

NASJONALE OPPGAVER: METODEUTVIKLING

Vurdering av metylcellulose og andre organiske lim for konsolidering av limfarge og andre porøse overflater. Delrapport 1





Tittel NASJONALE OPPGAVER: METODEUTVIKLING Vurdering av metylcellulose og andre organiske lim for konsolidering av limfarge og andre porøse overflater. Delrapport 1	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 110	Publiseringsdato 04.01.2022
	Prosjektnummer 1022008-02	Sider 24
	Avdeling Konservering	Tilgjengelighet Åpen
Forfatter(e) Mengshoel, Karen	ISSN 1503-4895 ISBN 978-82-8101-255-4	Periode gjennomført 2021
	Forsidebilde Testfelt i Tyllaldalen kirke. Foto: NIKU	

Prosjektleder Karen Mengshoel
Prosjektmedarbeider(e) Barbro Wedvik, Dagheid Berg, Thomas Ragazzon Smestad
Kvalitetssikrer Kjersti Marie Ellewsen

Finansiert av Klima- og miljødepartementet (KLD)

Sammendrag På oppdrag fra KLD og Riksantikvaren har NIKU utført undersøkelser og vurdering av metylcellulose og andre cellulose etere til flatekonsolidering av limfarge på tre. Undersøkelsene innebærer litteratursøk, innhenting av erfaringer fra kontaktnett i Norge og utlandet, samt praktiske tester på prøveoppstryk og originale limfargeoverflater. Metylcellulose anses fremdeles som egnet til formålet.
Abstract The Directorate for Cultural Heritage commissioned NIKU to investigate how suitable methyl cellulose and other cellulose ethers are in the consolidation of distemper paint on wood. The investigation included literature search, personal correspondence with conservators in Norway and abroad, as well as practical consolidation tests on paint outs and original surfaces. Methyl cellulose is still considered suitable as consolidation material for distemper paint.

Emneord Limfarge, flatekonsolidering, metylcellulose, cellulose etere, størlim
Keywords Distemper paint, consolidation, methyl cellulose, cellulose ethers, sturgeon glue

Avdelingsleder
 Kjersti Marie Ellewsen

Innhold

1	Introduksjon	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Problemstillinger	7
2	Metode	7
2.1	Litteratursøk	7
2.2	Bruk av kontaktnett	7
2.3	Utprøvinger	8
2.3.1	Oppstryk med limfarge	8
2.3.2	Testkonsolidering på oppstryk	8
2.3.3	Testkonsolidering in situ	8
3	Resultater	9
3.1	Resultat fra litteratursøk	9
3.1.1	Viktige begreper	10
3.1.2	Ulike cellulose etere i bruk i konservering og deres egenskaper	10
3.2	Erfaringer fra kontaktnett	12
3.3	Resultater fra tester	14
3.3.1	Oppstryk limfarge	14
3.3.2	Testkonsolidering med metylcellulose på oppstryk	14
3.3.3	Testkonsolidering på originale overflater i kirker	16
4	Diskusjon	19
5	Konklusjon	21
6	Veien videre	21
6.1	Analysen av tverrsnitt – hvor legger limet seg?	22
6.2	Videre praktiske tester med andre cellulose etere	22
6.3	Oppfølging utførte testfelt	22
7	Referanser	23

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Prosjektet «Vurdering av metylcellulose og andre organiske lim for konsolidering av limfarge og andre porøse overflater» (MC2021) er en del av de nasjonale oppgavene NIKU utfører for Klima- og miljødepartementet (KLD), under posten «Metodeutvikling». Prosjektet kom i gang som en oppfølger til *Størlimsprosjektet* som har gått over flere år, og som har som mål å forstå hvorfor størlim ikke fungerer så godt som klebemiddel ved flatekonsolidering av limfarge. (Olstad & Ørnhøi, 2014; Olstad & Ørnhøi, 2015; Ørnhøi, 2021) Dette prosjektet videreføres, og er en del av oppgavene for KLD i 2022.

MC2021 søker å vurdere metylcellulose og andre cellulose etere som erstatning for størlim til formålet. I tillegg skal andre alternativer vurderes.

Det er en rekke egenskaper som er viktige for at et lim skal være egnet for flatekonsolidering av limfarge og andre porøse malinger. Det må ha tilstrekkelig klebeevne, penetrere malingen og lagstrukturen og feste malingen der den slipper. Videre må limets aldringsegenskaper være gode, det må ikke svulle og krympe ved svingninger i temperatur og relativ luftfuktighet, og det må ikke gi grobunn for mikroorganismer eller føre til nedbrytning av original maling. Limet må i tillegg ha gode håndteringsegenskaper slik at det lar seg påføre trygt og effektivt, og aller helst kunne påføres uten helseskadelige løsemidler under behandlingen.

1.2 Problemstillinger

Disse problemstillingene var skissert i prosjektbeskrivelsen.

1. Typer metylcellulose/cellulose eter – hvilke typer finnes på markedet, og hvilken er best til vår bruk? Hvordan påvirker ulik konsentrasjon, molekyllengde, og tilsetning av løsemiddel resultatet av behandlingen?
2. Metode – hvordan påvirker påføringsmetode, tid, manipulering og press resultatet av behandlingen?
3. Klima – hvordan påvirker temperatur og luftfuktighet i rommet under og etter påføring resultatet?
4. Aldringsegenskaper – hvordan eldes metylcellulose og andre organiske lim?
5. Alternativer – hvilke alternativer har vi til metylcellulose til konsolidering av limfarge, og hvilke egenskaper har de?

2 Metode

Problemstillingene over ble besvart ved hjelp av følgende metoder: Søk i litteraturen, kontakt per epost og digitale møter med kolleger i inn- og utland og tester på mock-ups/ prøver.

2.1 Litteratursøk

I første omgang ble det gjennomført litteratursøk på metylcellulose og andre cellulose etere og deres bruk i konservering. Søket ble rettet mot ikke bare malerikonservering, men også papir- og muralkonservering. I tillegg til norsk, svensk og engelsk litteratur ble tysk litteratur inkludert.

2.2 Bruk av kontaktnett

Vi tok kontakt med konservatorer i Tyskland, Sverige, Danmark, Skottland og Sør-Korea for informasjon om hvordan lignende materialer behandles der. I Norge ble bl.a Munchmuseet (Eva Tveit), Nasjonalmuseet (Marie Kleivane) og en eldre, tidligere kollega fra NIKU/Riksantikvaren (Jon Brønne) kontaktet. Fullstendig kontaktliste side 24.

2.3 Utprøvinger

Det ble laget oppstryk med tradisjonelle limfargeoppskrifter. Formålet var å få erfaring med tillaging og påføring av limfarge, og øke taktil forståelse materialet og prosessen.

2.3.1 Oppstryk med limfarge

Oppstrykene med limfarge utført av NIKUs konservatorer ble utført på atelieret juni 2021. Oppskriften som ble fulgt var fra Jon Brønnes bok *Dekorasjonsmaling* fra 1998. (Brønne, 1998)¹

- To ulike lim ble valgt til limfargen: Benlim (opprinnelse ukjent) og harelim (Kremer Pigmente). 2,3 g av hhv harelim og benlim ble lagt i 50 ml vann over natten.

- To typer kritt ble valgt for grundering til limfargen: Bologna kritt (Kremer Pigmente) og kritt (opprinnelse ukjent)

- To ulike pigmenter ble valgt til limfargen: Brent sienna, bensort i tillegg til kritt, lagt i vann over natten.

I tillegg til oppstryk på trebiter, ble limfarge strøket opp på silikonert melinex (non-stick polyesterfilm), slik at malingen kunne brytes opp i flak for å illudere løs maling. Disse flakene vil bli forsøkt festet med metylcellulose med ulik molekyllengde og i ulik konsentrasjon. Rester av grundering ble også strøket opp på plank for å gi underlag til testkonsolideringen.

2.3.2 Testkonsolidering på oppstryk

Metylcellulose med tre ulike viskositeter ble valgt. CP 400, 1500 og 4000² ble tilberedt i 1% og 2% løsninger først i vann og deretter vann:etanol i forhold 1:1 for flatekonsolidering av løs maling på prøveoppstryk. CP 4000 var så tykflytende at den ble vurdert ikke egnet, og ble dermed utelatt fra videre testing.

Pulveraktig røde flak av brent sienna i limfarge ble forsøkt konsolidert på en grundert planke med de ulike MC-løsningene.

Klima på atelieret da testene ble utført: ca 23 °C og ca 50% RF

Større, tykkere flak av hvit grundering ble forsøkt festet på en overflate av underbundet brent sienna i limfarge med de ulike MC-løsningene.

For standardisering av påføringen ble stoppeklokke brukt, slik at prøvene skulle bli sammenlignbare.

- Påføring av lim på japanpapir: 15-20 sek.
- Dytte maling på plass med pensel gjennom japanpapir: 30 sek.
- Tørke og dytte med tørkepapir 30-40 sek.
- Ny runde tørking med japanpapir.

2.3.3 Testkonsolidering in situ

Ulike MC-løsninger³, (MC med CP på 400, 1500 og 4000 ble testet i 1 og 2% løsninger i vann, vann:etanol 1:1 og 3:1) ble tatt med på feltarbeid i Gimmestad kirke og i Tyllaldalen kirke. Begge kirkene har

¹ Disse oppstrykene var foreløpige tester som ikke var standardisert, kun for å få erfaring og inntrykk av håndteringsegenskaper.

² Utvelgelsen ble gjort på grunnlag av funn i litteratursøket, se 3.2

³ Ibid.

limfargedekor som løsner fra underlaget. Testfelt ble satt opp og vil bli vurdert etter noe tid, etter minst én vintersesong.

Utførelsen ble gjort mest mulig standardisert: Påføring av lim gjennom japanpapir med pensel, bearbeiding av limet og overflaten med svinebustpensel, tørking med tørkepapir to omganger, fjerning av japanpapir og ny tørking med japanpapir.

Resultatene ble registrert i tabell (se 3.3.3).

3 Resultater

3.1 Resultat fra litteratursøk

Det ser ut til at de gamle standardverkene *Evaluation of cellulose ethers for conservation* (Feller, Wilt & Getty Conservation, 1990) og *Materials for conservation* (Horie, 1986) står seg, og deres funn regnes som pålitelige. Verkene er gamle, men det har ikke kommet noe tilsvarende solid publikasjoner siden. Det er disse verkene, og da spesielt Feller, det refereres til i den nyere forskningen.

Lite er skrevet om konsolidering med metylcellulose på limfarge. Det er noen publikasjoner om konsolidering av matt maling, da gouache på papir, men det er litt eldre publikasjoner, og overføringsverdien er begrenset fordi de utfører tester med ultrasonisk mister og med lavtrykk. (Maheux & McWilliams, 1995) (Ream, 1995) disse metodene er ikke gjennomførbare til vårt formål; i felt og på store flater.

Chantal-Helen Thuer publiserte etter sitt «*research internship*» hos *Historic Scotland's conservation centre* sin forskningsrapport «*Scottish renaissance interiors: facings and adhesives for size-tempera painted wood*» i 2011, og berører en del av de samme punktene som MC2021. Hun gjennomgår hvilke institusjoner som bruker hvilke materialer og metoder, og vurderer alt fra naturlige proteinlim som størlim og gelatin, til ulike cellulose etere og syntetiske alternativer som Lascaux medium for konsolidering (LMK) og Paraloid B72. I tillegg vurderer hun ulike papirtyper til bruk i forsidebeskyttelse og flatekonsolidering. Hennes publikasjon er ute i samme ærend som dette prosjektet, men ved å inkludere forsidebeskyttelse, valg av japanpapir og syntetiske lim, og favner hun bredere.⁴ (Thuer, 2011)

Marie Kleivane har skrevet en god oppsummeringsartikkel i Norske konserver om de ulike typene cellulose etere og deres egenskaper (Kleivane, 2020). Kleivane er selv papirkonservator, men overføringsverdien til malerikonservering fra hennes artikkel er allikevel stor, spesielt når det gjelder oversikt over de ulike cellulose eterne og deres egenskaper.

Karolina Soppa, professor ved *Berner Fachhochschule* forsker på cellulose eteres respons på svingninger i relativ luftfuktighet sammenlignet med den til animalske lim. I tillegg har hun tidligere undersøkt penetrasjon av metylcellulose, tilsatt fluoriserende markør, inn i malingsstrukturer (Laase, Soppa & Krekel, 2013). I doktorgradsavhandlingen (Soppa, 2018) testet hun inngående metylcellulose som klebemiddel i konsolidering. I en artikkel til ICOM-CC-konferansen i Melbourne viser hun også til tester på MC i blanding med størlim og gelatin (Soppa, 2014). Selv om disse testene primært er utført på lerretsmalerier, er dette svært aktuell forskning for det videre arbeidet med cellulose etere i konsolidering av limfarge.

NIKUs størlimsprosjekt som har pågått de senere årene har gjort en grundig jobb i å analysere både limfargen vi ønsker å bevare, og størlimet vi har tilført. Deres resultater foreligger i fire rapporter.

⁴ Thuer inkluderer også informasjon fra intervjuer med konservatorer fra NIKU når det gjelder flatekonsolidering med størlim

(Olstad & Jernæs, 2017; Olstad & Ørnhøi, 2014; Olstad & Ørnhøi, 2015; Ørnhøi, 2021) siste del av størlimsprosjektet gjennomføres neste år og sluttrapport vil foreligge i 2022.

Flere forskningsmiljøer vurderer nanocellulose som et aktuelt materiale for økt limstyrke i lav konsentrasjon (Kohler, Soppa, Geiger & Grüneberger, 2018) (Kolman, Nechyporchuk, Persson, Holmberg & Bordes, 2018). Nanomaterialer kan være svært effektive, selv ved lav konsentrasjon, og på grunn av svært liten molekylstørrelse kan de penetrere bedre enn større molekyler. Derfor er nanomaterialer i fremmarsj i konservering skriver Kolman (Kolman et al., 2018). Begge miljøene har publisert artikler om nanocellulose som tilsetning til annet lim.

Det finnes også en del tyskspråklig litteratur (utover Soppa) som dessverre ikke er så tilgjengelig for undertegnede. Det ser allikevel ut til at MC er i bruk blant konservatorer, men limfarge nevnes ikke i den forbindelse.

Fra Korea finnes publikasjoner om bruk av algebasert lim på limfarge. (Han et al., 2018; Kim, Han & Lee, 2017) Disse fokuserer på limstyrke i limet sammenlignet med Funori,⁵ (se 3.2) Artiklene er på koreansk, men med engelsk abstract.

Nyttige linker:

https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Adhesive_Recipes_and_Tips#Cellulose_Derivatives

3.1.1 Viktige begreper⁶

Viskositet sier noe om hvor tykflytende løsningen er. Oppgis i mPa*s ved 20 °C og 2% løsning. Under 500 mPa*s regnes som lavviskøse løsninger. Over 1500 regnes som høyviskøse.

Polymerens kjedelengde oppgis i DP, degree of polymerisation. Korte kjeder gir lav viskositet og lange gir høy viskositet. Jo lavere DP, jo lettere penetrerer løsningen inn i et porøst materiale. Høyere DP gir lavere inntrenging, og kanskje også glans på overflaten.

Løselighet oppgis i DS, degree of substitution, angir antall hydroksylgrupper, og påvirker løselighet. Løseligheten påvirkes av temperatur. Tåkepunkt er den temperaturen eteren ikke lenger lar seg løse i vann eller løsemiddel. Tåkepunktet synker når DS øker.

3.1.2 Ulike cellulose etere i bruk i konservering og deres egenskaper⁷

Besvarer problemstilling 1: Typer metylcellulose og andre cellulose etere

Type produkt	Metylcellulose, ulike molekylstørrelser methyl hydroxyl propyl cellulose	(Natrium-) Karboksy metyl Cellulose,	Hydroxy Propyl cellulose	Methyl Hydroxy-ethyl Cellulose	Etyl Hydroksy Etyl Cellulose	Hydroksy propyl methyl cellulose eter
Handelsnavn	Methocel A Methocel A4C Methocel A4M Culminal MC	(Blanose) Aqualon CMC, Cellulose gum 9M8,	Klucel G	Tylose MH300	Bermocoll E481, Ethulose	Benecel

⁵ Funori er et naturlig lim, et polysakkarid basert på alger. Det er tradisjonelt brukt i Japan i konservering, men de senere årene har Funori også blitt tatt i bruk av vestlige konservatorer. Gir en matt overflate, og bygger lite. (Thuer, 2011)

⁶ Basert på (Kleivane, 2020)

⁷ Hovedsakelig basert på Kleivane (2020) og Thuer (2011) Begge refererer til Horie (1986) og Feller et al. (1990)

		Culminal CMC, Cellofas B3500, Cellulose Thickener C6000, Tylose C				
For- kortelse	MC	CMC	HPC	MHC/MHEC	EHEC	HPMC
Detaljer	Cas-nr: 9004-67-5 Substitusjons- gruppe: CH ³ Løselig i vann Tåkepunkt: 50- 70°C pH i væske: 6,5-8,5 ikke ionisk	Cas-nr: 9004-32-4 Substitusjons- grupper: CH ₂ COO-Na+ Løslig i kald og varmt vann Tåkepunkt: 80°C pH i væske: 6,5-7,5 ionisk	Cas-nr: 9004-64-2 Substitusjons- gruppe: C ₃ H ₇ OH Løslig i vann og organiske løsemidler Tåkepunkt: 45°C pH i væske: 5-8 ikke ionisk	Cas-nr: 9032-42-2 Substitusjons- gruppe: CH ₃ , C ₂ H ₄ OH Tåkepunkt: 55- 70°C Løselig i vann pH i væske: 6- 8 ikke ionisk	Cas-nr: 9004-58-4 Substitusjons- gruppe: C ₂ H ₅ , C ₂ H ₄ OH Løslig i vann pH i væske: 5-8,5 ikke ionisk	
Egen- skaper/ beskrivel- se	En enkel form for cellulose eter. Den mest testede. Den med best aldringsegens- kaper. Den som er mest brukt i papir og malerikonsev- ering. Ingen ionisk ladning, og påvirkes ikke av endring i pH. Løselig i vann. Vil ikke danne komplekser og uløseige uftellinger. Lite misfarging Relativt høy DS, og god motstands- dyktighet for enzymatisk nedbrytning.	Ionisk, påvirkes av pH, løselig i kaldt og varmt vann, uløselig i organiske løsemidler. Reagerer med metaller og kan danne kryssbindinger Mest brukt i USA Regnes som stabil av Feller. CMC testet av Feller, og har god stabilitet mtp vekt, fotostabilitet og misfarging. Horie antyder at CMC kan krysslenke og gi redusert løselighet.	Brukes gjerne i konservering av lær og vannsensitive materialer. Kan løses i organiske løsemidler. Brukes generelt der det ikke er mulig å bruke vandige klebestoff. Er kjent for å mørkne og misfarge på matte overflater. Regnes som noe mindre stabil enn MC og CMC. Siden Klucel med lavere viskositet regnes for å være mer stabil er det Klucel E og G som er mest i bruk i konservering. Misfarging ved høye temperaturer (90°C)	En variant av MC med en liten mengde hydroksyetyl. Lite testet i faglitteraturen, men Kleivanes egne tester tyder på MHEC er egnet. Gode aldrings- egenskaper ifølge Kleivanes egne tester. Mest brukt med lav viskositet. Mye brukt i mural- konservering. ⁸ Tylose MH300, et hvitt pulver, er løselig i temperert vann og gir lav viskositet.	Finnes både som vannløselig (WS) og løselig i organiske løsemidler (OS). Ikke mye testet i litteraturen. WS ser ut til å ha bedre aldringsegen- skaper. Regnes for å være egnet for konsolidering av matt maling som gouache. Skal gi en matt finish	Finnes i flere lavviskøse varianter. Brukt på matt, underbundet maling ⁹ Gode aldringsegen- skaper ifølge Feller, men lite brukt i konservering Per dd ikke i salg, men Deffner og Johann vurderer å ta HPMC inn i sin katalog.

⁸ Susanne Kaun, personlig kommunikasjon 15.9.2021⁹ Charlotte Stahmann, personlig kommunikasjon 15.12.2021

	Off-white pulver		Mulig hydrolyse i sure omgivelser Hvitt pulver, løses i vann ikke over 38°C.			
--	------------------	--	---	--	--	--

3.2 Erfaringer fra kontaktnett

Kolleger i Norge, Sverige, Danmark, Tyskland, Skottland og Sør-Korea ble spurt om hvilke materialer de bruker i konservering av limfarge (og papir). Konservatorene ble kontaktet per epost og stilt følgende spørsmål:

- Hvilke cellulose-produkter bruker du?
- Hva brukes det til?
- Hvilke oppskrifter bruker/kjenner du?
- Hvordan påføres lim-løsningen på objektet?
- Har du noen erfaringer med aldringsegenskapene til produktet?
- Har du tips til litteratur?

Under følger sammendrag av deres svar.

Daniel Gilberg, privatpraktiserende papirkonservator i Norge, bruker Metylcellulose (MC), karboksymetyl cellulose (CMC), Hydrocy propylcellulose (HPC, Klucel G) – til forsterkning, konsolidering, liming, og ved behov for bunden fukt.

Nasjonalmuseet v/Marie Kleivane: Papirkonservering MC (Methocel). HPC (Klucel), MHC (Tylose) brukes mye, men også noe CMC (Natrium-karboksymetylcellulose) og EHEC (Bermocoll). I papirkonservering kan disse erstatte stivelsesklister, da gjerne fordi de regnes som motstandsdyktige overfor mugg. Dette gir behandlinger som rifforsterkning og utfylling dublering. Det kan også brukes til gjenliming av papir, oppfukning av sekundærmateriale og konsolidering av fargemaling. I litteraturen er det metylcellulose som skal ha de beste aldringsegenskapene, men egne tester viser at Tylose har like gode egenskaper. Klucel er rapportert til å gulne, men mulig kun i de høyeste kjedelengdene. Tror cellulose etere nå er etablert i papirkonservering som et «trygt» polymer for konservering.

Munchmuseet v/Eva Tveit har gjort omfattende forsøk med bruk av størlim i ulike konsentrasjoner, Methocel A4C i ulike konsentrasjoner, med og uten etanol, og med Paraloid B72 og Lascaux medium for konsolidering (LMK) på matt maling på lerret.¹⁰ Disse testene ble utført på testlerret, men også på originaler, med bruk av lavtrykk og ultrasonisk mister.¹¹ Konservatorene konkluderte med at Funori og størlim i ultrasonisk mister er det som fungerer best på de underbundne fargelagene hos Munch, men påpeker at det er en veldig tidkrevende metode. I dag brukes oftest Funori på Munchs malerier, da dette gir best resultat. De etterlyser imidlertid mer forskning på aldringsegenskapene til Funori.¹²

Konserveringsstudiet på UiO brukte MC (Methocel A4C) på Fredrikshald teater, tilsatt etanol, påført gjennom japanpapir.¹³

¹⁰ Full oversikt over Munch tester tilgjengelig hos NIKU

¹¹ Det gjør resultatene mindre relevante for NIKUs formål.

¹² Det er tidligere gjort undersøkelser på NIKU om Funori kan bearbeides til vår bruk som flatekonsolideringsmiddel for limfarge, men det viser seg ikke å være mulig. (Ørnhøi, 2021)

¹³ Personlig korrespondanse Douwtje van der Meulen

Linda Barone, privatpraktiserende papir- og bokkonservator i Norge bruker ikke MC veldig ofte, men bruker heller hvetestivelse som klebemiddel. Bruker også Tylose løst i vann. I konservering av lær (innbindinger) brukes kun Klucel hvis læret er svært angrepet av råte, da Klucel kan gjøre læret stivt.

Nationalmuseet Danmark, bruk på papir: Hovedsakelig bruk av Tylose MH300, MC (CP 10 000), HPC (Sjeldent), MHC, brukes til å klebe papir til papir eller andre overflater, samt riftreparasjon. Iblant brukes også MC med lavere vanninnhold, en tykk oppløsning i vann, tynnet med etanol.

Nationalmuseet Danmark, bruk på matt maling og tekstil: EHEC (Tylose MH300 tilsatt etanol) (eksempel: tråder på skipsmodell føyet sammen med MH300)

Stockholm konservering v/Kristin Fyrand: MC (sjeldent)

Scottish wall painting v/Karen Dundas har ikke brukt MC eller andre cellulose etere til konservering. De bruker gelatin til formålet.

Scottish wall painting v/Ailsa Murray bruker Klucel G, Tylose MH 300 til forsidebeskyttelse av bemalt tre, Klucel G for rensegeler til malerier og rammer, MC for papir.

Karolina Soppa, conservation scientist ved Polyteknisk universitet i Bern, kan fortelle at cellulose etere også krymper og sveller i takt med svingninger i relativ luftfuktighet, men i mye mindre grad enn størlim, og med større forutsigbarhet.

National research institute of cultural heritage i Sør-Korea, v/ malerikonservator Kyeong-min Lee og konservator/forsker Ji-Ae Song, kan fortelle at de i Sør-Korea bruker et lim utvunnet av rødalger, dobak, til flate- og punktkonsolidering av limfarge. Deres limfarge (Dancheoung) er på samme måte som den norske, laget av animalsk lim av hud, ben og fisk. Den er å finne som dekor på templer (interiør og eksteriør), og også på polykrome skulpturer. Limfargetradisjonen i Sør-Korea er i ferd med å dø ut, og det arbeides med bevaring av kunnskapen for fremtidige generasjoner. Konservatorer i området utvinner selv dobak fra alger til bruk i bevaringen av limfargen.

Oppsummering info fra kolleger/kontaktnett

Mest brukt ifølge epostene (i Europa)	<ul style="list-style-type: none"> • Metylcellulose (lite info om hva slags; kun produktnavn Methocel og 10 000) • Hydroxypropylcellulose (Klucel G) • Methylhydroxyethyl cellulose (Tylose MH500)
Aldring	<ul style="list-style-type: none"> • MC fremstår uproblematisk med tanke på aldring • Egenskapene anses som ganske gode på hele spekteret • Metylcellulose skal ha de beste aldringsegenskapene • De vannløselige celluloseene kommer best ut mtp aldring hos Feller og Wilt (Feller et al., 1990) • EHEC (Tylose) er ikke godt nok testet – foreslår evt. aldringstester på denne
Mulige videre tester, prøve ut	<ul style="list-style-type: none"> • MC med lavere polymeriseringsgrad (DP) for bedre inntrenging • Evt. også nanocellulose for bedre inntrenging og beholdt klebekraft • for bedre klebeevne, forsøke blanding størlim/MC? • Vannløselig etylhydroksyetylcellulose (EHEC) skal være egnet for matt maling NB! Denne bør aldringstestes.
Fortsatt hull i kunnskapen	<ul style="list-style-type: none"> • Lite info å finne om cellulose brukt i limfargekonsolidering (Sverige, Danmark, Skottland. Tyskland: Brukt på (matt) maleri, men ikke funnet ref. til limfarge ennå)
Generelle tips	<ul style="list-style-type: none"> • Tilsetning av etanol anbefales for bedre inntrenging • Limløsningene løses i vann, tilsettes etanol etterpå.

3.3 Resultater fra tester

3.3.1 Oppstryk limfarge

Limfarge av brent sienna og bensort ble strøket opp på de ulike lim/krittblandingene.


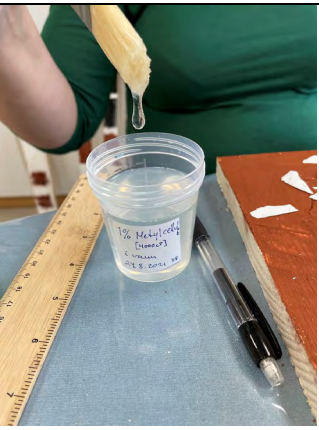
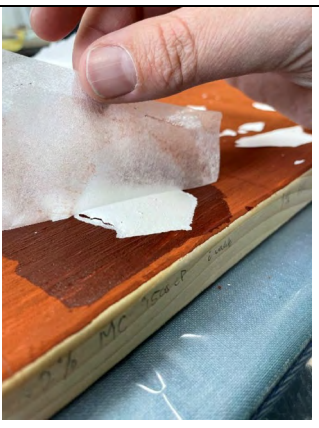

Brent sienna opplevdes kort i penselstrøkene, og ga tykke malingsstrøk som smittet av etter opptørking. Dette kan komme av at malingen ble for pigmentrik.

Sort og harelim ble kornete og ga en knudrete overflate. Ved å tilsette etanol fløt malingen mye bedre.

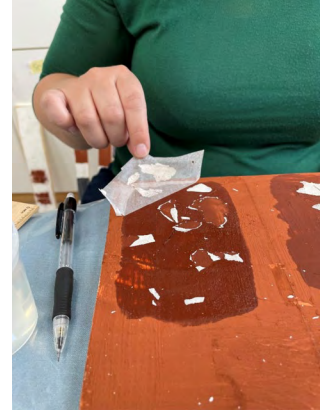



Disse oppstrykene er kun første forsøk, mer systematiske mock-ups vil gi underlag for mer systematisk utprøving i neste fase av prosjektet.

3.3.2 Testkonsolidering med metylcellulose på oppstryk

Metylcellulose 400CP, 1500CP og 4000CP i 1 og 2% løsning, i vann og i vann/etanol 1:1 ble brukt til testkonsolidering på prøveoppstryk av limfarge.¹⁴

	<p>1% MC 4000 CP i vann – pigment smitter av på japanpapir</p>		<p>1% MC 4000 CP i vann – svært viskøst lim</p>
	<p>2% MC i vann 1500 CP, limet trenger inn fra siden, men ikke gjennom malingsflaket. Fester det ikke til underlaget</p>		<p>2% MC i vann 1500 CP. Svært viskøst lim som må jobbes utover flaten</p>

¹⁴ Utvalgsriterier for materialer å bruke i testene: Støtte i litteraturen på aldringsegenskaper, klebeevne, inntrengingsevne og tilgjengelighet.

	<p>2% MC 4000 CP i vann – svært viskøst lim som ikke trenger gjennom malingslaget. Malingsflaket følger med japanpapiret opp</p>		<p>2% MC 400 CP i vann – farge smitter av på papir. (underbundet maling) Denne varianten ser ut til å fungere best.</p>
	<p>2% MC 4000 CP i vann/etanol 1:1. Svært viskos blanding som ikke trekker gjennom malingsflak, selv med etanol i blandingen. Flaket er limt til papiret, ikke til underlaget, og trekkes av med papiret.</p>		<p>1% MC 4000 CP i vann/etanol 1:1. Limet har bare delvis trukket gjennom malingsflakene. Løfter seg noe.</p>

Observasjoner under og etter tester:

Lavere CP viste seg mest egnet til å feste malingen. Lavere prosent var også mer behagelig å jobbe med, og ser ut til å væte og feste bedre. Dette må sjekkes igjen etter noe tid.

Tykkere lag var vanskeligere å feste, flakene festet kun langs kanten, spratt opp og reiste seg ved opptørking. Limet hadde dårlig inntrenging. Malingsflakene følger med japanpapiret opp etter prosessen med å dytte malingen på plass. Dette stemmer overens med observasjoner fra eldre behandlinger: Tykkere lag har lettere for å miste feste etter konsolidering.






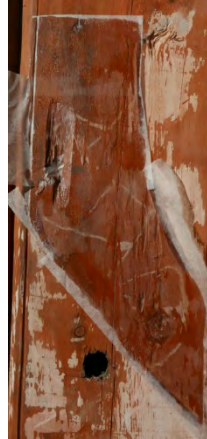


MC-løsningene med etanol ser ut til å ha bedre inntrenging, men mindre enn først antatt. Høyere CP og høyere prosent gir begge raskere opptørking.

Høyere CP ser ut til å gi mer mørkning av malingen.

Testene har vært nyttige for å forstå hvordan MC i ulike løsninger, med ulike molekyllengder og ulike konsentrasjoner oppfører seg og hvordan de er å bearbeide. De har ikke vært så egnet for å teste hvor godt de trenger inn i og fester original maling. For dette må tester utføres på naturlig aldrede malingsstrukturer.



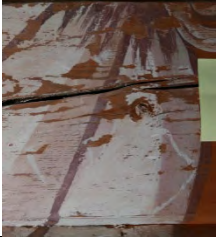

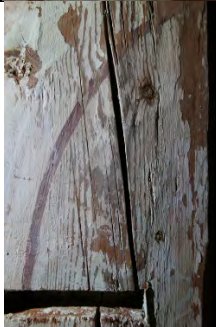



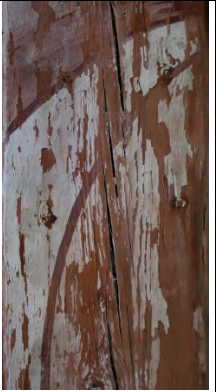

3.3.3 Testkonsolidering på originale overflater i kirker





3.3.3.1 Gimmestad gamle kyrkje¹⁵

Middel/ Løsning	Beskrivelse maling	Påføring	Resultat dagen etter	Kommentar	Testfelt før konsolidering	Testfelt etter konsolidering
Størlim 3 % i vann ¹⁶	Tykk maling, bunnfarge og toppstrøk	Pensel/ japan-papir. 35-40°C-løsning	Observert ca 5 timer etter påføring: gir skjold, malingen er lagt ned. Ikke tørr.	Lett å påføre. Malingen ser ut til å legge seg ned til underlaget. Enkelt å fjerne overskytende lim.		
Methyl cellulose 400 CP, 1 % løsning i etanol: vann, 1:1	Tykk maling, bunnfarge og toppstrøk	Pensel/ japan-papir. Kald løsning	Ikke observert løs maling	Lett å påføre. Malingen ser ut til å legge seg ned til underlaget. Forholdsvis enkelt, men tidkrevende å fjerne overskytende lim.		
Methyl cellulose 400 CP, 2 % løsning i etanol: vann, 1:1	Tykk maling, bunnfarge og toppstrøk	Pensel/ japan-papir. Kald løsning	Ikke observert løs maling	Må jobbes inn i overflaten med penselen. Malingen ser ut til å legge seg ned til underlaget. Tidkrevende å fjerne overskytende lim og usikkert om tilstrekkelige overflatelim ble fjernet. Lim inne i sprekker		
Methyl cellulose 400 CP, 1 % løsning i vann	Tykk maling, bunnfarge og toppstrøk. Vannskadet maling	Pensel/ japan-papir. Kald løsning	Ikke observert løs maling	Lett å påføre. Malingen ser ut til å legge seg ned til underlaget. Enkelt, men tidkrevende å fjerne overskytende lim. Rød undermaling løses. Dette kan skyldes undermalingens tilstand og ikke limblandingen.		

¹⁵ Utført i forbindelse med feltarbeid august 2021 av Tone M. Olstad og Barbro Wedvik. Tabellinformasjon fra Oppdragsrapport 110/2021 (Olstad, 2021)

¹⁶ Størlimet var ca. 40 °C ved oppstart. Det kjentes varmt under påføringen og var lett å påføre. Malingen mykner og legger seg ned, også der den var krakelert i rutemønster etter langvarig vannpåvirkning. Størlimet trekker utover i malingen.



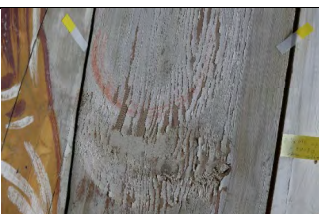





Methyl cellulose 1500 CP, 1 % løsnings i vann	Tykk maling, bunnfarge og toppstrøk. Vannskadet maling	Pensel/ japan-papir. Kald løsnings	Ikke observert løs maling	Tykkere enn 400CP. Ikke så god å påføre. Malingen må legges ned med penselen. Krever lengre påføringstid enn 400CP 1% i vann. Malingen ser ut til å legge seg ned til underlaget. Enkelt, men tidkrevende å fjerne overskytende lim. Rød undermaling løses. Dette kan skyldes undermalingens tilstand og ikke limblandingen.		
Methyl cellulose 4000CP, 1 % løsnings i etanol: vann, 3:1	Tykk maling, bunnfarge og toppstrøk	Pensel/ japan-papir. Kald løsnings	Ikke observert løs maling	Lett å påføre. Malingen ser ut til å legge seg ned til underlaget. Forholdsvis enkelt, men tidkrevende å fjerne overskytende lim.		
Methyl cellulose 4000 CP, 2% løsnings i etanol: vann, 1:1	Tykk maling, bunnfarge og toppstrøk	Pensel/ japan-papir. Kald løsnings	Ikke observert løs maling	Må jobbes inn i overflaten med penselen. Malingen ser ut til å legge seg ned til underlaget. Tidkrevende å fjerne overskytende lim og usikkert om tilstrekkelige overflatelim ble fjernet. Lim inne i sprekker		
Methyl cellulose 1500 CP, 1 % løsnings i etanol: vann, 1:1	Tykk maling, bunnfarge og toppstrøk	Pensel/ japan-papir. Kald løsnings	Ikke observert løs maling, men mulig en «bom» i malingen	Lett å påføre. Malingen ser ut til å legge seg ned til underlaget. Forholdsvis enkelt, men tidkrevende å fjerne overskytende lim		
Methyl cellulose 1500 CP, 2 % løsnings i etanol: vann, 1:1	Tykk maling, bunnfarge og toppstrøk	Pensel/ japan-papir. Kald løsnings	Ikke observert løs maling	Må jobbes inn i overflaten med penselen. Malingen ser ut til å legge seg ned til underlaget. Tidkrevende å fjerne overskytende lim og usikkert om tilstrekkelige overflatelim ble fjernet. Lim inne i sprekker		









Methyl cellulose 1500 CP, 1 % løsnings i etanol:vann, 1:1	Forholdsviss tynn maling, to eller tre lag	Pensel/ japan-papir. Kald løsnings	Ikke observert løs maling	Lett å påføre. Malingen ser ut til å legge seg ned til underlaget. Enkelt, men tidkrevende å fjerne overskytende lim.		
(2020) Methyl cellulose 4000 CP, 1 % løsnings i etanol:vann, 1:1	Tykk maling, bunnfarge og toppstrøk	Pensel/ japan-papir. Kald løsnings	Ikke observert løs maling	Lett å påføre. Malingen ser ut til å legge seg ned til underlaget. Forholdsviss enkelt, men tidkrevende å fjerne overskytende lim		

3.3.3.2 Tyllidalen kirke

Et testfelt over galleriet ble valgt ut for testene.

MC med DP 400, 1500 og 4000 i 1 og 2% løsnings løst i vann/etanol 1:1 og i bare vann.

	Utseende etter påføring	Utseende etter en dag	Kommentar	Foto før konsolidering	Foto rett etter konsolidering
1% MC CP 400 Vann/etanol 1:1	Ser mettet ut Ser ut til å feste	Fuktskjold Malingslaget ligger fremdeles fint ned	Flyter godt		
2% MC CP 400 Vann/etanol 1:1	Seigere enn forrige Ser mettet ut Ser ut til å feste	Malingslaget ligger fremdeles fint ned	Seigere enn forrige. Må jobbes utover		
1% MC CP 1500 Vann/etanol 1:1	Ser ut til å mette Tror det fester	Maling sitter fint	Seig		
2% MC CP 1500 Vann/etanol 1:1	Ser ut til å mette Tror det fester	Renseeffekt Fuktskjold Maling sitter fint	Veldig seig		

1% MC CP 400 Vann	Rennete og vannete. Flater fint ut	Maling ligger fint ned	Sølete. Usikker på om den egentlig gjør noe?		
2% MC CP 400 Vann	Ser fint ut Tror det fester Flater ut	Fuktskjold? Maling ligger fint ned	Seigere enn førrige Føles OK å jobbe med		
1% MC CP 1500 Vann	Ser fint ut Flater ut Tror det fester	Fuktskjold Renseeffekt Maling ligger fint ned	Kjennes tråere å få utover Passe viskositet		
2% MC CP 1500 Vann	Litt tap mot hjørnet av papiret Flater ut Tror det fester	Fuktskjold Renseeffekt Maling ligger fint ned	Seig Ikke så smidig		

4 Diskusjon

Oppgaven fra KLD/Riksantikvaren var å vurdere MC og andre cellulose etere som erstatning for størlim til konsolidering av limfarge. Hvilke egenskaper ønsker vi av limet?

- God penetrasjon
- God klebeevne
- Gode aldringsegenskaper
- Helst uten løsemidler, i hvert fall farlige løsemidler
- Gode håndteringsegenskaper

Penetrasjon: Hvor godt penetrerer limet inn i malingen? Det ser ut til at lav CP i høy konsentrasjon, delvis løst i etanol gir bedre penetrasjon enn omvendt. (Limet væter overflaten bedre, men det kan være vannet, og ikke limet som penetrerer.) Dette er ikke undersøkt om stemmer, og vil være et spørsmål for 2022.

Klebeevne: Hvor godt limet kleber er heller ikke undersøkt annet enn gjennom prøveoppstryk, men en god indikasjon vil være om testfeltene står godt etter minst en vintersesong. Dette skal følges opp i løpet av 2022.

Aldringsegenskaper: Litteraturen viser at alle de aktuelle alternativene har «gode aldringsegenskaper»¹⁷. I det ligger da at de ikke reagerer med originalmaterialer eller forurensninger, mørkner, krysslenker og blir uløselige, eller danner nedbrytningsprodukter som kan skape problemer over tid.

De «gode aldringsegenskapene» det er snakk om vil nok i denne sammenhengen også innebære at sekundærmaterialet brytes naturlig ned, som originalmaterialet. Til annet bruk kan konservatorer ønske at sekundærmaterialet skal være så stabilt som mulig og ikke endres over tid. Men siden limet her skal penetrere hele malingsstrukturen og forsterke originalen fra innsiden ønsker vi heller et lim som har mer eller mindre de samme egenskapene som det originale bindemiddelet, også med tanke på nedbrytning.

Løsemidler: Metylcellulose kan løses i bare vann eller i vann og etanol. Tilsetning av etanol gjør blandingen smidigere og den ser ut til å bedre penetrasjon inn i malingsstrukturen. Etanol er ikke blant de farligste løsemidlene, og ubehaget ved å jobbe med åndedrettsvern må nok derfor tolereres. Ved arbeid med åndedrettsvern må det imidlertid legges inn jevnlig pauser. Dette er også fordyrende for et konserveringsprosjekt.

Håndteringsegenskaper: Det er viktig for NIKU, og for oppdragsgiver, at det valgte limet har gode håndteringsegenskaper og lar seg arbeide effektivt med. Et lim som har gode egenskaper i teststadiet kan vise seg å være lite egnet om behandlingen tar svært lang tid. Dette vil da gjøre prosessen svært kostbar, og i praksis ikke la seg gjennomføre. Det er derfor viktig ikke bare å teste limene på mock-ups og i laboratorium, men også i praksis for å erfare hvordan de er å jobbe med på store flater. Dette er ikke nevnt i særlig grad i litteraturen, da de fleste tester er utført på mock-ups eller på små gjenstander. Dette gjør at ikke all forskning har overføringsverdi til vårt bruksområde, og vi må gjøre våre egne vurderinger. For oss er håndteringsegenskaper avgjørende.

DP, degree of polymerisation, angir molekyllengden. Molekyllengde påvirker viskositet. Viskositet ved 2% løsning i vann oppgis av produsent som CP¹⁸ (vi har testet CP 400, 1500, 4000). Viskositeten vil forandre seg ved ulik prosent løsning, men molekyllengden vil være konstant. Lav DP vil gi bedre inntrenging i matrisen, derfor tror vi at en lavere DP vil være fordelaktig for konsolidering av matt maling, kanskje i kombinasjon med høyere prosent løsning og etanol som tilsetning. Dette må testes videre. Det vil være interessant å teste MC med enda kortere kjeder, og med enda lavere viskositet.

Ved oppføring av testfelt har vi forsøkt å standardisere påføringen så mye som mulig. Ideelt sett burde hver type lim hatt flere påføringer, gjerne utført av flere hender, slik at man lettere kunne avgjøre om det var limet eller påføringen som var egnet/uegnet. Dette er kanskje ekstra viktig når testfeltene er satt opp på originale dekorer der det vil forekomme anomalier i overflaten. Dette har ikke latt seg gjennomføre, og vi er nødt til å stole på den utførende konservatorens dømmekraft og observasjoner. Ved en senere anledning vil det kanskje la seg gjøre å lage et større, mer standardisert oppsett som tar høyde for dette.

Hvor representative er materialene vi har testet på? Våre oppstryk er nye og oppfører seg dermed annerledes enn original limfargedekor, og i tillegg var de ikke var standardisert for testing. På våre egne limfargeoppstryk var nok de hvite malingsflakene for tykke, og den røde bunnfargen for pigmentrik/limsvak.

¹⁷ Med unntak av EHEC som ikke er så godt undersøkt.

¹⁸ Centipoise, ett millipascalsekund i SI-enhet (mPa*s), mål på viskositet (wikipedia).

For videre tester på mock-ups vil systematiske oppstryk utgjøre et bedre underlag. Disse vil bli brukt i videre tester med MC, EHEC, Tylose og evt nanocellulose. Disse oppstrykene vil allikevel være vesensforskjellige fra original limfarge fordi de er nye. En mulighet kan være å gjennomføre kunstig aldring. Dette er imidlertid krevende, relativt upresist, og det vil være en diskusjon om det vil være hensiktsmessig. Lena Stoveland har tematisert mock-ups i sin artikkel presentert ved ICOM-CC-konferansen i 2021 (Stoveland, 2021). Her diskuterer hun ulike typer mock-ups og hva man kan få ut av dem. Denne prosessen vil fortsette i 2022 i samarbeid med Stoveland.

5 Konklusjon

Vi har fått svar på en del av spørsmålene vi stilte innledningsvis:

1. *Hvilke typer cellulose etere finnes* - Vi har fått en oversikt over hvilke typer cellulose etere som er i bruk av konservatorer i dag: CMC, HPC(Klucel), MHEC(Tylose), EHEC (Bermocoll) og HPMC. Hver av dem finnes tilgjengelig i et stort utvalg av viskositeter og molekyllengder. Disse må prøves ut i praksis. Mest lovende er Tylose og EHEC, evt også nanocellulose.
2. *Metode* – det har foreløpig ikke latt seg gjøre å vurdere hvordan metode påvirker resultatet. Til det er det for mange variabler. Mer standardiserte tester vil bli gjennomført i forlengelsen av dette prosjektet. I tillegg vil vurderinger av testfelt i Gimmestad gamle og Tyllidalen kirker gjennomføres etter minst en vintersesong.
3. *Klima – temperatur og luftfuktighet i rommet under påføring og etter* – det ser ikke ut til å påvirke resultatet hvordan inn klima var under påføring¹⁹. Det gjenstår å se hvordan oppstykkene i Gimmestad og Tyllidalen står etter ett år. Klima logges i de aktuelle kirkene.
4. *Aldringsegenskaper* – det er gjort omfattende forskning på cellulose eterens aldringsegenskaper, og de regnes for å være trygge. EHEC er derimot ikke godt nok testet.
5. *Alternativer til metylcellulose* – andre cellulose etere: Mest lovende er Tylose og EHEC, evt også nanocellulose.

Den foreløpige konklusjonen må være at vi må gjennomføre videre tester med Tylose, EHEC, HPMC og nanocellulose.

6 Veien videre

Problemstillinger 2022:

- **Inntrengning: Hvor i lagstrukturen legger cellulose eterne seg etter flatekonsolidering? Oppnår vi det vi vil? Vi bør finne en analysemetode der en kan skille cellulosen fra proteinet for påvisning av lim i tverrsnitt, på en måte vi kan anvende inn i våre prosjekter.**
- **Teste følgende hypotese: I metylcellulose gir lavere CP, høyere konsentrasjon og tilsetning av etanol bedre inntrenging uten å redusere limstyrke.**
- **Håndteringsegenskaper: Hvilke håndteringsegenskaper har de andre cellulose eterne, er det mulig å jobbe bedre med dem? Utføre tester på mock-ups.**

Evt også:

- Er cellulose så stabil ved svingninger i relativ luftfuktighet som vi tror?

¹⁹ Dette er mer aktuelt for størlim, som må holde mellom 40 og 60°C ved påføring.

- Er andre alternativer, som nanocellulose, noe vi skal gå videre med? Enten alene eller som tilsetning i MC. (Evt med tilsetning av kolloid for påvisning i tverrsnitt)
- Har vi noe å lære av koreansk tilnærming til bevaring av limfarge? Om mulig vil konservator fra NIKU besøke National Research Institute of cultural heritage i Sør-Korea og observere deres praksis for videre vurdering av dobak.

6.1 Analyser av tverrsnitt – hvor legger limet seg?

I forbindelse med NIKUs størlimsprosjekt har det blitt tatt ut snitt fra områder med original limfargedekor som tidligere har blitt behandlet med størlim. Prøvene er analysert for å få undersøkt hvor limet har havnet i malingsstrukturen. Metoden som ble brukt var ELISA, en analysemetode som kan påvise proteiner. (Ørnhøi, 2021) Det viser seg imidlertid at det er for mange parametre og for mange usikkerhetsmomenter i prøver fra originale limfargeoverflater til å gi sikre resultater. Derfor vil neste skritt være å gjøre tester på de standardiserte oppstrykene av limfarge Jon Brønne har utført for NIKU. Oppstrykene er laget med følgende variabler:

- Tynne og tykke lag
- Limsterkt og limsvakt
- Ett- og flerlagsstrukturer
- Ulike pigmenter: bensort, gul oker og rødt jernpigment.

For å kunne gjennomføre tilsvarende analyser på testfelt med cellulose etere, ble det laget et tilsvarende sett prøveoppstryk til dette prosjektet. Siden klebestoffet er cellulose, ikke protein, vil vi måtte finne andre måter å påvise cellulose i tverrsnitt på, for eksempel ved tilsetning av fluorescensmarkør. (Laase et al., 2013; Soppa, Laaser & Krekel, 2013)

6.2 Videre praktiske tester med andre cellulose etere

I løpet av 2022 planlegger vi å utføre testkonsolidering på limfarge-mock-ups med

- Tylose
- EHEC (Bermocoll)
- MC CP15
- (HPMC)
- (Nanokrystallinsk nanocellulose)

Testene vil bli utført på prøveoppstryk og helst også på originale limfargedekorasjoner, gjerne med fluorescensmarkør.

6.3 Oppfølging utførte testfelt

I løpet av 2022 bør vi kontrollere prøvafelt i Tyllidalen og Gimmestad kirker og se om konsolideringen fremdeles sitter. Prøvafeltene må ha stått minst én hel vintersesong.

7 Referanser

- Brænne, J. (1998). *Dekorasjonsmaling : marmorering, ådring, lasering, patinering, sjablondekor, strukturmaling*. Oslo: Teknologisk forl.
- Feller, R. L., Wilt, M. & Getty Conservation, I. (1990). *Evaluation of cellulose ethers for conservation*. Marina del Rey, Calif: The Getty Conservation Institute.
- Han, W.-S., Oh, S.-J., Kim, Y.-M., Lee, Y.-J., Kim, Y.-J., Park, M.-S. & Wi, K.-C. (2018). Base Study related with Development of NATURAL Bio-Adhesives using Sea Weeds. *Journal of Conservation Science, Vol 34(6)*.
- Horie, V. (1986). *Materials for conservation. Organic consolidants, adhesives and coatings* (2. utg.) Butterworth-Heinemann, imprint of Elsevier.
- Kim, S. H., Han, K. S. & Lee, H. S. (2017). A study on the Application of Dobak-glue for Fixation PAinting Layer of Earthen Mural. *Journal of Conservation Science, Vol 33, Issue 6*, 553-564.
- Kleivane, M. (2020). Konservatorens guide til celluloseeternes galakse. *Norske konserves, 1/2020*.
- Kohler, K., Soppa, K., Geiger, T. & Grüneberger, F. (2018). *Nanocellulose – Ein möglicher Zuschlagsstoff für die Methylcellulose zur Herabsetzung der Viskosität und Klebkraftsteigerung bei Lindenholzverklebung, poster*. Innlegg presentert ved International Conference 25.-27-1-2018, HAWK.
- Kolman, K., Nechyporchuk, O., Persson, M., Holmberg, K. & Bordes, R. (2018). Combined Nanocellulose/Nanosilica Approach for Multiscale Consolidation of Painting Canvases. *Applied Nano Materials*.
- Laase, T., Soppa, K. & Krekel, C. (2013). Lokalisering von Konsolidierungsmitteln in Gemälden durch Fluoreszenzmarkierung. Teil II: Undetrachtung des Eindringserhaltens von Methylcellulose-Gelatine-Mischungen beid der Konsolidierung von Malschichten mittels Fluoreszenzmarkierung. *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 27. Jahrgang 2013. Heft 2*.
- Maheux, A. & McWilliams, W. (1995). The use of the ultrasonic mister for the consolidation of a flaking gouache painting on paper. *The Book and Paper Group, The American Institute for Conservation, 14, 1995*.
- Olstad, T. M. (2021). *NIKU Oppdragsrapport 110/2021. Gimmestad gamle kirke. Limfargedekor. Forprosjekt 2021. Kulturminne-Id 84240. Gloppen kommune*. NIKU.
- Olstad, T. M. & Jernæs, N. K. (2017). *Analysér av størlimsbehandlet limfarge. Vurdering av størlim som konsolideringmetode. Delprosjekt 3 (NIKU Oppdragsrapport 154/2017)*. Norsk institutt for kulturminneforskning.
- Olstad, T. M. & Ørnhøi, A. A. (2014). *Konsolidert limfargedekor i stavkirkene - en oversikt. Vurddering av størlimkonsolidering av limfarge på tre. Delprosjekt 1 (NIKU oppdragsrapport 62/2014)*. Norsk institutt for kulturminneforskning.
- Olstad, T. M. & Ørnhøi, A. A. (2015). *Vurdering a størlim som konsolideringmiddel for limfarge på tre. Del 2 (NIKU Oppdragsrapport 146/2015)*. Norsk institutt for kultuminneforskning.
- Ream, J. D. (1995). Observations on the Penetration of Two Consolidants applied to Insecure Gouache on paper. *The book and paper group annual, 14*.
- Soppa, K. (2014). *Adhesion and penetration of sturgeon glue and gelatines with different Bloom grades*. Innlegg presentert ved ICOM-CC 17th Triennial Conference, Melbourne.
- Soppa, K. (2018). *Die Klebung von Malschicht und textilem Bildträger* Staatlichen Akademie der Bildenden Künste Stuttgart, Stuttgart.
- Soppa, K., Laaser, T. & Krekel, C. (2013). Lokalisering von Konsolidierungsmitteln in Gemälden durch Fluoreszenzmarkierung. Teil I: Einführung in die Verfahrenstechnik ind Anwendungsbeispiele bei aufstehender Malschicht auf textilem Bildträger. *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung, 2, 22*.
- Stoveland, L. P. (2021). *Mock-ups and materiality in conservation research*. Innlegg presentert ved ICOM-CC, 19th Triennial Conference 2021 Beijing, Beijing, China.
- Thuer, C. H. (2011). Scottish renaissance interiors: Facings and adhesives for size-tempera painted wood. *Historic Scotland Technical Paper, 11*, 131.
- Ørnhøi, A. A. (2021). *Elisa-testing av limfargedekor i stavkirker. Med hovedfokus på Ringebu, Nore, Uvdal, Heddal og Eidsborg stavkirker. Delrapport 4 (NIKU Oppdragsrapport 8/2021)*. Norsk institutt for kulturminneforskning.

Nyttige linker:

https://www.conservation-wiki.com/wiki/BPG_Adhesive_Recipes_and_Tips#Cellulose_Derivatives

Personlig kommunikasjon

Barone, Linda, privat papir- og bokkonservator i Oslo, epost 19.04.21

Dundas, Karen, Scottish wall paintings conservators, epost 6.4.2021

Fyrand, Kristin, malerikonservator i Stockholm, epost 23 3 2021

Gillberg, Daniel, privat papirkonservator, epost 24.3.2021

Ji-Ae Song, konservator/forsker National Research Institute of Cultural Heritage i Sør-Korea, digitalt møte 24.8.20210

Kaun, Susanne, muralkonservator NIKU, Oslo, løpende kommunikasjon, epost 14.12.2021

Kyeong-min Lee, malerikonservator National Research Institute of Cultural Heritage i Sør-Korea, digitalt møte 24.8.2021

Kleivane, Marie, Nasjonalmuseet i Oslo, epost 23.3.2021

Meulen, Douwtje van der, IAKH, UiO, epost 20.5.2021

Murray, Ailsa, Historic Environment Scotland, epost 6.4.2021

Soppa, Karolina, conservation scientist, Bern, digital møte 15.12.20210

Stahmann, Charlotte, malerikonservator i Köln, eposter, digitalt møte 6-15.12.2021

Tveit, Eva, Munchmuseet i Oslo, epost 30.4.2021

Ørnhøi, Anne, malerikonservator NIKU, Oslo, løpende kommunikasjon

Norsk institutt for kulturminneforskning er et uavhengig forsknings- og kompetansemiljø med kunnskap om norske og internasjonale kulturminner.

Instituttet driver forskning og oppdragsvirksomhet for offentlig forvaltning og private aktører på felter som by- og landskapsplanlegging, arkeologi, konservering og bygningsvern.

Våre ansatte er konservatorer, arkeologer, arkitekter, ingeniører, geografer, etnologer, samfunnsvitere, kunsthistorikere, forskere og rådgivere med spesiell kompetanse på kulturarv og kulturminner.

www.niku.no

NIKU Rapport 110

NIKU hovedkontor
Storgata 2
Postboks 736, Sentrum
0105 OSLO
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tønsberg
Farmannsveien 30
3111 TØNSBERG
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Bergen
Dreggsallmenningen 3
Postboks 4112, Sandviken
5835 BERGEN
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Trondheim
Kjøpmannsgata 1b
7013 TRONDHEIM
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tromsø
Framsenteret
Hjalmar Johansens gt. 14
9296 TROMSØ
Telefon: 77 75 04 00