- och högmolekylär PEG som har olika för- och nackdelar. Av det skälet är det av intresse att se om de innebär skillnader i dimension, vikt och färg. Det finns också skillnader i vilken torkningsmetod som används. Materialet kan lufttorkas eller frystorkas vilket kan ge upphov till skillnader i resultatet. Under rubriken "Polyetylenglykol (PEG)" finns det mer att läsa om PEG och de olika PEG -metoderna.

Då museernas samlingar ständigt växer sig allt större lämnas en stor andel föremål obehandlade (Keene 2002). Museipersonal har kanske inte alltid den tid som behövs för att inventera i samlingarna. Det kan resultera i att museipersonal inte får en uppfattning vad som sker med föremålen efter en lång tid i förvaring. Orsaker till detta kan vara att museerna inte har några ekonomiska resurser för att till exempel anställa fler konservatorer för att utföra förebyggande konservering av föremål. Därför är det väsentligt att inventera och undersöka äldre konserverade föremål för att utvärdera vad som sker med material i magasin.

## 1.3 Frågeställningar

Uppsatsens inriktning är att redovisa resultat utifrån tidigare undersökningar samt att undersöka vilka förändringar som har skett i de träprover som användes i WOAM -studien (Grattan) från 1987. Nya mätningar görs 2015 från samma material. Hur har konserveringsmetoderna påverkat trämaterialiet genom åren sedan konservering skedde? Har metoderna resulterat i färg-, vikt- och dimensionsförändringar?

Fyra frågeställningar har valts ut som ska försöka besvaras i uppsatsen:

- Finns det några färgförändringar på materialet sedan 1992 och fram till 2015?
- Har det uppstått betydande viktförändringar sedan 1989 och fram till 2015?
- Har proverna fått dimensionsförändringar sedan 1989 och fram till 2015?
- Vilken/vilka behandlingsmetod(er) har gett minst/mest färg- vikt- och dimensionsskillnader under de senaste 30 åren?

Den sistnämnda frågan innebär inte att klargöra vilken metod som generellt är bäst eller sämst anpassad till arkeologiskt vattendränkt trä, utan syftar endast till att ta reda på vilka metoder som i just dessa fall gav minst respektive störst förändring.

#### **1.4 Syfte och målsättning**

Syftet med uppsatsen är att undersöka olika konserveringsmetoder som gett upphov till ett önskvärt resultat och inte avgöra vilken eller vilka metoder som generellt är bäst lämpad för konservering av vattendränkt arkeologiskt trä. Genom att dokumentera resultaten av förändringarna i färg-, vikt- och dimensionsförändringar kan konservatorer framgent jämföra samma prover med äldre dokumentationer, för att få en bredare förståelse för de olika konserveringsmetodernas effekter på materialet över tid.

#### **1.5 Metod och material**

Uppsatsen kommer att redovisa resultaten genom en kvantitativ undersökning där materialet består av vattendränkt arkeologiskt trä. I den ursprungliga studien från WOAM tog de emot arkeologiska träprover som sedan konserverades med olika metoder 1987. Delar av materialet kommer att undersökas på nytt och syftar till att räkna ut färgskillnader, viktskillnader och dimensionsskillnader mellan åren 1989, 1992 och 2015. För att räkna ut färgskillnader kommer Minolta Chroma colorimeter (6774K) att användas. För att undersöka hur mycket dimensionsförändring som har skett med proverna utplacerades rostfria stift på proverna i tangential, radial och longitudinell riktning, det vill säga träets olika riktningar. Dimensionsförändringar i form av krympning mättes med ett skjutmått samt en våg (modell Extend) för att räkna ut vikt med största möjliga noggrannhet.

#### **1.6 Avgränsningar**

I den ursprungliga jämförelsestudien (WOAM-studien) undersöktes och konserverades omkring ett hundratal träprover. Träproverna bestod av olika träslag med varierande nedbrytningsgrad som bedömdes efter resultatet med Umax. Denna uppsats kommer inte gå in närmare på hur man räknar ut nedbrytningsgraden med Umax. På grund av tidbegränsningen i denna studie undersöktes endast två träslag med olika nedbrytningsgrader innan konservering. Material från ett barr- och ett lövträd valdes eftersom de har olika egenskaper i träanatomien.

Dokumentationen från den ursprungliga studien om vikt- och dimensionsförändringar jämfördes med förändringarna från 2015. Ytterligare dokumentation fanns från 1990 och 2011 men studien begränsades genom att endast jämföra de ursprungliga resultaten med dem från 2015. Även om det inte har gått någon längre tid mellan 1989 och 1990 samt mellan 2011 och 2015 valdes det att ta med viktmätningarna från 1990 och 2011 som redovisas i bilaga VI. Redovisning av sprickbildning i materialet lades till och kan läsas under "övriga iakttagelser" samt i bilagorna I och II.

Det fanns också dokumentation om träprovernas vikt innan konservering (vattendränkt tillstånd) på samtliga prover från Norge (A23). Men hos de japanska proverna fanns vikten för det vattendränkta tillståndet på endast fyra av proverna. Tog beslutet att inte jämföra proverna i ett vattendränkt tillstånd med proverna efter konservering då det ansågs irrelevant eftersom det inte fanns dokument till samtliga prover. Däremot valdes att ändå nämna de uträkningar som fanns att tillgå i uppsatsen.

Angående färgförändringarna i  $L^* a^* b^*$ -systemet valdes att endast jämföra provernas mätvärden med sig själv från 1992 och 2015. Samtliga prover från 2015 jämfördes med referensprovet från 1992. Även här fanns det tidigare dokumenterade mätvärden från 2011. Värdena från 2011 finns i bilaga V men författaren har valt att inte jämföra resultaten från Minolta chroma meter.

## 1.7 Tidigare studier

Det finns mycket forskning rörande PEG-impregnering där man jämför material före och direkt efter konservering. Däremot är antalet publikationer med jämförande studier om vad som händer över tid på samma material mer begränsat.

När det tyska skeppet Bremen Cog konserverades användes PEG 1500 för impregnering av skeppet. Detta testades på några av skeppets bjälkar, men resultatet var inte tillfredställande då virket kändes både fuktigt och klibbigt. Istället fick man utveckla en ny metod vilket blev tvåstegsmetoden som innebar att de använde två olika PEG-molekyler, PEG 200 och PEG 3000. Skeppet förvarades initialt i en tank med PEG 200 för att sedan övergå till 70 % PEG 3000. Efter att skeppet fått torka blev färgresultatet en mörkbrun nyans. Man jämförde också krympningen på skrovet med ett liknande material som inte blivit behandlat. Krympningen från Bremen Cog varierade mellan 0 till 2,7 % där genomsnittet låg på 1,1 % i krympning. Detta jämfördes med det icke behandlade träet där genomsnittet låg på 14,5 % (Hoffman 2001).

Regalskeppet Vasa konserverades med PEG 600, 1500 och 4000. Olika sätt att räkna ut dimensionsförändringar undersöktes. I en metod placerades det tolv par rostfria stift 1965 på Vasas trämaterial med ett avstånd på 120 mm mellan stiften. Ett år senare mätte man avståndet för första gången och detta utförde man varje år. Mellan åren 1966 och 1974 uppstod den största krympningen som orsakades av att fuktkvoten sjönk från 80 % till 40 %, vilket resulterade i 4 % krympning. År 1975 ökades antalet stift på Vasa skeppet. Sammanlagt krympte materialet med 8 % mellan 1966 och 1992 (Håfors 2001).

## **1.8 Källmaterial och källkritik**

Jag har i den här studien arbetat med träproverna från Norge och Japan. Samtliga prover finns i Vitenskapsmuseet magasin. Uppsatsen grundar sig på WOAM- studien av David Grattan där han beskriver material, metod och resultat. Min studie gick ut på att jämföra resultaten som erhöles i slutet av 1980- och 1990-talet med proverna som undersöktes 2015. Information från konserveringsrapporter har erhållits men en del information finns även publicerat i *Conservation of Wet Wood and Metal*.

## **1.9 Etiska diskussioner**

Det kan diskuteras huruvida det är etiskt rätt att förstöra arkeologiskt material, då träproverna från WOAM sågades i bitar för att sedan testas gentemot olika konserveringsmetoder. Men eftersom det ger forskare en bättre bild av hur konserveringsmetoderna påverkar trämaterialiet kan det i sin tur ge andra föremål som ska konserveras en bättre möjlighet att få det bästa alternativet. Det är också viktigt att fortsätta undersöka de förändringar som uppstår gällande färg, vikt och dimension på WOAM- proverna för att få en bredare förståelse. Forskning på färgförändringar har inte gjorts på så många arkeologiska material. Av denna anledning är det av intresse att även färgförändringar undersöks och dokumenteras även om det inte har en större negativ påverkan på träet.

## 2. Trämateriäl och konserveringsmetoder

### 2.1 Träanatomi

Trä är ett organiskt materiäl som är sammansatt av flera grundämnen, däribland kol, väte, syre och kväve (Ternstedt 1976). Dessa grundämnen bildar organiska polymera föreningar som cellulosa, hemicellulosa, lignin och andra ämnen. Alla träslag består till cirka hälften av cellulosa, medan de övriga ämnena hemicellulosa och lignin kan variera (Björdal 1999; Unger et al. 2001).

Träproduktionen sker i kambiet, som finns mellan barken och splintveden, där det bildas årsringar (vår- och sommarved) beroende på säsong. Den tidigare vårveden har ofta tunnare cellvägg. Sommarveden har en tjockare cellvägg och växer senare på året (Björdal 2000; Core et al. 1979). Under våren blir cellerna ljusa och porösa medan sommarveden bildar en mörk ring som kan ses i ett tvärsnitt (Ternstedt 1976; Björdal 1999).

Cellerna i trä är sammansatta (träfibrer) och skapar ett system, longitudinellt och radiellt, vilket definierar cellernas riktning. Cellerna i longitudinell riktning längs trästammen går uppifrån och ner. I den radiella riktningen går cellerna från mörgen, stammens innersta punkt, till barken i vågrät riktning. Se figur 1 och 2 (Wiedenhoeft 2013).

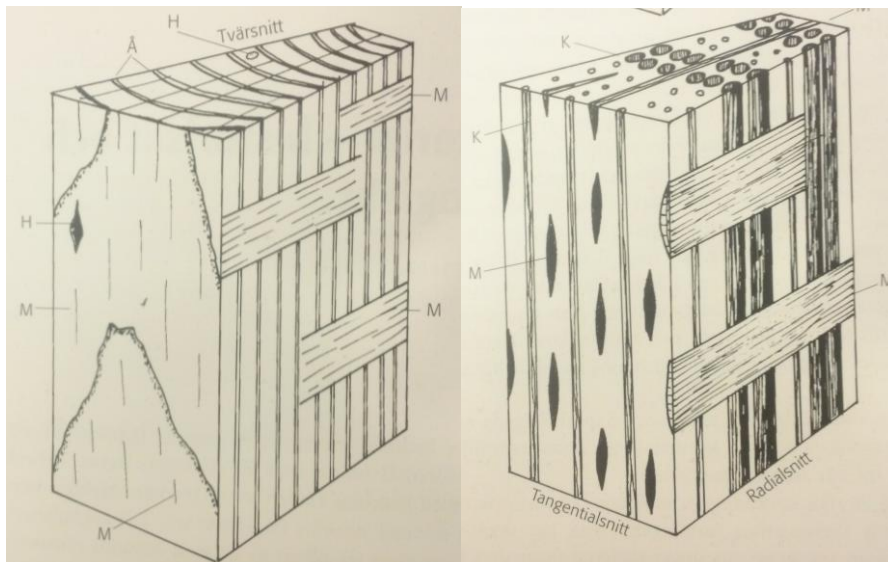
Det finns likheter mellan trägruppernas fysiska och mekaniska egenskaper genom att alla träd har cellväggar som har en lumen i mitten. Det är i lumen som vatten och näring transporteras. Mittlamellen består av bland annat lignin och finns mellan cellerna (fibrerna) som har till uppgift att limma ihop fibrerna med varandra (Björdal 1999; Fors 2008). Den aktiva delen i träveden kallas för splintved och det är här som vattnet transporteras från roten till bladen. Splintved och kärnved finns hos både barr- och lövträd och kan delas in i två zoner. Kärnveden är den som finns mitt i trädstammen. Denna omringas sedan av den ljusare splintveden som går ända ut till barken. I ett tvärsnitt kan man ofta urskilja delarna eftersom kärnveden är betydligt mörkare än splintveden (Wiedenhoeft 2013; Jones och Eaton 2006).

I denna uppsats behandlas två typer av trä, som kommer från barrträd respektive lövträd. I den engelska översättningen kallas barrträd *softwood* och lövträd *hardwood*. Det är värt att nämna att *softwood* inte nödvändigtvis innebär att träveden är mjuk eller att *hardwood* måste vara ett hårt träslag. Barrträd tillhör släktet gymnospermier som inte har några löv utan istället nålliknande barr, exempelvis gran som är grön året om. Lövträd är de som kommer från angiosperm och är träd som blommar, exempelvis ek, till skillnad från barrträd (Wiedenhoeft 2013; Core et al. 1979). Barrträd har en enklare struktur eftersom de består av färre celler i jämförelse med lövträd. Den största skillnaden är att lövträd har kärll medan barrträd har trakeider och hartskanaler. Det är trakeiderna (barrträd) och kärll (lövträd) som mestadels transporterar vattnet i trädet. Barrträd är ett homogent materiäl eftersom 90-95 % av träets volym består av trakeider. Lövträd som består av flera olika celler är däremot ett heterogent materiäl (Björdal 2000; Unger et al. 2001).



### 2.1.2 Identifiering

För att utföra en undersökning av träprover kan dessa skäras ut i tre riktningar, tvärsnitt, radiellt snitt och tangentiellt snitt. I ett tvärsnitt delas hela träprovet vågrätt mot fiberriktningen. Både radiellt- och tangentiellt snitt går parallellt med trästammen. Den radiella riktningen går från märgen ut till barken och det tangentiella riktningen går tvärs igenom träet utan att ta med märgen. Efter att ha skurit ut ett prov får man nu en tredimensionell struktur se fig 1 och 2 (Wiedenhoeft 2013).



**Figur 1) Bilden till vänster visar lövträd i träets tre olika riktningar Figur 2) Bilden till höger visar barrträd i träets tre olika riktningar. Skiss av Wivianne Bondesson (*Tidenstand: förebyggande konservering*)**

## 2.2 Träets nedbrytning

Nedbrytning av arkeologiskt trä kan ske på olika sätt. Vanliga orsaker till nedbrytning av trä är insekts-, svamp- och bakterieangrepp (Blanchette et al 1990). Det är inte åldern på ett föremål som bestämmer hur pass nedbrutet ett material är utan det beror främst på i vilken miljö det bevarats. Ofta påträffas arkeologiskt trä i syrefattiga miljöer eller i vattendränkta miljöer. Miljön påverkar hur stabilt materialet är. I vattendränkta miljöer kan trä utsättas för bland annat erosionsbakterier som bryter ner cellulosan och lämnar kvar ligninet. Man kan också hitta svampangrepp på marinarkeologiskt material som kan ha uppstått både innan och efter föremålet hamnade i en vattendränkt miljö. I vattendränkta miljöer med en högre salthalt kan det finnas skeppsmask som effektivt bryter ner träet och skapar tunnlar. Ytterligare skador kan komma från solljus (UV strålar) som kan starta kemiskt nedbrytande processer. (Björdal 1999; Unger et al. 2001; Berndt 2012).

### 2.3 Polyetylenglykol (PEG)

År 1859 framställdes polyetylenglykol (PEG) för första gången av den franska professorn Charles Adolph Wurtz (Håfors 1990). Det var först 1958 som Mo och Domsjö AB upptäckte att PEG kunde användas som konserveringsmetod för att behandla vattendränkt trä. Konserveringsmetoden började bland annat användas vid konservering av skeppet Vasa på 1960-talet (Almkvist & Persson 2008). PEG har formeln  $\text{HO}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n-\text{H}$  och är en syntetisk polymer som kan framställas i både låg- och hög molekylär PEG (Björdal 2000).

För att få bästa stabiliseringsresultat för ett arkeologiskt vattendränkt trä är det fördelaktigt att använda tvåstegsmetoden enligt Horie (1987). Detta innebär att två olika molekylvikter används, en lågmolekylär och en högmolekylär PEG. Det behövs en lågmolekylär PEG 200-400 för att ersätta vattnet i cellväggarna, något de större molekylerna inte kan. Högmolekylär PEG ska istället fylla ut tomrummen i trämaterialiet (Horie 1987). Vanligen används PEG 4000 eller PEG 1500 till mer välbevarade föremål (Hoffman 1985). Nackdelarna med PEG-impregnering är att det tar lång tid att konservera då trämaterialiet mörknar och blir betydligt tyngre än den ursprungliga vikten samt att materialet får en vaxartad yta (Björdal 1999). Fördelarna med PEG-metoderna är att den inte är skadlig för hälsan och inte heller alltför för dyr (Hoffman 1985).

PEG-behandling av vattendränkt arkeologiskt trä har med tiden visat sig medföra en del problem (Björdal 1999).

### 2.4 Harts

Impregnering med aceton/harts är ett annat alternativ som har använts för att bevara arkeologiskt trä. Metoden är inte lika utbredd som PEG-impregnering. Efter att föremål har konserverats med aceton/hartsimpregnering blir träföremålen relativt stabilt men färgen mörknar och träet blir hårt (Björdal 1999).

Harts är ett ämne som finns i levande träd och har använts i flera tusen år bland annat som lim men även som lack och fernissa. Det finns olika typer av hartser som har olika för- och nackdelar vid behandling av trä något denna studie dock inte kommer att gå närmare in på (Unger et al. 2001).

### 2.5 Frystorkning

Frystorkning började användas som en konserveringsmetod under 1970-talet. Detta innebär att man låter vattnet i materialet övergå till is för att sedan avdunsta (gasform) från materialet (Björdal 2000, Hower 1979). Konserveringsmetoden anses vara den bästa för vattendränkt arkeologiskt trä. För att bevara träets struktur och form måste vattnet som håller upp både cellväggen och lumen bytas ut mot exempelvis PEG (Babinski 2011). Skulle ett obehandlat nedbrutet arkeologisk trä torka ut kan det resultera i en irreversibel kollaps av cellväggen (Brinch, H 1994).

## 3. Jämförelsestudie

### 3.1 International comparative wood treatment study

År 1983 kom förslaget om en ny "jämförelsestudie" från David Grattan till *ICOM-CC Waterlogged Wood Working Group*. Jämförelsestudier hade utförts tidigare av begränsad omfattning inom området konserverat arkeologiskt material.

Syftet med den nya studien var att utveckla arbetssättet inom konservering och förbättra konserveringsmetoderna av vattendränkt arkeologiskt trä. För att få en bra överblick användes samma eller liknande träprover som delades upp i sektioner till den nya jämförelsestudien (Grattan 1989).

Syftet med Grattan studien var inte att komma fram vilken metod som är bra eller dålig utan syftet var:

"...to develop a common approach to the characterization of waterlogged wood and achieve a better understanding of the relative merits of different treatments. With laboratories in different countries involved it is to be hoped that it will also promote international cooperation and exchange of information" (Grattan, 1989).

Det kan vara svårt att förstå problem som uppkommer i ett enskilt laboratorium och av den anledningen valdes ett flertal laboratorier runt om i världen till att delta i studien. Kanada, Frankrike, England, Norge, Tyskland, Österrike, Japan, Holland och Australien valdes delta i studien. Sex av de deltagande laboratorierna delade även ut obehandlade träprover som skulle konserveras till samtliga tolv laboratorier för konservering/analys.

Tanken med studien var att dessa behandlingar skulle vara klara tills det åttonde mötet med ICOM-CC som hölls i Australien 1987. Proverna samt rapporterna skickades därefter till NTNU Vitenskapsmuseet i Trondheim för vidare förvaring. För att kunna få ett realistiskt resultat av alla proverna måste de genomgå samma process som de i konserveringslaboratorierna gör (Grattan 1989).

## 3.2 Träprover

Det fanns sju stycken träprover som bestod av olika träslag, nedbrytningsgrad och ålder, men eftersom vissa av träproverna inte gav tillräckligt med material för studien, användes liknande prover från samma plats och samma kondition. Proverna kom från sju olika laboratorier runt om i världen. Dessa träprover delades sedan upp i fjorton delar som skickades till olika laboratorier som deltog i undersökningen. Sammanlagt bestod proverna av cirka hundra delar. Laboratorierna som fick en låda med sju prover utförde sin specifika konserveringsmetod(er) för arkeologiskt vattendränkt trä. Nedbrytningsgraden på träproverna uppskattades genom Umax-mätningar. Efter konservering och dokumentering kodades proverna på varje laboratorium (Grattan1989). Samtliga prover förvaras i NTNU Vitenskapsmuseet magasin i ett klimat med en relativ luftfuktighet på 50-52 %.

Denna uppsats kommer endast inrikta sig på proverna från Norge (TND-A23) och Japan (Nara). För att läsaren ska få en överblick kommer samtliga prover presenteras i Tabell 1 med information från David Grattan. Tabellen tar upp träprovernas träslag, datering, Umax, samt var ifrån provet kommer. På följande sida, presenterades två av samtliga prover (A23) och (JAP) i figur 19 och 69 eftersom de är de enda som undersökts i den här studien.

<b>Tabell 1</b>						
<b>Träprov</b>	<b>Träslag</b>	<b>Daterat</b>	<b>Umax (%)</b>	<b>Spår av skeppsmask</b>	<b>Kommer från</b>	<b>Land</b>
TND (A23)	Gran	1200-1400	226-270, 235, 232-252	Nej	En kavlebro	Norge
Nara (JAP)	Kastanjeträ	100-100 e kr	160-511, 318, 582-741	Nej	Från ett dike nära en förhistorisk plats	Japan
SWTG	Lövträd	3200 f kr	899-1401	Nej	En kvalebro	UK
RIMP	Ek	Senmedeltiden	139-576	Ja	Skeppsvrak	Holland
WALJ	Jarrah	1872-1921	88	Ja	Brygga	Västa Australien
WADD	Ek	1851-1886	160-640	Nej	Skeppsvrak	Australien
CCI	Gran	1200 e kr	174-203	Nej	Från en eskimåplats	Kanada

**Tabell 1** Samtliga träprovers träslag, datering, Umax, spår av skeppsmask och proveniens. Endast TND A23 och Nara JAP undersöks i denna studie



Figur 3) Ett av de norska proverna som blivit konserverat med antingen PEG eller harts. Figur 4) Ett av de japanska proverna som blivit konserverat med antingen PEG eller harts.

### 3.3 Konserveringsmetoder

För att få konserveringsmetoderna att likna de vanliga metoderna som museerna använde fick proverna konserveras tillsammans med de andra träföremålen i museerna. Annars fick proverna konserveras med liknande förhållande som de andra föremålen som museerna konserverade (Grattan 1989).

I Norge (Trondheim) utfördes två olika konserveringsmetoder (Nor A och Nor B) där i metod A behandlades proverna A23/15 och JAP-5 med 20 % PEG400 frystorkad. Proverna A23/14 och JAP/4 behandlades med 90 % PEG4000 lufttorkad. Dessa metoder användes i Vitenskapsmuseets laboratorium. Ytterligare ett prov användes som referensmaterial (A23/18) eftersom den inte hade någon impregnering utan endast lufttorkades (Grattan 1989).

I Frankrike (Grenoble) valdes två konserveringsmetoder. Första metoden (FR-RAD) var att förvara proverna A23/6 och JAP/6 i ett acetonbad som byttes ut tre gånger. Därefter byttes acetonbadet ut till ett hartsbad som förnyades fyra gånger under fyra månader. Därefter härdades hartsen med gammastrålning (60 kobolt). Den andra metoden (FR-FD) varierades medan A23/7 behandlades med 20 % PEG400, JAP/7 behandlades med 10 % PEG400 samt 40 % PEG4000. Detta tillvägagångssätt valdes på grund av att Japanprovet var betydligt mer nedbrutet än provet från Norge. Både proverna frystorkades efter impregneringen (Grattan 1989 & Konserveringsrapporter från Frankrike).

Likartade metoder användes även i Kanada där två olika konserveringsmetoder prövades. Metod 1 (CCI-1) använde både 15 % PEG400 och 15 % PEG3350 (proverna A23/3 och JAP/3) som sedan frystorkades. I den andra metoden (CCI-2) konserverades proverna A23/2 och JAP/2 med 50 % PEG1450. Även dessa prover frystorkades efter behandling (Grattan 1989; Konserveringsrapporter från CCI-2).

Även i Kanada användes en hartsmetod (PARKS). Där användes 67 % harts och proverna A23/4 och JAP/11 fick dehydrera i aceton för att därefter lufttorka (Grattan 1989).

I England konserverades proverna (UK) A23/12 och JAP/13 först i 10 % PEG400 sedan i 15 % PEG4000. Därefter blev proverna frystorkade (Grattan 1989 & Konserveringsrapporter från England).

I det tyska laboratoriet användes flera olika metoder (G.W) varav proverna A23/1 och JAP/8 konserverades olika. A23/1 behandlades med 25 % PEG200 och JAP/8 behandlades med 70 % PEG3000, båda proverna lufttorkades (Grattan 1989).

Hos det japanska laboratoriet (Nara) behandlades träproverna A23/9 och JAP/1 med 60 % PEG4000 i t-butanol som sedan frystorkades (Grattan 1989 & Konserveringsrapporter från Japan).

Träproverna i Holland (NETH) behandlades A23/8 och JAP/9 med PEG 4000 tillsammans med 88 % isopropylalkohol. Skillnaden var att prov A23/8 behandlades med 50 % PEG och JAP/9 med 45 % PEG. Både proverna frystorkades efter impregneringen (Grattan 1989; Konserveringsrapporter från Holland).

I Österrike (AUS2) konserverades A23/11 med 15 % PEG400 som därefter frystorkades. JAP12 konserverades med 15 % PEG400. Tillskillnad från A23/11 fick det sistnämnda härda genom gammastrålning och en polyesterharts (Grattan 1989).

I Australien (W.AUS) konserverades båda proverna A23/10 och JAP 14 med 70 % PEG1500. Det finns dock en skillnad i behandlingstiden samt ökningen i koncentrationsbehandlingarna mellan proverna (Grattan 1989 samt Konserveringsrapporter).

Efter konservering skickades samtliga prover till Trondheim (NTNU Vitenskapsmuseet) som har förvarat proverna i sitt magasin för organiskt material med ett RH 47-52 % och en temperatur mellan 18-20 C° (Grattan 1989).

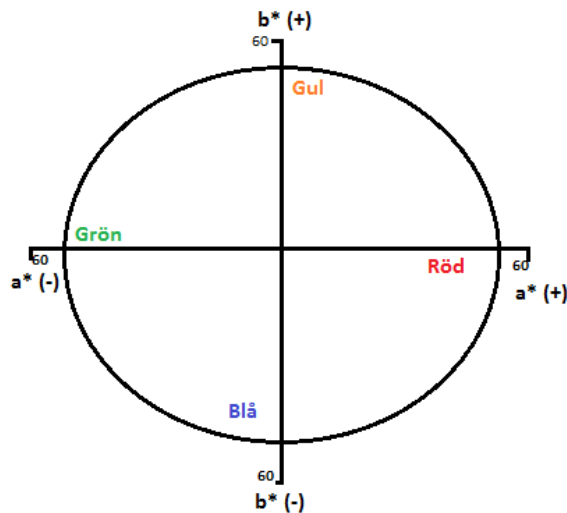
### **3.4 Minolta Chroma Colorimeter**

International Commission on Illumination är den engelska översättningen för Commission internationale de l'Éclairage (CIE). Denna grupp ansvarar för fotometri och kolorimetri. 1931 skapades CIELAB och CIELyX, som är ett färgsystem se figur 5. Genom att räkna ut ett värde på färgen kan man därefter beskriva vilken färg ett material har i siffror. Utrustningen som kan användas till detta ändamål är Minolta chroma-meter. Den mäter ett föremål tre gånger på samma plats med ett system kallat för L\* a\* b\*. Där  $\Delta L^*$  står för ljusstyrkan (0 = svart och 100 = vit).  $\Delta a^*$  mäter färgerna röd (+) till grön (-),  $\Delta b^*$  mäter färgerna gul (+) till blå (-) (se figur 3) (Soto-Martin 2014).

För att förklara ytterligare fick exempelvis prov A23/1 (1992) resultatet:  $\Delta L$  44,12,  $\Delta a$  +3,82,  $\Delta b$  +15,92 och 2015 fick samma prov resultatet:  $\Delta L$  42,86,  $\Delta a$  + 4,73  $\Delta b$  +16,54. Provet har i  $\Delta L$  gått något i den svarta riktningen.  $\Delta a$  gick från +3,82 till +4,73 vilket innebär att färgen blivit en aning rödare.

$\Delta b$  gick från +15,92 till +16,54 vilket innebär att provet har blivit lite gulare. Det är inte relevant att ge en detaljerad förklaringsmodell till detta komplicerade system utan endast den totala färgskillnaden ( $\Delta E^*$ ) kommer att redovisas. Men i bilaga IV finns resultatet redovisat. För att räkna ut den totala färgskillnaden användes ekvationen:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \text{ (http://sensing.konicaminolta.us)}$$



Figur 5 CIELAB's färgsystem

### 3.4.1 Färgundersökning

För att få ett säkrare resultat gjordes mätningar på referensproverna (lufttorkade proverna) tio gånger, varifrån ett medelvärde räknades ut. De övriga proverna mättes två gånger för att få ett medelvärde (se bilaga III och IV). Samma procedur utfördes i den ursprungliga studien.

Det är av stor vikt att referensproverna får ett noggrant mätt resultat (medelvärde) jämfört med de övriga eftersom referensproverna inte är behandlade med någon impregnering och de ska jämföras med de prover som är impregnerade. Resultatet av  $\Delta E^*_{ab}$  kommer att presenteras i Tabell 4 och 5. De prover som får ett  $\Delta E$  över 4 visar att det finns en stor färgskillnad (Rockliff, et al).



Figur 6) träprov som blivit markerad med en ring för att specificera var färgmätningen skedde.

Varje träprov är markerat med en ring på cirka 0,5 centimeter. Markeringen används så att mätningen sker på samma plats varje gång den mäts. Detta ger ett mer jämförbart resultat än om mätningen skulle ske på olika platser runt om provet. Efter mätningarna kommer resultatet att jämföras med resultatet från 1989 som finns dokumenterat i Vitenskapsmuseet. Nedanför redovisas hur uträkningarna för färgundersökningen har utförts:

Exempel A23/1:

(1992)  $\Delta L = 44,12$   $\Delta a = 3,82$   $\Delta b = 15,92$

(2015)  $\Delta L = 42,86$   $\Delta a = 4,73$   $\Delta b = 16,54$

**Steg 1**  $\Delta L$   $44,12 - 42,86 = 1,26$   $\Delta a$   $3,82 - 4,73 = -0,91$   $\Delta b$   $15,92 - 16,54 = -0,62$

**Steg 2**  $\Delta L$   $1,26^2 = 1,5876$   $\Delta a$   $-0,91^2 = 0,828$   $\Delta b$   $0,62^2 = 0,3844$

**Steg 3**  $1,5876 + 0,828 + 0,3844 = 2,8$

**Steg 4**  $\sqrt{2,8} = 1,674$

**Svar:**  $\Delta E_{ab^*} = 1,674$



### 3.5 Viktundersökning

Alla prover vägdes och jämfördes med den vikt respektive prov erhöll vid undersökningen efter konservering 1989 och med den viktanalys som gjordes 2015. Viktdokumentationerna från 1989 är tagna ur konserveringsrapporter från NTNU Vitenskapsmuseet. Samtliga prover från Norge finns vikten i vattendränkt tillstånd (innan konservering) dock finns endast ett fåtal dokument om Japanprovernas vikt innan konservering. Under rubriken "Resultat" finns resultatet i tabell 6 och 7 där procentskillnaden finns presenterad. För att räkna ut procentskillnaden i vikten användes följande ekvation:

Exempel A23/1: Efter konservering 1989 vägde provet 358,3 gram, 2015 vägde provet 341,1 gram

**Steg 1**  $358,3 - 341,1 = 17,2$  (differens i gram)

**Steg 2**  $17,2 / 358,3 = 0,04 \approx 4$

**Svar:** 4 % (viktförändring)

### 3.6 Dimensionsundersökning

Innan träproverna konserverades placerades permanenta stift på samtliga prover för att i framtiden kunna räkna ut hur mycket träbitarna har krympt eller svällt. Stiften placerades i tangentiell, longitudinell och radiell riktning. Avståndet mellan stiften mättes i millimeter med skjutmått. Uträkningarna dokumenterades och jämfördes med uträkningarna från 1989, 1990, 2011 och 2015. Åren 2011 och de senaste mätningarna har inte utförts på samtliga prover. 2015 mättes endast proverna från Norge och Japan. Som har nämnts tidigare i den här uppsatsen kommer endast skillnaderna mellan 1989 och 2015 att redovisas och jämföras. Resultatet kommer att visas i procentskillnad.

Uträkningen gjordes separat för varje tangentiell (T), radiell(R) och longitudinell (L).  
Exempel (A23/1): 1989 (T) = 57,1 millimeter som jämfördes med 2015 (T) = 56,8 millimeter

**Steg 1**  $T = 57,1 - 56,8 = 0,3$  (differensen i millimeter)

**Steg 2**  $0,3 / 57,1 = 0,00525 \approx 0,53$  % (dimensionsförändring)

**Svar:** Träprovet krympte 0,53 %

## 4. Resultat

### 4.1 Dimensionsförändringar

Resultatet av dimensionsförändringar kommer att redovisas i form av tabeller för båda träproverna. Resultatet visas i procent på hur mycket materialet har krympt eller svällt i de tre olika riktningarna, tangentiellt (T), radiellt (R) och longitudinellt (L). Tabell 2 och 3 har också markerats med K, S och X. K och S beskriver om materialet har krympt (K) eller svällt (S) i dimensionen. X-markeringen innebär att det inte finns någon information. Ett flertal rutor är markerade med ett frågetecken vilket innebär att resultatet är osäkert.

#### 4.1.1 Norge

Några av proverna från Norge uppvisar ingen skillnad utan har samma resultat båda studierna från 1989 och 2015. Resultatet visar att samtliga prover har krympt eller minskat med mindre än 1 %. Det är endast fyra prover som ligger över 1 % och samtliga större dimensionsförändringar uppstår i longitudinellriktning(L). Det finns också fyra prover som har samma resultat sedan 1989. Medelvärdet i den tangentiella riktningen låg dimensionsskillnaden på 0,42 %. I den radiella riktningen låg medelvärdet på 0,3 % medan i den longitudinella riktningen låg medelvärdet på 2,17 %.

<b>Tabell 2</b>	<b>Dimension förändring (%)</b>	<b>Dimension förändring (%)</b>	<b>Dimension förändring(%)</b>
<b>Norgeprover</b>	<b>T</b>	<b>R</b>	<b>L</b>
A23/1	0,53 K	0,56 K	0,00
A23/2	0,62 K	0,23 S	15,64 S
A23/3	0,00	0,18 K	0,24 K
A23/4	0,81 K	0,17 K	0,14 K
A23/5	X	X	X
A23/6	0,28 K	0,00	0,25 S
A23/7	0,26 S	?	0,12 K
A23/8	0,62 K	0,66 K	0,00
A23/9	X	X	X
A23/10	0,92 K	?	?
A23/11	0,00	0,20 S	0,25 S
A23/12	0,28 S	?	0,15 K
A23/13	X	X	X
A23/14	0,66 K	0,40 K	1,10 K
A23/15	0,13 S	?	2,00 K
A23/18	0,31 K	?	6,20 K

Tabell 2 visar proverna från Norge som antingen minskat eller ökat i dimensionen mellan åren 1989 och 2015. (K) och (S) står för om träet krympt eller svällt. (X) och (?) står för ingen information eller osäkert resultat.

### 4.1.2 Japan

Det finns två prover (JAP-4 och JAP-6) som fått samma resultat i några av riktningarna sedan 1989. Den största dimensionsförändringen har skett i den tangentiella riktningen (T). De flesta Japanproverna ligger dimensionsförändringarna under 1 % vilket innebär att det inte har skett några större förändringar i materialets dimension. Medelvärdet för dimensionsskillnaden i den tangentiella riktningen låg på 1,35 %. I den radiella riktningen låg medelvärdet på 4,5 % och den longitudinella riktningen låg medelvärdet på 2,8 %.

<b>Tabell 3</b>	<b>Dimension förändring(%)</b>	<b>Dimension förändring(%)</b>	<b>Dimension förändring (%)</b>
<b>Japanprover</b>	<b>T</b>	<b>R</b>	<b>L</b>
JAP-1	6,00 K	11,4 K	7,40 S
JAP-2	0,20 S	29,3 K (?)	1,90 K
JAP-3	X	X	X
JAP-4	0,00	0,00	0,75 K
JAP-5	0,30 K	1,30 S	0,17 K
JAP-6	0,20 K	?	0,00
JAP-7	0,20 K	X	0,15 S
JAP-8	0,80 K	0,63 K	0,62 K
JAP-9	0,20 K	0,33 K	0,17 K
JAP-11	1,10 K	0,70 K	0,36 S
JAP-12	1,30 K	0,51 K	20,5 S
JAP-13	4,40 K	0,16 K	0,38 K
JAP-14	1,50 K	0,83 K	0,90 K

Tabell 2 redovisar dimensionsförändringar hos Japanproverna i tre olika riktningar. (K) och (S) står för om träet och krympt eller svällt. (X) och (?) står för ingen information och osäkert resultat.

### 4.1.3 Övriga förändringar i dimension

Proverna från Norge som konserverades med olika konserveringsmetoder från varierande länder har fått ett blandat resultat. Några av proverna fick större sprickor medan andra prover fick betydligt mindre sprickbildning. Endast ett fåtal prover fick inga sprickor alls. De mest förekommande sprickbildningarna uppstod longitudinellt och radiellt. Ett fåtal prover fick sina sprickbildningar inne i årsringarna. Detta finns dokumenterat i bilaga I och II.

## 4.2 Färgresultat

I Tabellerna 4 och 5 visar resultatet från färgmätningen. I tabellerna redovisas endast proverna mellan åren 1992 och 2015 samt jämför resultaten mellan referensprovet från 1992 och samtliga prover från 2015 (se dokumentationsbilaga III och IV). I bilaga V finns resultatet från 2011 för både Norge- och Japanproverna.

I den mellersta kolumnen på Tabellerna (4 och 5) redovisas resultatet ( $\Delta E$  värdet) av färgskillnaden mellan samma prov (1992 och 2015). I tredje kolumnen redovisas resultatet ( $\Delta E$  värdet) av färgskillnaden mellan referensprovet och samtliga Norgeprover från 2015.

### 4.2.1 Norge

Den största färgskillnaden erhöles mellan referensprovet från 1992 och samtliga prover från 2015. Där alla prover utom A23/18 hade ett  $\Delta E$  värde över 4. De prov som fick den största färgskillnaden var A23/10 och A23/15 som hade ett  $\Delta E$  över 13 jämfört med referensprovet från 1992. Proverna som jämfördes med samma prov mellan 1992 och 2015 fick de flesta träprover ett  $\Delta E$  värde under 4. Minst färgförändring fick A23/1, A23/11 och A23/15 mellan samma prov jämfört med 1992 och 2015. Prov A23/4, A23/12 och A23/14 var de enda som fick ett  $\Delta E$  värde över 4 jämfört med samma prov mellan 1992 och 2015.

<b>Tabell 4</b>	<b><math>\Delta E^{*ab}</math></b>	<b><math>\Delta E^{*ab}</math></b>
<b>Norgeprover</b>	<b>Mellan 1992-2015</b>	<b>Referensprovet (1992) och SP-15</b>
<b>A23/18 (Referensprovet)</b>	3,4560	3,4560
<b>A23/1</b>	1,674	12,3564
<b>A23/2</b>	2,7865	8,8756
<b>A23/3</b>	2,7579	7,7415
<b>A23/4</b>	5,2775	9,3572
<b>A23/6</b>	2,8737	10,3940
<b>A23/7</b>	2,0211	12,0418
<b>A23/8</b>	2,1392	12,9202
<b>A23/9</b>	2,90	4,9337
<b>A23/10</b>	3,01	13,2833
<b>A23/11</b>	1,24	6,7435
<b>A23/12</b>	5,1020	7,1931
<b>A23/14</b>	9,8934	8,7151
<b>A23/15</b>	1,3266	13,5779

Tabell 4 resultat på  $\Delta E$  mellan proverna från 1992 och 2015 i den 2a kolumnen. I den 3e kolumnen  $\Delta E$  värdet mellan referensprovet från 1992 och samtliga prover (SP) från 2015

#### 4.2.2 Japan

De minsta färgförändringarna kom från proverna 1, 5, 8, 12 och 14 som jämfördes med de värden som erhöles på samma prov (1992 och 2015). Dessa prover hade ett  $\Delta E$  ab\* under 1. Två av proverna 7 och 13 fick ett  $\Delta E$  värde över 4 jämfört med de värden som erhöles på samma prover (1992 och 2015). Resultatet jämfört med referensprovet fick JAP-1 det största värdet på över 15. Dock fick samtliga prover ett  $\Delta E$  värde över 4 jämfört med referensprovet samt att fem prover hade även ett  $\Delta E$  värde på över 10.

<b>Tabell 5</b>		
<b>Japanprover</b>	<b><math>\Delta E</math>*ab Mellan 1992-2015</b>	<b><math>\Delta E</math>*ab Referensprovet (1992) och SP-15</b>
JAP-1	0,254	15,679
JAP-2	2,358	6,912
JAP-3	1,461	4,52
JAP-4	2,281	9,202
JAP-5	0,442	6,69
JAP-6	3,94	12,306
JAP-7	5,24	10,14
JAP-8	0,774	11,447
JAP-9	1,194	4,359
JAP-11	2,731	4,612
JAP-12	0,413	4,843
JAP-13	5,902	12,4
JAP-14	0,8	8,982

Tabell 5 resultatet för  $\Delta E$  mellan proverna från 1992 och 2015 i kolumn 2. I kolumn 3 återfinns  $\Delta E$  värdet mellan referensprovet från 1992 och samtliga prover (SP) från 2015

### 4.3 Viktförändringar

Tabell 6 och 7 visar viktskillnaden i procent mellan 1989 och 2015. Har i tabellerna lagt till vikten i vattendränkt tillstånd (innan konservering). Dock fanns inte samtliga resultat att tillgå men valt att ändå ta med vikten innan konservering. Kommer dock inte att utföra några uträkningar mellan vikten innan konservering med vikten efterkonservering. I tabellen kan det markerats med ett X vilket innebär att provet inte fanns närvarande eller att ingen information om tidigare resultat finns tillgängligt.

#### 4.3.1 Norge

I materialet från Norge visar ett flertal prover en viktminskning som är mycket låg. Den största skillnaden är 5 % i viktminskning och detta kom från prov A23/1. Den minsta viktförändringen kom från proverna 6 och 10 som endast har 1 % i viktskillnad. Generellt låg viktminskningen på två procent hos proverna från Norge. Något som är nämnvärt är att flera av proverna minskade i stor vikt innan konservering (vattendränkt tillstånd) jämfört med efter konservering.

<b>Tabell 6</b> Norgeprover	<b>Innan konservering</b>	<b>Efter konservering 1989</b>	<b>2015 (gram)</b>	<b>Viktminskning i Procent</b>
A23/1	1 025 g	358,3 g	341,1	5 %
A23/2	1 004,4 g	631,5 g	616,2	2 %
A23/3	995,0 g	X	472,2	X
A23/4	1 034,6 g	650,9 g	639,5	2 %
A23/5	1 025,0 g	X	X	X
A23/6	1 066,5 g	1082 g	1 069,7	1 %
A23/7	1 122,0 g	542,4 g	529,8	2 %
A23/8	1 034,0 g	624,6 g	613,8	2 %
A23/9	1 143,0 g	662,6 g	644,9	3 %
A23/10	1 136,5 g	858,1 g	851,3	1 %
A23/11	1 166,5 g	525,0 g	510,5	3 %
A23/12	1 137,5 g	492,4 g	480,5	2 %
A23/14	1 154,5 g	1 051,7 g	1 031,2	2 %
A23/15	1 274,0 g	565,3 g	554,2	2 %
A23/18	1 231,0 g	432,6 g	422,9	2 %

**Tabell 6 visar viktminskning i procent mellan 1989 och 2015 samt vikten innan konservering**

### 4.3.2 Japan

Samtliga prover från Japan har minskat i vikt. Den största procentminskningen var 4 % och kom från fyra av proverna (JAP 1, 3, 5 och 8). Vanligaste viktförändringen var 2 % som också var också det lägsta resultatet. JAP 11 var det enda provet som minskade med 3 % medan de övriga proverna minskade med 2 %.

<b>Tabell7 Japanprover</b>	<b>Innan konservering (vattendränk tillstånd)</b>	<b>Efter konservering 1989</b>	<b>2015</b>	<b>Vikminskning i procent</b>
JAP 1	X	528,3 g	506,4 g	4 %
JAP 2	X	622,6 g	611,4 g	2 %
JAP 3	X	492,8 g	473,3 g	4 %
JAP 4	1 007,6 g	850,5 g	836,3 g	2 %
JAP 5	1 185,2 g	433,3 g	417,3 g	4 %
JAP 6	X	860,2 g	845,0 g	2 %
JAP 7	X	544,5 g	532,5 g	2 %
JAP 8	X	420,0 g	401,4 g	4 %
JAP 9	X	595,0 g	581,2 g	2 %
JAP 11	X	613,8 g	596,4 g	3 %
JAP 12	X	879,1 g	856,7 g	2 %
JAP 13	1 423,8 g	746,2 g	732,0 g	2 %
JAP 14	1 286,0 g	953,4 g	936,1 g	2 %

Tabell 7 visar viktnedgången i procent mellan 1989 och 2015 och vikten i vattendränk tillstånd

## 4.4 Övriga iakttagelser

### 4.4.1 Norgeproverna

Efter det att proverna hade konserverats 1987 noterades att proverna 6, 8 och 18 hade fått störst sprickbildning. Det lufttorkade provet (referensprovet) A23/18 hade fått en spricka redan under torkning. Det kunde dock inte avgöras om sprickan hade vidgat sig ytterligare under åren 1987-2015. Även träprov A23/6 hade en stor spricka dock fanns det ingen efterbild av konserveringen från 1987 (se dokumentationsbilaga I). Av den anledningen går det därför inte att avgöra när sprickan uppstod. Samma sak gäller prov A23/8 som har en spricka som är 3 millimeter bredd. Sprickan går i radiell och longitudinell riktning. Det kan inte tydas på bilden från 1987 om sprickan uppstod under konservering eller om det är senare skada.

Övriga iakttagelser gjordes på fyra av träproverna A23: 1, 7, 11 och 15 som alla hade en mjuk och fuktig yta. Det kan komma att bli ett problem eftersom smuts och damm lätt kan fastna på ytan. Samtliga fyra prover hade inga större sprickbildningar.

Tre av träproverna A23: 2, 3 och 10 har ett överflöd av PEG-molekyler som troligen uppkom redan efter konservering från 1987. Överflödet av PEG-molekylerna kan ses framförallt på provernas tvärsnitt. I A23/2 har överflödet av PEG molekylerna endast hamnat på tvärsnittsytan. Den perifera yttre avgränsningen av provet känns fetaktig och samma sak gäller träprovet A23/3. Däremot på provet A23/10 känns ytan torr. På proverna A23: 4 och 9 finns det några mindre anmärkningar. Träprov A23/4 är något mörkare och träprov A23/9 är något ljusare. Båda proverna har även en smal spricka.

#### **4.4.2 Japanproverna**

Proverna från Japan hade redan innan konservering sprickbildningar runt trästammen och ytterligare sprickor tillkom efter konservering. Det uppstod också sprickbildningar inne vid kärnan på vissa av proverna. JAP: 2, 6, 9 och 11 är de som fick störst sprickor. JAP 11 har den största sprickan därefter kommer JAP 9. Andra observationer är att JAP 12 och JAP 13 har fått sprickor bland annat i kärnan. JAP 13 har dessutom fått flera mindre sprickor.

Det fanns flera prover (JAP 1, 5, 7 och 8) som delade sig i flera segment efter konservering. JAP 1 och 5 hade delat sig i tre delar redan direkt efter konserveringen medan JAP 7 delade sig i fem delar. Dock har hartsen migrerat ut på brottytan mellan några av delarna (se figur 74 i dokumentationsbilaga II). Även JAP 8 delade sig och består nu av två delar. Eftersom det inte finns före/efter bild från 1987 framkommer det inte om delarna har varit sammansatta innan konservering.

Andra observationer som gjordes var att JAP: 1, 3, 5, 11 och 13 smular sig vid hantering av provet. Proverna: 3, 4 och 8 hade en yta som kändes både fetaktig och fuktig. Prov 8 var något mindre påverkad jämfört med de andra nämnda. I ett av proverna (JAP 3) fanns det ljusa fläckar som kan vara ett överflöd av PEG eller PEG-molekyler som migrerat ut i efterhand.

#### **4.4.3 Sammanställning**

På följande sida sammanfattas resultaten i tabell 8 och 9 för att läsaren ska få en överblick på materialets förändringar. Resultatet sammanfattar enbart de prover som har fått en mindre eller en större förändring i färg, dimension och vikt.

I tabellens andra kolumn är den markerad med (SP 92-15) som innebär att samma prov (SP) har  $\Delta E$  värdet mätts ut under två olika tidpunkter för att sedan jämföra färgskillnaden. Den tredje kolumnen är markerad med (RP-ÖP) som innebär att referensprovet (RP) från 1992 och övriga prover (ÖP) från 2015 har mätts i  $\Delta E$  och sedan jämfört färgskillnaden. I färgförändringar står (S) för de prover som har ett  $\Delta E$  värde över 4 medan (L) står för ett  $\Delta E$  värde under 1. I kolumnen för viktförändringarna står (S) med en förändring på över 4 % och (L) står för de prover som endast hade en förändring på 1 %. I dimensionsförändringsspaltarna står (S) för en större förändring på över 5 % och (L) står för en mindre förändring på under 1 %.



**Tabell 8 Färgförändring Vikt Dimensionsförändring**

SP 92- RP-ÖP

Prov	15	15		T	R	L
A23/1		S	S	L	L	L
A23/2		S		L	L	S
A23/3		S		L	L	L
A23/4	S	S		L	L	L
A23/6		S	L	L	L	L
A23/7		S		L		L
A23/8		S		L	L	L
A23/9		S				
A23/10		S	L	L		
A23/11		S		L	L	L
A23/12	S	S		L		L
A23/14	S	S		L	L	
A23/15		S		L		
A23/18				L		S

**Tabell**

**9 Färgförändring Vikt Dimensionsförändringar**

SP 92- RP-ÖP

Prov	15	15		T	R	L
JAP-1	L	S	S	S	S	S
JAP-2		S		L	S	
JAP-3		S	S			
JAP-4		S		L	L	L
JAP-5	L	S	S	L		L
JAP-6		S		L		L
JAP-7	S	S		L		L
JAP-8	L	S	S	L	L	L
JAP-9		S		L	L	L
JAP10		S				
JAP11		S			L	L
JAP12	L	S			L	S
JAP13	S	S			L	L
JAP14	L	S			L	L

Tabell 8 & 9. (SP 92-15) innebär att  $\Delta E$  värdet mätts ut på samma prov under två olika tidpunkter. (RP-ÖP) innebär att  $\Delta E$  mätts ut mellan referensprovet och övriga prover. I den fjärde kolumnen finns vikten presenterad och de tre sista kolumnerna presenterar de olika riktningar på dimensionen. (L) för en mindre förändring än de övriga proverna och (S) står för en större förändring jämfört med de övriga proverna.

## 5. Sammanfattning och diskussion

Syftet med uppsatsen var att undersöka olika konserveringsmetoder som gett upphov till ett önskvärt resultat och inte avgöra vilken eller vilka metoder som generellt är bäst lämpad för konservering av vattendränkt arkeologiskt trä. Efter studien sparas alla uträkningar om provernas förändringar. Detta möjliggör framtida studier på samma prover på ett likartat tillvägagångssätt. Detta kan medverka till att öka förståelsen för olika konserveringsmetoder och deras inverkan på arkeologiskt trämaterial. Generellt har studien visat att det inte finns några större övergripande förändringar inom vikt och dimension. Däremot finns det en betydande färgförändring. För att läsaren skulle få en bättre överblick samlades all resultat i Tabell 8 och 9. Dessa tabeller beskriver vilka prover som fått en större eller mindre förändring. Inte vilka prover som har en stor eller liten förändring, exempelvis A23/1 har vikten en större förändring jämfört med de övriga proverna men har endast fått en viktförändring på 5 %, vilket inte är en stor förändring.

### Färg

Den största färgskillnaden kom från de icke impregnerade referensproverna som fick lufttorka och därefter jämfördes med de övriga proverna (se Tabell 8 och 9). Däremot fick tre av de norska träproverna och två av de japanska träproverna ett  $\Delta E$  värde över 4 jämfört med samma prov mellan 1992 och 2015. Dessa är: A23/4 som behandlades med aceton/hartsimpregnering, A23/12 som behandlades med 10 % PEG400 och 15 % PEG4000 och A23/14 som behandlades med 90 % PEG 4000. Ytterligare betydande färgförändringar mellan samma prov fick JAP-7 som behandlades med 10 % PEG400 samt 40 % PEG4000 och JAP-13 som behandlades med 10 % PEG400 samt 15 % PEG4000. JAP-6 som behandlades med aceton/hartsimpregnering fick dock ett  $\Delta E$  värde på 3,94 som ändå kan anses som en betydande färgförändring. Som Björdal beskrev i Tidens tand (se rubriken Harts) får ofta hartsimpregnerade material en mörkare yta, vilket stämmer överens med WOAM- proverna. Bremen Cog som behandlades med PEG 200 samt 70 % PEG 3000 fick också ett färgresultat som var en mörkbrun nyans. Huruvida det har gjorts en mer ingående färganalys på Bremen Cog och om resultatet vid senare tillfällen blivit jämförda är inte känt. Därför kan det inte jämföras med WOAM -proverna. Tyvärr finns inte referensprovet för Japan kvar. Det hade varit intressant att jämföra referensproverna med de övriga proverna i nutid

### Vikt

Jämförelsestudien har visat att det inte finns någon större skillnad avseende viktförändringar. Däremot var vikten innan konservering oftast betydligt större. De prov som fick störst viktskillnad (4-5%) var A23/1, JAP 1, 3, 5 och 8. A23/1 och JAP 8 konserverades båda i Tyskland med 25 % PEG200/lufttorkades. Den vanligaste viktminskningen uppmättes till 2 % och utgjordes av åtta stycken prover från både Norge och Japan. Referensprovet (A23/18) som enbart var lufttorkad utan impregnering hade också en viktminskning på 2 %. Referensprovet från Japan är borta vilket medför att det tyvärr inte möjliggör en jämförelse med de övriga proverna. Däremot finns de tidigare dokumenteringarna kvar och kunde därför användas till den här studien.

## **Dimension**

Jämförelsestudien har visat att det inte finns någon större skillnad avseende dimensionsförändringar. Det är endast två av Norgeproverna som uppvisar en större dimensionsskillnad samt tre från Japanproverna. Om det beror på mätfel eller andra orsaker är svårt att avgöra. De flesta proverna hade en dimensionsförändring på mindre än 1 % i samtliga riktningar och flera av proverna hade krympt snarare än svällt. Orsaker till detta kan bero på att proverna hade bevarats i en miljö där den relativa luftfuktigheten varit låg. Om luftfuktigheten varit hög hade det kunnat resultera i att materialet hade svällt. Eftersom trä är hygroskopiskt och tar upp fukt och därför borde ha svällt vilket inte var fallet i denna undersökning.

För Norgeproverna låg medelvärdet för samtliga provers dimensionsskillnad på 0,42 % i den tangentiella riktningen. I den radiella riktningen låg medelvärdet på 0,3 % medan i den longitudinella riktningen låg medelvärdet på 2,17 %. Den sistnämnda kan vara något osäkert resultat vilket påpekats i undersökningen. Om vi jämför medelvärdet (dimensionsskillnaden) Norgeproverna med det tyska skeppet Bremen Cog så hade det tyska skeppet ett medelvärde som låg på 1,1 %. Det var ett värde som forskarna ansåg vara ett bra resultat under sin konserveringsprocess. Det är dock osäkert i vilken riktning som medelvärdet är mätt ifrån. Eftersom forskarna hos Bremen Cog ansågs ha fått ett bra resultat kan vi också dra en slutsats att Norgeproverna gett ett bra resultat eftersom genomsnittet ligger ännu lägre. Ett annat exempel är Vasa skeppet som hade en total krympning på 8 % som är betydligt högre än WOAM- proverna. Vasaskeppet har dock inte genomgått samma process vid konservering.

## **Diskussion**

Uppsatsens fokus har varit att undersöka förändringar på materialet som uppstått efter cirka trettio år. Även om jämförelsestudien ibland har varit svårtolkad och att det inte skett en större förändring är det fortfarande en intressant och givande studie. Studier likt den här är även relevant för liknande studier eftersom det kan bidra med ytterligare kunskap inom konservering av vattendränkt trä.

Det finns svårigheter att jämföra den här studien med andra tidigare studier då flera variabler inte är identiska till exempel molekylvikt, koncentrationen och/eller andra varierande faktorer såsom torkningsprocess. Dock finns det mycket forskning rörande PEG-impregnering. Det är också två olika träarter, med olika nedbrytningsgrader, olika träegenskaper och som åldersmässigt inte harmonierar, som har studerats. Eftersom Japanprovet var mer nedbrutet än det norska kunde de inte alltid konserveras på samma sätt och var på så sätt svåra att bedöma. Därför var det svårt att bedöma konserveringsmetoder då vissa laboratorier utförde en metod till Norgeproverna och en någorlunda lik metod till Japanprovet. Dessvärre saknades det japanska referensprovet som hade kunnat bidra med ytterligare mätningar till denna jämförelsestudie. Om referensprovet funnits kvar hade en jämförelse av  $\Delta E$  kunnat genomföras mellan referensprovet från 2015 och samtliga Japanprover från 2015.

Ytterligare svårigheter var att avgöra var dimensionsmätningarna skulle utföras eftersom samma prov kunde ha flera stift utplacerade i samma riktning. Därför var det svårt att avgöra var de tidigare mätningarna skedde. Resultatet visade att det fanns ett antal med en större dimensionsskillnad från 2015 men om det berodde på mätfel eller andra orsaker kunde inte klarläggas. Ett annat problem var när man mätte med skjutmått och skulle avläsa värdet. Detta hade kunnat minimeras genom att använda ett digitalt skjutmått för att få ett säkrare resultat. I övrigt har det inte uppstått någon betydande förändring hos materialet mellan 1989 och 2015. De flesta prover hade en krympning som låg under 1 % vilket får anses ringa.

Det har inte skett några betydande förändringar av vikten mellan 1989 och 2015 men en intressant aspekt hade varit att få svar på vad det var som orsakade viktminskningen. Även om differenserna är små eller stora kan studier likt den här ändå vara relevanta. En möjlighet till viktförändringar är att den påverkas av den relativa luftfuktigheten (RH) det vill säga om materialet har tagit upp fukt från luften. Dock har proverna förvarats i ett klimat med den RF 50-52 % vilket inte borde ha påverkat materialet. En annan intressant aspekt är om viktminskningen ökar i samma takt över tid eller om den avtar eller helt stannar av. En annan teori till varför materialet minskat i vikt är impregneringen som kan ha genomgått kemiska förändringar som sedan brutits ner och därför orsakat viktminskning. Svaret på dessa frågor ligger i framtiden och kan studeras framgent för att ytterligare stärka kunskapen kring dessa frågeställningar.

Angående färgförändringar fick alla prover utom A23/18 en större förändring mellan referensprovet och samtliga prover från 2015. Mindre färgförändringar förekom mellan samma prov som mättes 1992 och 2015. Där fick endast fem av samtliga prover ett  $\Delta E$  värde över 4. Anledningen till varför det finns större färgskillnad mellan de impregnerade proverna och referensproverna har inte undersökt i den här uppsatsen.

Generellt gav proverna A23:11 och 15 ett önskvärt resultat. Både proverna behandlades med lågmolekylär PEG 400. Ingen av dessa prover fick större förändringar på färg (inom samma prov), vikt eller dimension. Däremot kändes ytan mjuk och fet samt att färgförändringarna mellan referensprovet och proverna var större. JAP-5 hade en större viktförändring än de flesta andra prover men denna var ändå låg och hade inga större förändringar gällande färg eller dimension. Däremot sprack provet i tre delar och är behandlat på samma sätt som prov A23/11. JAP-9, som behandlades med 45 % PEG 4000 tillsammans med 88 % isopropylalkohol har endast en torr yta. Ytterligare prov som inte fick någon större förändring av vikt och dimension var JAP-11 som behandlades med 67 % harts och aceton. Däremot fick provet en stor spricka (se fig 80 och 81) samt ett  $\Delta E^*$  av 2,731 vilket inte är en större förändring.

Övriga iakttagelser var flera prover hade det uppstått sprickbildningar. En förklaring till varför det uppstått sprickbildning vara de stift som blivit utplacerade på träproverna. Flera prover hade även en mjuk och fuktig träved vilket skulle kunna bero på att dem inte har tillräckligt med impregnerings ämnen i träveden som håller upp trästrukturen.

För ytterligare studier hade det varit intressant att jämföra det norska träprovet med det kanadensiska träprovet (CCI) eftersom båda proverna är av gran samt att nedbrytningsgraden ( $U_{max}$ ) är relativt lika. På så sätt kan man få ett bättre jämförbart resultat inom provernas färg, vikt och dimension. Något som också hade varit intressant att undersöka är om PEG-molekylerna har brutits ner och i så fall se om dem börjat vandra utåt i materialet.

# Käll- och litteraturförteckning

## Tryckta källor

Almkvist, G & Persson I. (2008) Degradation of polyethylene glycol and hemicellulose in the Vasa. *Holzforschung*, vol. 62: 1, s. 64

Babiński, L. (2011). Investigations on pre-treatment prior to freeze-drying of archaeological pine wood with abnormal shrinkage anisotropy, *Journal of Archaeological Science*, vol. 38, no. 7, s. 1709-1715.

Barbour J (1990) Treatments for waterlogged and dry archaeological wood. I: *Archaeological wood: properties, chemistry and preservation*. Rowell. R, Barbour J (red). Washington, D.C.: American Chemical Society, s. 177-179

Berndt, A (2012). *PEG-migration? MALDI-TOF-analys av beläggningar från fyra arkeologiska träföremål*. Kandidatuppsats. Göteborgs universitet, Institutionen för kulturvård. s. 8

Björdal, Gjelstrup, C (2000). *Waterlogged archaeological wood: biodegradation and its implications for conservation*. Diss. Uppsala: Sveriges lantbruksuniv. s.15-16, 44-46

Björdal, C (1999). Trämateriäl – historiskt och arkeologiskt I: Fjæstad, M (red) *Tidens tand: förebyggande konservering: magasinshandboken*. 1. uppl. Stockholm: Riksantikvarieämbetet. s. 113-127

Blanchette. R, Nilsson. T, Daniel. G, Abad. A (1990). Biological degradation of wood. *Archaeological wood: properties, chemistry, and preservation*. Rowell, Roger M. & Barbour, R. James (red.) Washington, D.C.: American Chemical Society. s.141

Brinch Madsen, H (1994). *Handbook of field conservation*. København: Konservatorskolen, Det Kongelige Danske kunstakademi. s. 105

Caple, C (2000). *Conservation skills: judgement, method and decision making*. London: Routledge

Core, Harold A., Côté, Wilfred A. & Day, A. C. (1979). *Wood structure and identification*. 2. ed. Syracuse, N.Y. s. 1, 14-15

Fors, Y (2008). *Sulfur-related conservation concerns for marine archaeological wood: the origin, speciation and distribution of accumulated sulfur with some remedies for the Vasa*. Diss. Stockholm: Stockholms universitet. s. 14, 16 och figur 8

Grattan, D (1989) International comparative wood treatment study: *Conservation of wet wood and metal: proceedings of the ICOM Conservation Groups on Wet Organic Archaeological Materials and Metals*. MacLeod, I. (red) Fremantle 1987, s.163-192

Hoffman, P. (1985) On the Stabilization of waterlogged oakwood with PEG molecular size versus degree of degradation. I: *Waterlogged wood: study and conservation: Proceedings of the 2nd ICOM waterlogged wood working group conference, Grenoble 1984*. Centre d'étude et de traitement des bois gorgés d'eau, s. 95

Hoffmann, P. (2001) To be and to continue being a Cog: the conservation of the Bremen Cog of 1380, *The International Journal of Nautical Archaeology*, vol. 30, no. 1, s. 129-140.

Horie, C, V (1987). *Materials for conservation: organic consolidants, adhesives and coatings*. First published 1987, London: Butterworths, s. 117-121

Hower, Rolland O. (1979). *Freeze-drying biological specimens: a laboratory manual*. Washington: Smithsonian institution P. s. 15

Håfors, B (2001). *Conservation of the Swedish warship Vasa from 1628*. Stockholm: Vasamuseet, s. 138-140

Håfors, B (1990) The role of wasa in the development of the polyethylene glycol preservation method. I: *Archaeological wood: properties, chemistry and preservation*. Rowell, R, Barbour J (red). Washington, D.C.: American Chemical Society. s. 196

Hägström, C., Sandström, T. & Riksantikvarieämbetet (2013). *Alum-treated archaeological wood: characterization and re-conservation*, Swedish National Heritage Board, Stockholm. s. 9, 11

Jones, M, Eaton, R (2006). Conservation of ancient timbers from the sea I: May, E & Jones. M (red) *Conservation science: heritage materials*. Cambridge: RSC Publishing. s. 282

Keene, S. 2002, *Managing conservation in museums*, 2.th edn, Butterworth-Heinemann, Oxford. s. 1

Mühlethaler, B (1973). *Conservation of waterlogged wood and wet leather*. Paris: Eyrolles. s. 11-13

Pedeli, C., Pulga, S. & Risser, E. (2013). *Conservation practices on archaeological excavations: principles and methods*, Getty Conservation Institute, Los Angeles, California. s. 3

Rockliff, D, Kerr, N (1984) Fire retardant finishes for fiber art: a conservation perspective. Preliminary findings. I: *Icom 7th triennial meeting. Copenhagen, 10-14 September 1984*. Preprints, vol. 1, Paris, s 84.9.49

Sandström, M., Fors, Y. & Persson, I. (2003) *The Vasa's new battle: Sulfur, acid and Iron*. Vasa studies 19. Stockholm: National Maritime Museums, s. 19-20

Soto-Martin, O. (2014). *Colorimetric measurements as control elements in wood conservation status*. Faculty of Fine Arts, Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife, Spain, s. 75-79

Ternstedt, E (1976). *Kompendium i trämateriallära*. 6. Uppl. Stockholm: Statens industriverk, s. 3, 10

Unger, Achim, Schniewind, Arno P. & Unger, Wibke (2001): *Conservation of wood artifacts: a handbook*. Berlin: Springer, s. 6, 4, 11, 15-17, 23-24, 133-134, 546

Wiedenhoeft, A (2013) Structure and function of wood: *Handbook of wood chemistry and wood composites*. Rowell, Roger M. (red.), 2nd rev, Boca Raton: Taylor & Francis, s. 9-32

### **Elektroniska källor**

<http://sensing.konicaminolta.us/2014/04/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/>

### **Otryckta källor**

Konserveringsrapporter från:

Frankrike  
Holland  
England  
Kanada (CCI-2)  
Japan



## **Illustrationsförteckning**

Omslagsbild: Lina Bjurgard

Figur 1 & 2: Wivianne Bondesson (*Tidens tand*) [Tillstånd 7 Maj 2015]

Figur 3: Lina Bjurgard

Figur 4: Lina Bjurgard

Figur 5: Lina Bjurgard

Figur 6: Lina Bjurgard

### Figurer i bilaga I-II

Figur 7, 11, 13, 21, 24, 27, 31, 35, 38, 42, 45, 48, 52, 64: Innan konservering (NTNU Vitenskapsmuseet)

Figur 8,14, 17, 18, 28, 32, 49, 53, 58, 61, 65, 68, 71, 74, 80, 83: Efter konservering 1987 (NTNU vitenskapsmuseet)

Figur 9, 10, 12, 15, 16, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 29, 30, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 43, 44, 46, 47, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 62, 63, 66, 67, 69, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91: Lina Bjurgard (Träproverna från 2015)

## Bilaga I

### Sammanställning av proverna från Norge

Undersökningen skedde mellan 10-12 mars samt 27-28 april 2015. I bilaga I finns proverna från Norge som är daterad mellan 1200-1400 talet. Träslaget är gran och var vid utgrävningen i ett välbevarat tillstånd (Grattan 1989). Fotografierna som visas från 1987 och före konservering har tagits ur konserveringsrapporter som tillhör Vitenskapsmuseet, Trondheim, Norge (NTNU). Fotografierna från 2015 är tagna av Lina Bjurgard.

Kod: A23-18-AIR

Behandlat med: Lufttorkad

Beskrivning av utseende: ljusfärg, ytan känns torr

Beskrivning av kondition: två större sprickor som går longitudinellt och radiellt (samma sida). På samma sida av tvärsnittet finns tre mindre sprickbildningar i radiellriktning.



Figur 7) till vänster innan konservering Figur 8) efter konservering (1987) Figur 9 & 10) träprovet från 2015

Kod: A23-1-W.G

Behandlat med: 25 % PEG200 därefter lufttorkning.

Beskrivning av utseende: ljus yta

Beskrivning av kondition: en spricka i kärnan som finns på båda sidorna av träprovet, känns mjuk och fuktig.



Figur 11) innan konservering Figur 12) träprovet från 2015

Kod: A 23-2 - CCI-2 (Kanada)

Behandlat med: 50 % PEG 1450 och frystorkat.

Beskrivning av utseende: Provet har en mörk färg.

Beskrivning av kondition: Har ingen sprickbildning men däremot har PEG molekyler vandrat ut på hela provet men mest på ena sidan av tvärsnittet vilket gör att ytan känns fett.



Figur 13) innan konservering Figur 14) efter konservering från 1987 Figur 15) provets tvärsnitt 2015  
Figur16) provet från sidan 2015

Kod: A23-3-CCI-1 (Kanada)

Behandlat med: Tvåstegsmetoden PEG400 och PEG3350 15 %

Beskrivning av utseende: Ytan har en ljus färg.

Beskrivning av kondition: Provet har ingen sprickbildning. Kan se på halva provet att det finns vita fläckar. Troligen överflöd PEG som också gör att ytan känns något fett.



Figur 17 & 18) Till vänster visas proverna från efter konservering (1987) Figur 19 & 20) träprovet från 2015

Kod: A23-4-PARKS

Behandlat med: Aceton/ harts 67 % som sedan lufttorkades

Beskrivning av utseende: mörk färg

Beskrivning av kondition: en smal spricka som går longitudinellt och radiellt. Ytan känns torr och smular inte. Övrigt verkar provet vara stabil.



Figur 21) till vänster visas träprovet innan konservering. Figur 22 & 23) visar provet från 2015

Kod: A23- 6-FR-RAD (Frankrike)

Behandlat med: Aceton/ harts impregnering som sedan härdades med gamma strålning.

Beskrivning av utseende: en mörk yta.

Beskrivning av kondition: en stor spricka på 5 mm bredd som går radiellt och longitudinellt.

Det finns ytterligare två smala sprickor 1 mm och 0,5 mm breda. Övrigt känns träprovet torr.



Figur 24) till vänster innan konservering Figur 25 & 26) träprovet från 2015

Kod: A23-7-FR-FD

Behandlat med: 20 % PEG400 därefter frystorkat.

Beskrivning av utseende: ljus färg.

Beskrivning av kondition: två mycket små sprickbildningar i kärnan och ytan känns både fuktig och fett.



Figur 27) till vänster träprovet innan konservering Figur 28) efter konservering från 1987. Figur 29 & 30) träprovet från 2015

Kod: A23-8-NETH (Holland)

Behandlat med: PEG 4000 50 % med 88 % isopropylalkohol därefter frystorkades provet.

Beskrivning av utseende: mörk färg.

Beskrivning av kondition: en spricka på 3 mm som går i radiell och longitudinellriktning och har en yta som känns torr.



Figur 31) till vänster innan konservering Figur 32) efter konservering 1987. Figur 33 & 34) träproverna från 2015

Kod: A23- 9-JAP-Nara (Japan)

Behandlat med: Impregnerades med 60 % PEG4000 med t-butanol därefter frystorkades provet

Beskrivning av utseende: ljus/gul färg på ytan.

Beskrivning av kondition: Träprovet har en smal spricka som är cirka 1mm bredd och går i radiell- och longitudinellriktning. Träytan känns också torr och smular sig inte.



Figur 35) till vänster innan konservering Figur 36 & 37) träprovet från 2015

Kod: A23-10 W.AUS (Australien)

Behandlat med: 70 % PEG1500 efter impregnering frystorkades provet.

Beskrivning av utseende: en brunn färg med lite röd ton.

Beskrivning av kondition: Provet har en 2 mm bredd spricka som går longitudinellt och radiellt. Har en vaxliknande lager framförallt på ena sidan av tvärsnittet. Områden utanför PEG överflödet känns ytan torr och smular inte.



Figur 38) träprovet innan konservering Figur 39, 40 & 41) träprovet från 2015

Kod: A 23- 11 - AUS2 (Österrike)

Behandlat med: 15 % PEG400 som sedan frystorkades.

Beskrivning av utseende: ljus yta.

Beskrivning av kondition: en liten sprickbildning som går radiellt och longitudinellt. Ytan känns både fuktig och mjuk



Figur 42) träprovet innan konservering Figur 43 & 44) träprovet från 2015

Kod: A23- 12- UK (England)

Behandlat med: Började med 10 % PEG400 steg till 15 % PEG4000 som sedan frystorkades

Beskrivning av utseende: ljusfärg på ytan.

Beskrivning av kondition: Provet har en smal spricka som går i en longitudinell och radiell riktning på båda sidorna av tvärsnittet. Ena sidan av tvärsnittet är mer nedbrutet än den andra då de ljusa årsringarna har sjunkit in. Det finns också ett överflöd av PEG kvar men mindre på den stabilare sidan som endast har ljusa fläckar.



Figur 45) till vänster träprovet innan konservering Figur 46 & 47) träprovet från 2015

Kod: A23-14-NOR.B

Behandlat med: 90 % PEG 4000.

Beskrivning av utseende: en mörk yta (mörkaste av alla prover).

Beskrivning av kondition: föremålet är mycket tungt jämfört med de andra proverna. Har en smal spricka knappt 1 mm som går ca 20 mm radiellt och 38 mm longitudinellt. Provet känns stabilt men visar uppkomst av små vita prickar som troligen kan vara PEG. Övrigt känns ytan torr



Figur 48) till vänster innan konservering Figur 49) efter konservering från 1987 Figur 50 & 51) träprovet från 2015

Kod: A23-15-NOR.A

Behandlat med: 20 % PEG 400.

Beskrivning av utseende: en ljusfärg.

Beskrivning av kondition: i tvärsnittet kan man se sprickbildning som uppkommit i en av årsringarna på båda sidor. Ytan känns både fuktig och fett



Figur 52)till vänster innan konservering Figur 53) efter konservering från 1987 Figur 54 & 55) träprovet från 2015

## Bilaga II

### Sammanställning av proverna från Japan

Undersökningen skedde mellan 10-12 mars samt 27-28 april 2015. I bilaga II finns Japanproverna som är från ett kastanjeträd. Generellt har alla prover spruckit runt om, efter att de har blivit behandlade. Ger även en bedömning om hur färgen ser ut och har inget att göra med färgundersökningarna i studien. Det finns bilder på proverna efter konservering på några av proverna som tagits ur tidigare konserveringsrapporter från Vitenskapsmuseet NTNU.

Träprovet är från Japan och daterad till 100 f.kr-100 e.kr (Grattan 1989).

Nedan kommer en beskrivning om varje enskilt träprov med foto:

#### Kod: JAP-1-Nara (Japan)

Behandlat med: PEG 4000 i butanol 15 % som steg till 60 %. Därefter frystorkades provet

Beskrivning av utseende: består av 3 delar som tidigare varit sammansatta och ytan har en ljusfärg.

Beskrivning av kondition: provet har spruckit och delat sig i 3 delar. Provet smular sig en del vid hantering då provet är mycket torrt.



Figur 56 & 57) träprovet från 2015

#### Kod: JAP-2-CCI-2 (Kanada)

Behandlat med: Impregnerades med PEG 1450, började med 10 % som ökade till 50 % därefter frystorkades provet.

Beskrivning av utseende: en mörk färg på ytan.

Beskrivning av kondition: större spricka som är 7,6 mm bredd samt en spricka som är 4,3 mm bredd. Provet känns stabil då ytan känns torr och smulas inte.



Figur 58) till vänster träprovet efter konservering från 1987 Figur 59 & 60) träprovet från 2015

Kod: JAP-3-CCI-1 (Kanada)

Behandlat med: 15 % PEG400 15 % PEG3350 som sedan frystorkades.

Beskrivning av utseende: ljus färg, ytan känns lite fett

Beskrivning av kondition: provet är mjukt och lite fett men som smular sig vid hantering. Har en smal spricka som går radiellt och longitudinellt och är 2,5 mm bred. Har också några ljusare fläckar på tvärsnittet men är svårt att tyda om det är träet isig eller om det kan vara ett överflöd av PEG.



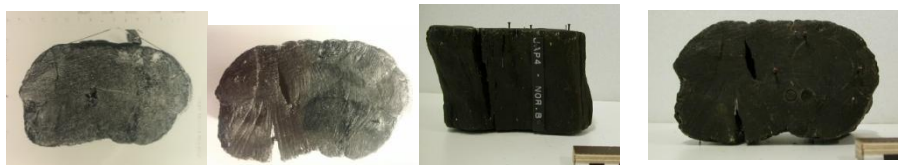
Figur 61) till vänster efter konservering Figur 62 & 63) träprovet från 2015

Kod: JAP-4-NOR. B (Norge)

Behandlat med: 90 % PEG4000

Beskrivning av utseende: mörk färg och är bland de mörkaste av proverna.

Beskrivning av kondition: två större sprickor varav den ena går i radiell- och longitudinellriktning som är 6,3 mm bred. Den andra går radiellt från ena tvärsnittet till den andra sidan och som är 5,2–3,3 mm bred. Övrigt känns ytan lite fett och oljig.



Figur 64) till vänster innan konservering Figur 65) efter konservering Figur 66 & 67) träprovet från 2015

Kod: JAP-5-NOR.A (Norge)

Behandlat med: 20 % PEG400 därefter frystorkades provet

Beskrivning av utseende: består av 3 delar, en ljus färg.

Beskrivning av kondition: spruckit i 3 delar efter behandling. Ytterligare sprickbildning är den största sprickan 6,2 mm bred. Provet känns både mjukt och fuktig och smular sig vid hantering.



Figur 68) till vänster efter konservering Figur 69 & 70) träprovet från 2015

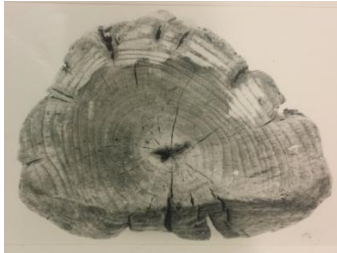


Kod: JAP-6-FR-RAD

Behandlat med: Förvarades i ett acetonbad som byttes 3 gånger därefter behandlades provet med harts. Provet härdades sedan med gamma strålning

Beskrivning av utseende: mörk och lite rödaktig färgton.

Beskrivning av kondition: omfattande sprickbildningar på hela provet varav en som går djupare in i materialet i radiell- och longitudinellriktning som är 4,2 mm bred. Runt om kärnan finns det fler mindre sprickbildningar som går i radiellriktning. Provet känns någorlunda stabilt då det är torrt och smular inte mycket.



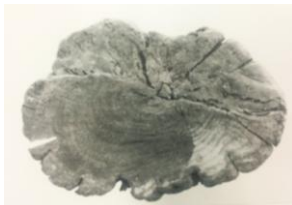
Figur 71) till vänster efter konservering Figur 72 & 73) träprovet från 2015

Kod: JAP-7-FR-FD

Behandlat med: 10 % PEG400 och 40 % PEG4000 som sedan frystorkades

Beskrivning av utseende: består av 5 delar och har en mörk yta.

Beskrivning av kondition: spruckit i 5 delar efter konservering. En av delarna har det troligen migrerat ut harts på brottytan (se fig 74). Provet känns torrt och är inte stabilt.



Figur 74) till vänster efter konservering Figur 75 & 76) träprovet från 2015 Figur 77) träprovet från 2015 men också hartsimpregnering som vandrat ut

Kod: JAP- 8-W.G (Tyskland)

Behandlat med: 70 % PEG3000 som sedan fick lufttorka.

Beskrivning av utseende: mörkfärg (bland dem mörkaste av alla prover).

Beskrivning av kondition: består av två delar efter att provet har spruckit. Materialet känns stabilt men har en stor spricka mellan de två delarna 29,5 mm bredd samt andra sidan ca 6 mm bredd. Ytan känns vaxig men någorlunda torr.



Figur 78 & 79) träprovet från 2015

Kod: JAP-9-NETH (Holland)

Behandlat med: 45 % PEG4000 tillsammans med 88 % isopropylalkohol

Beskrivning av utseende: mörkfärg.

Beskrivning av kondition: en stor spricka 16,5 mm bredd och ytan känns torr.



Figur 80) till vänster träprovet efter konservering Figur 81 & 82) träprovet från 2015

Kod: JAP-11-PARKS

Behandlat med: 67 % harts och aceton som sedan fick lufttorka

Beskrivning av utseende: något ljus färg på ytan.

Beskrivning av kondition: en 17 mm bredd spricka som går radiellt och longitudinellt ända till kärnan. Andra sprickan är 7,5 mm bredd och tredje sprickan är 5,5 mm bredd. Finns även fler mindre sprickbildningar som går radiellt genom hela provet ut till andra sidan. Provet känns torrt och smular sig vid hantering.



Figur 83) till vänster efter konservering Figur 84 & 85) träprovet från 2015

Kod: JAP-12-AUS2

Behandlat med: 15 % PEG400 därefter frystorkades provet.

Beskrivning av utseende: stabil form med en mörkfärg.

Beskrivning av kondition: cirka 4 stycken sprickor runt om provet men inga större där största sprickan är 0,4 mm bredd. Har en spricka på båda sidorna av tvärsnittet i kärnan. Övrigt känns ytan torr.



Figur 86 & 87) träprovet från 2015

Kod: JAP-13-UK (England)

Behandlat med: 10 % PEG400 sedan 15 % PEG4000.

Beskrivning av utseende: ljus färg på ytan.

Beskrivning av kondition: flera mindre sprickor runt om provet. En av sprickorna som är smal går radiellt (till kärnveden) och longitudinellt. Ena sidan av provet har det uppstått en spricka i radiell- och longitudinellriktning. Det finns en spricka på båda sidor i kärnveden. Provet känns torrt och smular sig vid hantering.



**Figur 88 & 89) träprovet från 2015**

Kod: JAP-14-W.AUS

Behandlat med: 70 % PEG 1500 som sedan frystorkades

Beskrivning av utseende: en mörkfärg.

Beskrivning av kondition: stor spricka som går radiellt och longitudinellt som är 24.8 mm bredd. Även ett större hål på 18,3 mm bredd på ena sidan av kärnveden som går till andra sidan. Där är den endast 2 mm bredd. På tvärsnittet finns det ytterligare tre sprickbildningar. På provets yta kan man se ett flertal ljusa fläckar troligen från PEG vilket gör att provet känns vaxigt (se figur 88).



**Figur 90 & 91) träprovet från 2015**

Färgresultat för Norgeproverna

<u>Norge</u> <u>1992</u>			<u>Norge</u> <u>2015</u>				
<u>Provnr</u>	<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>Provnr</u>	<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>
<b>A23/18</b>	54,99	+3,41	+18,49	<b>A23/18</b>	52,38	+4,58	+20,43
<b>A23/1</b>	44,20	+3,81	+15,95	<b>A23/1</b>	42,86	+4,73	+16,54
<b>A23/2</b>	45,64	+1,16	+12,49	<b>A23/2</b>	46,37	+2,52	+14,81
<b>A23/3</b>	46,18	+2,96	+13,42	<b>A23/3</b>	47,96	+3,93	+15,29
<b>A23/4</b>	45,34	+3,67	+18,29	<b>A23/4</b>	47,06	+6,30	+22,53
<b>A23/5</b>				<b>A23/5</b>			
<b>A23/6</b>	46,53	+4,01	+19,19	<b>A23/6</b>	44,73	+4,04	+16,95
<b>A23/7</b>	43,65	+2,90	+14,63	<b>A23/7</b>	43,19	+4,10	+16,19
<b>A23/8</b>	40,73	+3,49	+14,80	<b>A23/8</b>	42,32	+4,15	+16,07
<b>A23/9</b>	51,82	+2,70	+17,13	<b>A23/9</b>	50,15	+4,27	+18,91
<b>A23/10</b>	40,31	+2,22	+11,55	<b>A23/10</b>	43,02	+2,74	+12,77
<b>A23/11</b>	48,71	+4,00	+19,14	<b>A23/11</b>	48,31	+4,18	+17,98
<b>A23/12</b>	45,43	+3,42	+12,11	<b>A23/12</b>	50,46	+3,12	+12,91
<b>A23/13</b>				<b>A23/13</b>			
<b>A23/14</b>	38,17	+2,42	+9,62	<b>A23/14</b>	46,73	+2,87	+14,56
<b>A23/15</b>	42,39	+5,07	+18,00	<b>A23/15</b>	41,62	+5,56	+17,50

Tabellerna redovisar medelvärdet från två mätningar på samtliga prover utom referensprovet som mättes tio gånger. Uträkningarna genomfördes med Minolta Chroma colorimeter (6774K) som sedan användes för att räkna ut  $\Delta E$  värdet.

## Bilaga IV

### Färgresultat för Japanproverna

<u>Japan</u> <u>1992</u>				<u>Japan</u> <u>2015</u>			
<u>Provnr</u>	<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>Provnr</u>	<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>
<b>JAP 1</b>	42,76	2,16	15,13	<b>JAP 1</b>	42,56	2,295	15,05
<b>JAP 2</b>	23,03	0,43	1,93	<b>JAP 2</b>	25,06	0,465	3,13
<b>JAP 3</b>	30,19	0,48	5,78	<b>JAP 3</b>	31,435	0,74	6,50
<b>JAP 4</b>	24,67	0,39	0,71	<b>JAP 4</b>	22,69	0,48	1,84
<b>JAP 5</b>	31,93	0,53	4,09	<b>JAP 5</b>	32,31	0,425	4,29
<b>JAP 6</b>	31,67	0,47	4,69	<b>JAP 6</b>	40,22	0,465	8,63
<b>JAP 7</b>	27,12	0,23	3,04	<b>JAP 7</b>	38,01	0,495	8,28
<b>JAP 8</b>	20,23	0,33	0,19	<b>JAP 8</b>	20,985	0,23	0,33
<b>JAP 9</b>	29,51	0,51	4,59	<b>JAP 9</b>	29,95	0,72	5,49
<b>JAP 10</b>				<b>JAP 10</b>			
<b>JAP 11</b>	29,88	0,67	5,38	<b>JAP 11</b>	31,965	0,735	7,15
<b>JAP 12</b>	29,85	0,21	4,60	<b>JAP 12</b>	29,745	0,295	4,99
<b>JAP 13</b>	34,39	3,22	10,44	<b>JAP 13</b>	39,94	3,035	12,44
<b>JAP 14</b>	25,09	0,44	1,99	<b>JAP 14</b>	24,27	0,36	1,19
<b>JAP LT</b>	28,02	1,98	9,19				

Tabellerna redovisar medelvärdet från två mätningar på samtliga prover utom referensprovet som mättes tio gånger. Uträkningarna genomfördes med Minolta Chroma colorimeter (6774K) som sedan användes för att räkna ut  $\Delta E$  värdet.

\*Referensprovet finns inte kvar från 2015 (JAP LT)

## Bilaga V

### Färgresultat från 2011

<u>Norgeprover</u>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<u>Japanprover</u>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
<b>A23/18</b>	54,07	4,43	20,35	<b>JAP JAP</b>	41,66	2,64	14,91
<b>A23/1</b>	41,40	4,77	16,12	<b>JAP 2</b>	24,46	0,55	2,66
<b>A23/2</b>	48,17	2,35	14,55	<b>JAP 3</b>	31,20	0,84	6,36
<b>A23/3</b>	46,62	4,09	15,25	<b>JAP 4</b>	24,15	0,35	0,63
<b>A23/4</b>	48,58	6,19	21,96	<b>JAP 5</b>	30,50	0,50	3,64
<b>A23/5</b>				<b>JAP 6</b>	32,88	0,62	4,93
<b>A23/6</b>	47,41	4,32	18,29	<b>JAP 7</b>	27,97	0,35	3,33
<b>A23/7</b>	43,07	4,47	16,17	<b>JAP 8</b>	21,52	0,37	0,81
<b>A23/8</b>	41,37	4,19	15,78	<b>JAP 9</b>	29,38	0,78	5,28
<b>A23/9</b>	50,19	4,34	18,85	<b>JAP 10</b>			
<b>A23/10</b>	48,04	4,36	18,20	<b>JAP 11</b>	31,86	0,80	6,80
<b>A23/11</b>	48,04	4,36	18,29	<b>JAP 12</b>	28,94	0,51	4,94
<b>A23/12</b>	48,58	3,47	12,83	<b>JAP 13</b>	36,29	3,26	10,69
<b>A23/13</b>							
<b>A23/14</b>	45,74	3,02	14,35				
<b>A23/15</b>	40,76	5,72	16,91				

Tabellerna redovisar mätningarna med Minolta Chroma meter (6774K) från 2011. Dessa mätningar togs aldrig med i jämförelsestudien men valt att ta med dem i bilagan så läsaren kan få en uppfattning om vilka färgförändringar som uppstått mellan 1992, 2011 och 2015.

## Bilaga VI

### Vikten efter konservering från 1990 och 2011

<u>Vikt</u> <u>Träprov</u>	<u>1990</u> <u>(gram)</u>	<u>2011</u> <u>(gram)</u>	<u>Vikt</u> <u>Träprov</u>	<u>1990</u> <u>(gram)</u>	<u>2011</u> <u>(gram)</u>
A23/1	355,3	354,2	JAP-1		
A23/2	625,4	624,4	JAP-2	620,3	620
A23/3	483,4	480,3	JAP-3	493,8	485,6
A23/4	649,4	649,6	JAP-4	848,2	848
A23/6	1 082,6	1 086,8	JAP-5	434,1	426,5
A23/7	544,1	543,2	JAP-6	860,1	860,6
A23/8	624,4	625,1	JAP-7	545,6	540,8
A23/9	657,3	657,2	JAP-8	418,9	421
A23/10	858,5	858,7	JAP-9	595	593,2
A23/11	518,8	521,8	JAP-11	612,1	610,7
A23/12	493,3	491,9	JAP-12	872,9	872,4
A23/14			JAP-13	748,8	744,1
A23/15	567,3	566,8	JAP-14	952,8	952,4
A23/18	432,2	429,8			