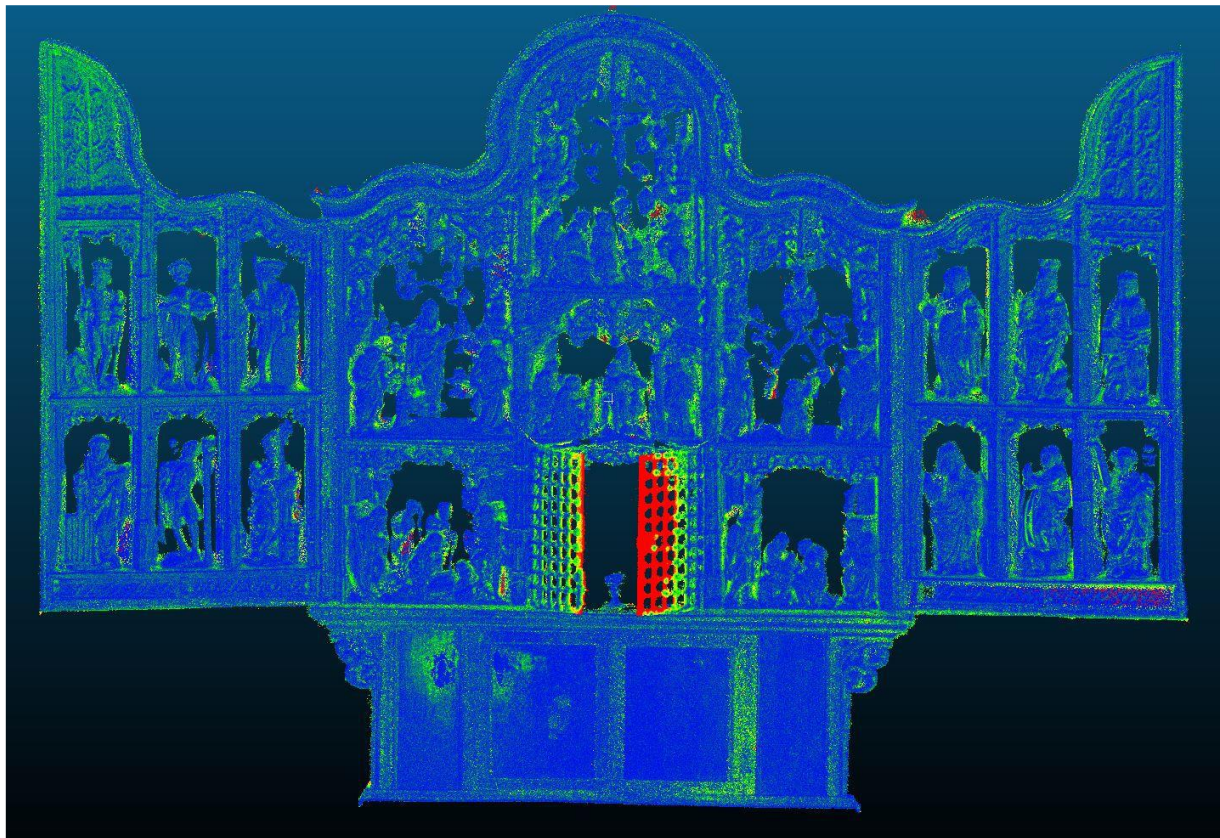


ALTERSKAPET I A 97 RINGSAKER KIRKE

Overvåkning av konstruksjonen, år 1

Kjersti Ellewsen, Tone Olstad, Lena Stoveland, Anne Ørnhøi





Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)
 Storgata 2, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo
 Telefon: 23 35 50 00
www.niku.no

Tittel Alterskapet i A 97 Ringsaker kirke Overvåkning av konstruksjonen, år 1	Rapporttype/nummer NIKU Rapport 208	Publiseringsdato 21.04.2023
	Prosjektnummer 1022191	Sider 58
	Avdeling Konservering	Tilgjengelighet Åpen
Forfatter(e) KJERSTI ELLEWSEN, TONE OLSTAD, LENA STOVELAND, ANNE ØRNHØI	ISSN 2703-7797 ISBN 978-82-8101-354-4	Oppdragstidspunkt / periode utført Skriv her
	Forsidebilde Bildet viser laserskann fra måling 1 og 4 lagt på hverandre, i programvaren CloudCompare. Foto: Bangs oppmåling AS	

Prosjektleder Kjersti Marie Ellewsen
Prosjektmedarbeider(e) Tone Olstad, Erich Nau, Anne Apalnes Ørnhøi, Lena Stoveland
Kvalitetssikrer Tone Olstad

Oppdragsgiver / finansiert av Riksantikvaren
--

Sammendrag Ringsaker kirke har et stort alterskap fra senmiddelalderen stående på hovedalteret. Det består av et buet midtparti (korpus), buede fløyer og en predella. Korpus er murt til alterbordet. Skapet står åpent store deler av året, og det er knyttet usikkerhet til skapets stabilitet. Fløydørenes er tunge og belaster midtpartiet når de åpnes, og står åpne. Vurderingen av konstruksjonens stabilitet ble påbegynt i 2019. NIKU, Multiconsult, K. Apeland AS og Jean-Albert Glatigny har undersøkt skapet. Konklusjonen av undersøkelsene ble at skapet bør overvåkes i en periode på 3 år for å se om det er bevegelser i konstruksjonen, og for å vurdere eventuelle tiltak for å støtte opp konstruksjonen. Bangs oppmåling AS på Lillehammer har gjort oppmålinger med totalstasjon, laserskanner, høypresisjonsvater og nivellerkikkert i april, august og oktober 2022, og i januar 2023. Rapporten sammenstiller resultatene fra disse oppmålingene.
Abstract Ringsaker church has a large altarpiece (triptych) from the late Middle Ages standing on the main altar. It consists of a curved middle section (corpus), curved wings and a predella. The corpus is mantled to the altar with mortar. The triptych stands mainly open much of the year, and there is uncertainty about the stability of the object. The wings are heavy and strain the middle section when opened, and are left open. The assessment of the stability of the structure was begun in 2019. NIKU, Multiconsult, K. Apeland AS and Jean-Albert Glatigny have examined the cabinet. The conclusion of the investigations was that the cabinet should be monitored for a period of 3 years to see if there is movement in the construction, and to assess any measures to support the structure. Bangs oppmåling AS in Lillehammer has made measurements with a total station, laser scanner, high-precision waters anda level instrument in April, August and October 2022, and in January 2023. The report compiles the results of these surveys.

Emneord Overvåkning, oppmåling, alterskap, Ringsaker kirke, laserskann, setninger
Keywords Surveillance, surveying, altarpiece, Ringsaker church, laser scan, subsidence

Avdelingsleder
 Annika Haugen

Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	7
1.1	Alterskapet.....	7
2	Alterskapets strukturelle tilstand.....	7
2.1	Konstruksjon	7
2.2	Tilstand	7
3	Overvåking - gjennomføring og metode	8
3.1	Plombering av fløydører og feste av gitterdører	8
3.2	Målinger og metoder.....	9
3.2.1	Totalstasjon og skanning	10
3.2.2	Bruk av håndholdt prisme	10
3.2.3	Nivellering	10
3.2.4	Digitalt høypresisjonsvater	11
4	Oppsummering av resultater etter 4 oppmålinger	11
5	Resultat av overvåkingen i relasjon til inneklime.....	11
5.1	Dimensjoneringer i materialer som følge av variasjoner i relativ luftfuktighet	11
5.2	Inneklime ved alterskapet i perioden for oppmålingene	12
6	Anbefaling til videre arbeid	14
7	Vedlegg.....	15
7.1	Rapport K. Apeland AS	15
7.2	Observation report on the Ringsaker altarpiece. Jean-Albert Glatigny	28
7.3	Bangs oppmåling AS. Rapport Deformasjonsovervåkning 2022-2023	33

1 Bakgrunn

1.1 Alterskapet

Ringsaker kirke har et stort senmiddelalder-alterskap stående på hovedalteret. Alterskapet er produsert i Antwerpen tidlig på 1500-tallet. Det er cirka 260 cm høyt og 200 cm bredt med lukkede fløyer.¹

Alterskapets korpus er delt i sju rom med fortellende scener som skulpturgrupper satt inn i arkitektur. Mellom hovedscenene er det arkitektur og mindre skulpturgrupper. Fløyene har skulpturrekker på innsiden og malerier på utsiden. Predellaen har i lukket stand fire malerier. De midtre maleriene er på dører som lukker for en skulpturell dommedagsscene.

Riksantikvaren ba i 2019 NIKU om å gjennomføre et dokumentasjons- og undersøkelsesprosjekt for alterskapet.² Prosjektet ble endelig bestilt fra Riksantikvaren i august 2019 og prosjektet ble gjennomført i kirken i ukene 46-50, 2019.³

Prosjektet tok for seg tilstandsvurdering og dokumentasjon av skulpturscener og malerier, evaluering av tidligere behandlinger, metodikk for videre behandling, samt vurdering av alterskapets konstruksjon og konstruksjonens statiske egenskaper.

Alterskapet viser tydelige deformasjoner. Det er uklart hva som er årsakene til deformasjonene og om deformasjonene er i utvikling. En av konklusjonene etter prosjektet i 2019 var derfor at det måtte gjøres ytterligere konstruksjonsmessige og statiske undersøkelser av alterskapet.

2 Alterskapets strukturelle tilstand

2.1 Konstruksjon

Ringsakerskapet består av et buet midtparti, korpus, buede fløyer og en predella. Predellaen ser ut til å være murt fast til alterbordet. Skapet støttes med to metallstag til østveggen i kirken. Prinsippet for konstruksjonen av Ringsakerskapets korpus og fløyer er at en enkel og grov konstruksjon bærer påsatte og innsatte elementer som gir alterskapets synlige form og innhold. En scene i alterskapet kan bestå av 60 deler montert sammen. Alterskapet er laget i eik importert fra Baltikum.

For mer informasjon om alterskapet konstruksjon, se NIKU Oppdragsrapport 5/2020 *Ringsaker kirkes gamle herlighet. Undersøkelser og dokumentasjon av alterskapet i A97 Ringsaker kirke, Innlandet*.

2.2 Tilstand

På grunn av manglende tilgang til alle deler av alterskapet er det knyttet usikkerhet rundt bæresystemet til skapet og fløydørene. Det betyr at selv om korpus sin hovedkonstruksjon virker stabil, er det usikkert hvor stabil den er. Korpuskonstruksjonen belastes når fløyene åpnes fordi fløyene er tunge og anlegget for fløyene på predellaen er lite. Vektene av fløyene gjør at de skråner nedover fra korpus og konstruksjonen belastes. Den søndre fløyen tipper dessuten fremover/vestover i toppen. Fløydørene henger, og den ene fløyen må løftes for å åpnes og lukkes. Det er opprinnelige og sekundære hengsler med opprinnelige metallnagler (?) og sekundære/nye skruer som fester hengslene. Gitterdørene foran den sentrale scenen i korpus belaster konstruksjonen når de åpnes, de

¹ Olstad, T.M. 2021. Alterskapet i Ringsaker kirke- et uendret klenodium? I: Ringsaker kirke- landets fornemste sognekirke. ISBN: 978-82-8390-074-3. Novus forlag.

² Som en del av NIKUs nasjonale oppgaver (post 3).

³ For mer informasjon se NIKU Oppdragsrapport 5/2020 *Ringsaker kirkes gamle herlighet. Undersøkelser og dokumentasjon av alterskapet i A97 Ringsaker kirke, Innlandet*.

henger og tar ned i predellaens overside. Dørene til predellaen er ustabile. Ramtre-konstruksjonen i den søndre døren i predellaen må løftes opp for å kunne lukke døren.

Vurderingen av konstruksjonens stabilitet ble påbegynt av NIKU og Multiconsult AS i 2019. Multiconsult AS var opptatt av hengslene og fløyenes belastning på konstruksjonen. De anbefalte tiltak utfra dette, blant annet at fløyene burde understøttes. Multiconsult AS støttet også NIKUs vurdering angående overvåking, og anbefalte et overvåkningsprogram over tid for å registrere eventuelle pågående bevegelser i skapet utover normale variasjoner i treverk og konstruksjon relatert til fluktusjoner i temperatur og relativ luftfuktighet.⁴

For videre utredning av konstruksjonens stabilitet og eventuelle tiltak, ble firmaet «Dr.techn. Kristoffer Apeland AS. Rådgivende ingeniører i byggeteknikk» (K. Apeland AS) trukket inn i arbeidet.

6. oktober 2021 ble det avholdt et heldagsmøte i kirken med representanter fra K. Apeland AS (Trond Gundersen, siv.ing., Agatha Al-Saadi), statiker/konservator Jean-Albert Glatigny fra Belgia, kirkevergen i Ringsaker (Kai Ove Berg), representanter fra Ringsaker kirkelig fellesråd, finsnekker Torbjørn Dahl fra Castor Kompetanse AS,⁵ Riksantikvaren (Henrik Smith, seniorrådgiver og Ingeborg Magerøy, seniorrådgiver) og Tone M. Olstad, malerikonservator/forsker fra NIKU.

Etter møtet i kirken ble, etter avtale med NIKU, rapporter angående alterskapets konstruksjon levert av K. Apeland AS og Glatigny. Disse inneholder vurderinger av konstruksjonen, forslag til tiltak, samt forslag til overvåkning av alterskapet. Overvåkning av alterskapet foreslås for å avdekke eventuelle variasjoner over tid. Resultatet av overvåkningen vil brukes til å vurdere riktige tiltak for bevaring av alterskapet, og for stabilisering av eventuelle bevegelser i konstruksjonen. Se vedlegg 7.1 rapport fra K.Apeland og vedlegg 7.1 rapport fra Clatigny.

Diskusjonene på møtet resulterte i en beslutning om at alterskapet skulle overvåkes og at andre tiltak skulle utsettes. K. Apeland AS fikk i oppdrag fra NIKU å finne firmaer som kunne levere forslag til overvåkningsmetode for alterskapet.

1.mars 2022 ble det gjennomført en befaring med to aktuelle leverandører av overvåkningstjenester; Bangs oppmåling AS, Lillehammer⁶ og Mjøsplan AS, Moelv. Begge firmaene hadde levert en kortfattet beskrivelse av metode for overvåking før befaringen. De to leverandørene presenterte sine forslag til overvåking for representanter fra Ringsaker kirkelige fellesråd, K. Apeland AS, NIKU og Riksantikvaren. De presenterte metodene ble diskutert uten firmaene til stede. Møtet besluttet at Bangs oppmåling AS var det aktuelle firmaet for oppdraget.

3 Overvåking - gjennomføring og metode

3.1 Plombering av fløydører og feste av gitterdører

Alterskapet lukkes vanligvis i fasteperioden før påske, og åpnes igjen under gudstjenesten på første påskedag.

⁴ Se kap 7.1.5. Forslag til tiltak med hensyn til stabilitet, og vedlegg 3. Rapport fra Multiconsult AS i NIKU Oppdragsrapport 5/2020 *Ringsaker kirkes gamle herlighet. Undersøkelser og dokumentasjon av alterskapet i A97 Ringsaker kirke, Innlandet.*

⁵ Dette for å trekke inn lokal kompetanse om tiltak skulle gjøres i forhold til dørene på predellaen.

⁶ Bangs oppmåling AS, Hamarvegen 11, N-2613 Lillehammer

For å sørge for at skapet står i samme posisjon i hele overvåkingsperioden ble det gjort avtale med kirkeeier om å ha det stående åpent i minst 3 år.⁷

Fløydørene ble plombert med plaststrips på baksiden i åpen posisjon. Stripsene ble merket slik at skapet ikke skal kunne lukkes og plomberingen erstattes med nye strips i overvåkingsperioden. Merkingen på stripsene ble sjekket ved måling nummer fire, januar 2023. De er ikke skiftet ut i løpet av perioden.



Plombering, nordre fløy

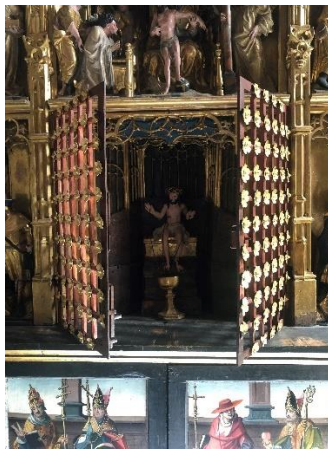
Plombering, søndre fløy

Metallgitteret på korpus (foran smertemannen-scenen) ble festet med trekiler. Disse kilene var blitt fjernet av en av kirkens brukere i det første året, og skanning av denne delen av skapet er derfor forstyrret.

Dokumentasjon av plombering, låsing av metallgitter og prismetape ble sendt til Riksantikvaren i brev datert 21. april 2022.



April 2022. Daværende prosjektleder Tone Olstad lukker metallgitteret med trekiler



April 2022. Lukket posisjon.



August 2023. Metallgitteret var blitt åpnet av kirkens brukere og en av kilene lå løst. Gitteret ble igjen lukket i halvåpen posisjon.

3.2 Målinger og metoder

Fra 20. april 2022 til januar 2023 har Bangs oppmåling AS utført fire målinger. Se vedlegg 7.3. Oppmålinger er foretatt 21. april 2022, 1. august 2022, 27. oktober 2022 og 30. januar 2023. Dette gir en måling omtrent hvert kvartal. Første måling ble gjort raskt etter påske 2022, for å teste en hypotese om at de største bevegelsene vil skje umiddelbart etter at skapet er åpnet etter en lukket periode.

⁷ Tillatelse til dette og til å plassere fastmerker i kirkerommet ble, etter søknad fra NIKU, gitt av Riksantikvaren i brev datert 19.04.2022. Ref 21/00846-7

Hyppigheten er viktig for å kunne sammenligne oppmålingene med klimadata, og se om eventuelle variasjoner og bevegelser er konstant mot en retning eller varierer i forhold til tørre og fuktige perioder i kirka (se kapittel 5 for foreløpige vurdering av resultatene opp mot klimadata).

Etter anbefaling fra K. Apeland AS (side 25, vedlegg 7.1) ble det valgt ut noen linjer som skulle måles opp. Fløydørenes kant i åpen posisjon samt underkant av fløydører måles.

Det er brukt flere metoder i kombinasjon under oppmålingen av skapet. Til sammen er 4 metoder prøvd, og metodene er tilpasset underveis. Det ble startet opp med 3 ulike metoder, der en er forkastet underveis og en ny metode er kommet til. Ingen av metodene kan alene gi klare og entydige svar på skapets stabilitet. Kryssverifisering av resultatene fra hver metode bidrar til å sikre det samlede resultatet gi et klarere svar på om det er stadige bevegelser i skapet. De 3 metodene som ble brukt på tredje og fjerde måling er målemetodene som anbefales brukt videre.

3.2.1 Totalstasjon og 3D-skanning

Ved første måling, 21.april 2022 ble det startet opp med oppmåling av totalstasjon og 3D-skanning med laserskanner (se vedlegg 7.3 for spesifikasjon av instrumentene). Totalstasjon har målt inn skapet i rommet ut fra fastmerker i kirkerommet. Fastmerkene består av prismetape som er satt opp på ulike steder på veggene i kor og skip. Merkene ble plassert etter nær dialog med Riksantikvaren og eier. Oppmålingen med totalstasjon er så brukt for å plassere skannet inn i et koordinatssystem, og hvert senere skann blir georeferert til disse merkene. Skannene blir så lagt over hverandre i en programvare for å sammenlignes fra måling til måling.

3.2.2 Bruk av håndholdt prisme

Det ble også gjort forsøk med prisme på skapets øvre, ytre punkter. Denne metoden ble forkastet da plassering av prismet førte til bevegelser i konstruksjonen. Innmåling av prismet med totalstasjon gir svært nøyaktige målinger, men fungerer dessverre ikke i dette tilfellet.



Oppstart av overvåkingen april 2022. Runar Kristiansen.. og Einar Gladhaug fra Bangs oppmåling AS, og Tone Olstad fra NIKU.



Bildet viser prismet som ble skreddersydd til alterskapet ved plassering på høyre fløydør.

3.2.3 Nivellering

I tillegg ble det startet opp med nivellering, og dette er videreført under alle 4 målinger. Nivellering måler høydeavstanden fra metallbolter i gulvet til det nederste hjørnet på begge fløydører (se side 38, vedlegg 7.3). Ettersom vi anser at metallboltene i gulvet er helt stabile, vil det kunne måles om fløydørene sigr. Dette er et viktig punkt å måle, da hengslene som fester dørene til korpus er et svakt punkt. Denne avstanden blir målt med nivellerkikkert.

3.2.4 Digitalt høypresisjonsvater

På tredje måling ble det gjort forsøk med digitalt høypresisjonsvater. Dette vateret ble lagt inntil ulike steder på skapet med flat overflate (se side 39-40, vedlegg 7.3). Det ble tatt fotografier slik at samme sted kunne gjenfinnes ved neste måling. Denne metoden er ikke helt reproducerbar, men i kombinasjon med resultater fra de andre metodene kan den bekrefte funn fra de andre metodene.

Følgende metoder anbefales brukt videre:

- Laserskanning uten prisme.
- Nivellering
- Digitalt høypresisjonsvater

4 Oppsummering av resultater etter 4 oppmålinger

Vedlegg 7.3 viser detaljerte resultatet av alle 4 målinger, og med valgte metoder, utført av Bangs oppmåling AS.

Resultatene etter 4 målinger viser forandringer i skapet. Laserskanningen har en usikkerhetsmargin på 1-2mm. Dette må tas med i betraktningen, og det er derfor det er viktig med ulike metoder som kan utfylle hverandre. Det største utslaget er kommet på toppen av venstre, nordre fløydør. Resultatene av skannene fra alle 4 målinger viser bevegelse her, med et resultat på 2-3mm fra første til siste oppmåling. Dette resultatet er større enn usikkerhetsmarginen i laserskannet. I fjerde og siste skann i januar 2023 viste det også noe bevegelse øverst på høyre, søndre fløydør.

Nivelleringskikkerten har høy presisjon, og den viser at dørene siger. Begge fløydører har beveget seg ned mot gulvet i måleperioden, 21. april 2022 – 30. januar 2023. Venstre fløydør har en setningsendring på 1,1 mm, og høyre fløydør viser en endring på 2,2 mm. Venstre fløydør var stabil frem til de tre siste månedene av perioden. Fløyen beveget seg 1,1 mm de siste 3 månedene (oktober 2022 – januar 2023). Høyre fløydør beveget seg cirka 1 mm for hver måling, men var uten bevegelse mellom målingene 27. oktober 2022 og 30. januar 2023, nest siste og siste måling (samme periode som venstre fløydør beveget seg). Målingene med både laserskanner og presisjonsvateret bekrefter disse resultatene.

I løpet av dette året har skapet fått stå urørt i åpen stilling, men metallgitteret på korpus er åpnet. Dette gir kraftige utslag på skannet, og gir ikke sammenlignbare resultater her. Dette er imidlertid ikke et viktig område for overvåkingen, men alle endringer i skapet, som å bevege på gitterdørene, kan påvirke resten av konstruksjonen.

5 Resultat av overvåkingen i relasjon til inneklima

Forandringene i alterskapet konstatert gjennom målingene ble vurdert i sammenheng med generell kunnskap om dimensjonsendringer i treverk og andre materialer, samt inneklima-målinger ved alterskapet innenfor samme periode som målingene. På oppstartsmøtet for overvåkingen ble det diskutert i hvilken grad et varierende inneklima inne i koret ville kunne påvirke hovedbevegelser i alterskapet og derved målingene.

5.1 Dimensjonerings i materialer som følge av variasjoner i relativ luftfuktighet

Alterskapet i Ringsaker kirke består i hovedsak av materialer som er hygroskopiske, det vil si materialer som opptar og avgir fuktighet med omgivelsene. Enkelt sagt er det slik at hygroskopiske materialer som treverk, grundering, lerret, papir og tekstiler, opptar og avgir fuktighet for å oppnå et

fuktighetsinnhold som er i likevekt med den relative luftfuktigheten (RF) i luften rundt.⁸ Når RF synker tørker treverk og andre materialer gradvis opp og krymper i størrelse, og når RF øker sveller materialene.

For vurdering av klimaets eventuelle påvirkning av måleresultatene er det tilstrekkelig å forholde seg til treverket i alterskapet. Treverkets respons på klimavekslinger er dessuten den dominerende bevegelsen i maleri på tre. Klimaets innvirkning på måleresultatet vil henge sammen med innenfor hvilket RF-område de daglige fluktuasjonene har vært i perioden forut for målingen, og om det generelt sett har vært «tørt» eller «fuktig».

Også temperaturen kan, grovt sagt, være avgjørende for responstiden eller hvorledes en kortvarig RF-ending av en viss størrelse påvirker gjenstanden.⁹ Fordi fuktdiffusjonen skjer hurtigere i høye temperaturer vil en brå endring i RF i en varm kirke kunne bety en større klimapåkjenning for gjenstanden enn en tilsvarende endring i en kald kirke.¹⁰ Dekorlaget består ofte av flere lag og mange materialer. De fleste av disse materialene er hygroskopiske og vil til enhver tid forsøke å være i likevekt med luftens relative luftfuktighet. Det at materialene ikke kan bevege seg fritt, at de har forskjellig bevegelsesmønster og responderer ulikt på RF-endringer, gjør at klimabelastninger kan resultere i skader i dekor og underlag. Det at treet reagerer ulikt i de forskjellige retningene, – mest i tangentiell retning-, bidrar til klimabelastningen på maleri på tre. RF-fluktuasjoner som fører til belastninger utover det såkalte flytpunktet for materialene er en for stor påkjenning og kan ved gjentatte belastninger føre til synlige skader, for eksempel utfall av maling. Grunderingslaget er oftest det svake punktet fordi dette er særlig utsatt når oppbevaringsklimaet fluktuerer: krymping av treet fører til at grunderingen presses sammen, mens den strekkes når treet sveller.

Ved lav RF ($\leq 30\%$ RF) øker kompresjonsstresset i treverk og grundering, og øker risikoen for at det kan oppstå sprekker på makro- og mikronivå. Ved høy ($\geq 70\%$ RF) øker strekningsstresset i materialene og øker risikoen for sprekkdannelse i grunderings- og malingslag parallelt med vekstretningen til treet.¹¹ Risikoen for dimensjonsendringer reduseres ved å holde den relative luftfuktigheten så stabil som mulig og å unngå RF som er lavere eller høyere enn 30–70%.

5.2 Inneklima ved alterskapet i perioden for oppmålingene

I forbindelse med oppmålingen 30.1.2023, ble to nye loggere av typen Tiny Tag Plus 2 TGP-4500 plassert ut på samme sted som de fra forrige år. Loggeren «NIKU Ringsaker A 1.2.2023», ble plassert på samme sted som «NIKU 1.3.2022 A», og loggeren «NIKU Ringsaker B 1.2.2023» og ble plassert ved den som var merket «1.3.2022 B».¹² Plasseringene er henholdsvis på oversiden av skapet og på alterbordet.

⁸ Olstad, T. M. and A. Haugen. 2012. Kirker og oppvarming – hva skjer? Meddelelser om Konservering (1): 21–29.

⁹ Bratasz, Ł., Kozłowski, R. Lasyk, Ł. Łukomski, M. & Rachwał. B., 2011. Allowable microclimatic variations for painted wood: numerical modelling and direct tracing of the fatigue damage. I: Preprints, ICOM-CC 16th Triennial Conference. Lisbon. 19-23 sept. 2011.

¹⁰ 2000.12.2. Klima og tekniske anlegg: Klima i trekirker. Luftfuktighet og oppvarming, i 3. Bygninger og anlegg. Riksantikvaren.

¹¹ Elkin, L. and R. Wallert. 2019. Storage at a glance: Framework and definitions In Preventive Conservation: Collection Storage, red. L. Elkin and C. A. Norris, 848–893. New York, Society for the Preservation of Natural History Collection. 30–70% RF tilsvarer ASHRAE kontrolltype B, som er tiltenkt historiske hus og museer med begrenset kontroll. ASHRAE. 2019. Museums, Galleries, Archives and Libraries, i ASHRAE Handbook—HVAC Applications. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

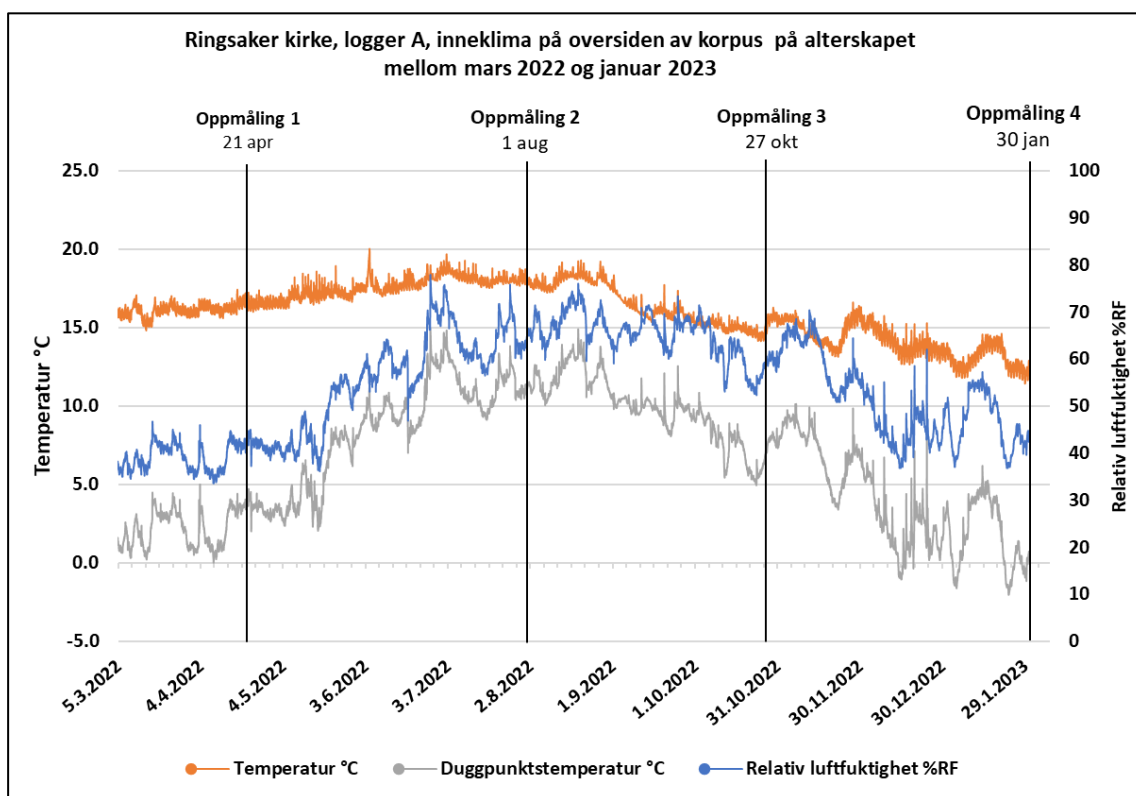
¹² Loggeren NIKU 1.3.2022 A ble hentet inn og avlest i forbindelse med oppmålingene 30.1.2023 og til denne rapporten. Loggeren «NIKU 1.3.2022 B» vil hentes inn eller ettersendes i forbindelse med neste oppmåling. Det ligger to loggere (gammel og ny) i kirken i en overlappingsperiode for å kunne sjekke om de viser samme verdier.

Resultatet av inneklimatemålingene ved alterskapet (logger NIKU 1.3.2022 A) for perioden 2.3.2022–31.3.2023 er gjengitt under sammen med informasjon om maksimum-, minimum-, gjennomsnittsverdier og standardavvik for temperatur (T °C) og relativ luftfuktighet (%RF). Datoene for når Bangs oppmålinger ble utført er markert på grafen med vertikale, sorte linjer.¹³

Temperaturen i den målte perioden lå mellom 11.4–20.0 °C og den relative luftfuktigheten mellom 34–78 %RF.¹⁴ De sesongmessige variasjonene i relativ luftfuktighet er som forventet relativt store, med høyere luftfuktighet på sommeren og utover høsten, og lavere i vinter- og vårmånedene. De forventede klimavariasjonene over året er sjelden direkte årsak til skader i treverk og malingslag. Perioder med høy RF kan, teoretisk sett, bidra til sig i treverket fordi tre med høy fuktighet tåler vedvarende vektbelastning dårligere enn «tørr» treverk. Hvorvidt de kortvarige fluktusjonene har skadet treverk og malingslag vil avhenge av antall og størrelse på fluktusjonene.

Dersom RF har hatt betydning for måleresultatene burde det være et skille mellom måleresultatet 21.april og måleresultatet 27.oktober. Forut for aprilmålingen har RF fra oppstart av måleperioden grovt sagt fluktuert mellom 40 og 50% RF. Forut for målingen 27.oktober har RF grovt sagt, fra medio juli til måle-dato, fluktuert mellom 65 og 75%RF.

Basert på de relativt få målingene vi har og på grunn av andre, mulige medvirkende variabler, er det per i dag ikke mulig å si noe om i hvor stor grad klimaet har medvirket til forandringene som ble konstatert gjennom oppmålingene. Det vil være interessant å se om flere års målinger med samme klimastyring i kirken, samme målemetoder og samme måledatoer gir samme resultater over året.



¹³ Målingene i 2022–2023 ble foretatt med en datalogger av typen Tiny Tag Ultra 2 TGU-4500, som har en nøyaktighet på $\pm 3\%$ RF ved 25°C. Loggeren var programmert med et loggerintervall på 20 minutter, og merket «NIKU 1.3.2022 A».

¹⁴ Kirken styrer oppvarmingen slik at T alltid skal være 18 grader inne i kirken. Det er likevel stor variasjon i T. Se NIKU Oppdragsrapport 3/2021. Ringsaker kirkes alterskap. Konserveringsprosjekt 2020. Kapittel 8. Klima i kirken, hvor oppvarmingsregimet er beskrevet i underpunkt 8.2. Klima i Ringsaker kirke.

Min. temp.	11.4	Min. %RF	34
Maks. temp.	20.0	Maks. %RF	78
Gj. snitt. temp.	16.1	Gj. snitt. %RF	54
Std.awik. temp.	1.67818	Std.awik. %RF	11.30279



Plassering av logger A,
nord på oversiden av
korpus.

6 Anbefaling til videre arbeid

Formålet med overvåkingen er å få svar på om konstruksjonen er stabil når skapet står i åpen posisjon.

Det er foreløpig vanskelig å si om de registrerte bevegelsene skyldes klimatiske påvirkninger, eller om de tyder på en kontinuerlig endring i konstruksjonen. Årsaken til variasjon i måleresultatene er sammensatt. Overvåking over tid kan gi sikrere resultater som grunnlag for beslutninger om tiltak for å bevare alterskapet. Et tiltak som har vært diskutert forut for overvåkingen har vært å understøtte fløyene når de er åpne.

De første fire oppmålingene er brukt til å tilpasse overvåkningsmetodene til den tredimensjonale og sårbare konstruksjonen alterskapet er. Nå er det viktig å fortsette målingene slik at vi får sammenlignbare data over tid. Alterskapet i Ringsaker kirke er av stor verdi, og en beslutning om inngrep for å stabilisere konstruksjonen bør være grundig vurdert og basert på kunnskap om konstruksjonen. Prosjektet har stor overføringsverdi til andre tilsvarende konstruksjoner i norske kirkerom, og bør også av den grunn fortsette over flere år slik at resultatene kan gi statistisk gode svar.

Dersom den registrerte bevegelsen fortsetter, vil vi etter 3 år se en endring på 1 cm i hellingen utover øverst på høyre fløydør. Overvåkingen var i utgangspunktet tenkt over 3 år, og kirken har godtatt at skapet i denne perioden står med plomberte, åpne fløyer. Det er viktig at gitterdørenes posisjon heller ikke endres i perioden.

Videre overvåking bør fortsatt bestå i målinger hvert kvartal på samme, eller tilnærmet samme datoer som i den rapporterte målerunden. For å se om bevegelsene skyldes klimatiske variasjoner er det muligens nødvendig med enda hyppigere målinger, men en pragmatisk hyppighet er å fortsett med målinger i april, juli, oktober og januar, frem til og med januar 2025.

De 3 metodene som har gitt best resultater (laserskann, nivellerkikkert og høypresisjonsvater) bør brukes hver gang, men et alternativ er å utføre nivellement på høydeforskjeller og høypresisjonsvater hver gang, men kun utføre laserskann annenhver gang. Da mister man imidlertid detaljer underveis som man i ettertid kan ende opp med å savne. Et kompromiss, og en god løsning, er å utføre laserskann hver gang, men kun bestille rapporter fra utførende etter hver andre måling.

7 Vedlegg

7.1 Rapport K. Apeland AS

Dr.techn. Kristoffer Apeland AS

Rådgivende ingeniører i byggeteknikk

RAPPORT

DET GAMLE ALTERSKAPET - TILSTAND AV KONSTRUKSJONEN

PROSJEKT: RINGSAKER KIRKE

PROSJ. NR: 21064



Rev.	Beskrivelse	Rev. dato	Utarbeidet av:	Kontrollert av.	Godkjent av:
Oppdragsgiver:	NIKU	Utarbeidet av:	Trond Gundersen	Sign.:	Dato
Adresse:	-	Kontrollert:	Agatha Al-Saadi	Sign.:	Dato
Prosjektnr. KA:	21064	Godkjent:	Trond Gundersen	Sign.:	Dato
					26.10.2021
					27.10.2021
					28.10.2021

Innholdsfortegnelse

1. Sammendrag	3
2. Innledning	4
.1 BAKGRUNN	4
.2 GRUNNLAG	4
.3 DISTRIBUSJON OG DISPONERING	4
3. Metoder	4
4. Registrering. Drøftelse.....	5
.1 BESKRIVELSE AV SKAPET	5
.2 DEFORMASJONER I SKAPET	8
.3 HENGSELENES TILSTAND OG KAPASITET	10
5. Konklusjon og anbefaling	11
.1 GENERELT	11
.2 REGELMESSIG OVERVÅKNING	11
.3 STRENGERE REGULERING AV BRUK.....	11
.4 ENKEL REPARASJON	12

VEDLEGG 1: Forslag til innmåling av skapets deformasjoner

A

1. Sammendrag

Vi har undersøkt skapet visuelt og hatt møte med andre fagpersoner på stedet. Det kan observeres større deformasjoner både på hovedskapets kasse og dører. Det er vår vurdering at deformasjoner har årsak i skader på skapets trekonstruksjon, oppstått på et tidlig stadium, og deretter langtidsdeformasjon i form av glidning og materialkryp.

Etter vår vurdering er det ikke synlige tegn på at det er svikt i hoveddørenes hengsler. Vi har forøvrig heller ikke avdekket kritisk svikt i skapets bærekonstruksjon.

Vi anbefaler at man overvåker skapet planmessig for å avdekke om det eventuelt fremdeles er bevegelser. Dette inkluderer innmåling med regelmessige gjentakelser, samt visuelle kontroller med loggføring.

Fysiske tiltak som understøttelser eller forsterkninger bør avvantes til det kan konkluderes om bevegelser.

Vi anbefaler videre at det innføres restriksjoner for åpning og lukking av skapets dører. Mindre reparasjoner for å feste hengslene på metaldørene bør utføres.

Det frarådes å gjøre reparasjoner eller tiltak for å reversere oppståtte deformasjoner i hovedskapets kasse eller

2. Innledning

.1 BAKGRUNN

Det godt bevarte alterskapet i Ringsaker kirke er et unikum i norsk sammenheng og et sjeldent eksemplar av de såkalte Antwerpen-skapene. Det pågår et program for å kartlegge skapets tilstand og eventuelle behov for bevarende tiltak.

NIKU har bedt K. Apeland om bistand i forbindelse med tilstandsvurdering av alterskapets konstruksjon. Denne rapporten oppsummerer våre registreringer og vurderinger etter felles befaring og møte i kirken 6. oktober 2021.

.2 GRUNNLAG

- Møte og felles befaring på stedet i felleskap med personale fra NIKU, Riksantikvaren, Castor Kompetanse samt konservator og spesialist i trekonstruksjoner fra Belgia og representant for kirken. (se møteinnkallelse).
- Notat fra Multiconsult, datert 18. desember 2019
- Diverse informasjon fra NIKU, inkludert rapport etter røntgenfotografering av skapet.

.3 DISTRIBUSJON OG DISPONERING

Distribusjon til NIKU v/ Tone Olstad.

Rapporten er åpen. NIKU er fri til å dele innholdet etter eget skjønn.

3. Metoder

Undersøkelsen av skapet har vært ren visuell, uten at deler ble demontert. Det ble benyttet lys for, så godt som mulig, å se inn mellom sprekker og gliper i kledninger og ornamentikk. Det var tilgang på stiger for å komme nær også de øvre delene av skapet.

Skapets dører var i utgangspunktet åpne. Vi fikk så observere når de ble lukket én for én.

Opplysninger om skapets materialer, som fremkommer i denne rapporten, baserer seg på egen visuell registrering samt informasjon og synspunkter gitt av øvrige deltakere i møtet.

4. Registrering. Drøftelse.

.1 BESKRIVELSE AV SKAPET

Skapet er bygget i Antwerpen i 1520-årene, transportert til Ringsaker og installert der. Det er plassert på et alter av klebersteinsmur og har stått på samme sted siden da.

Skapet består av to deler, i denne rapporten kalt hovedskap og underskap. Begge skap har dører, to fløyer som åpnes fra hverandre. Hovedskapet har i tillegg dører av metallgitter over én av nisjene sentralt i skapet.

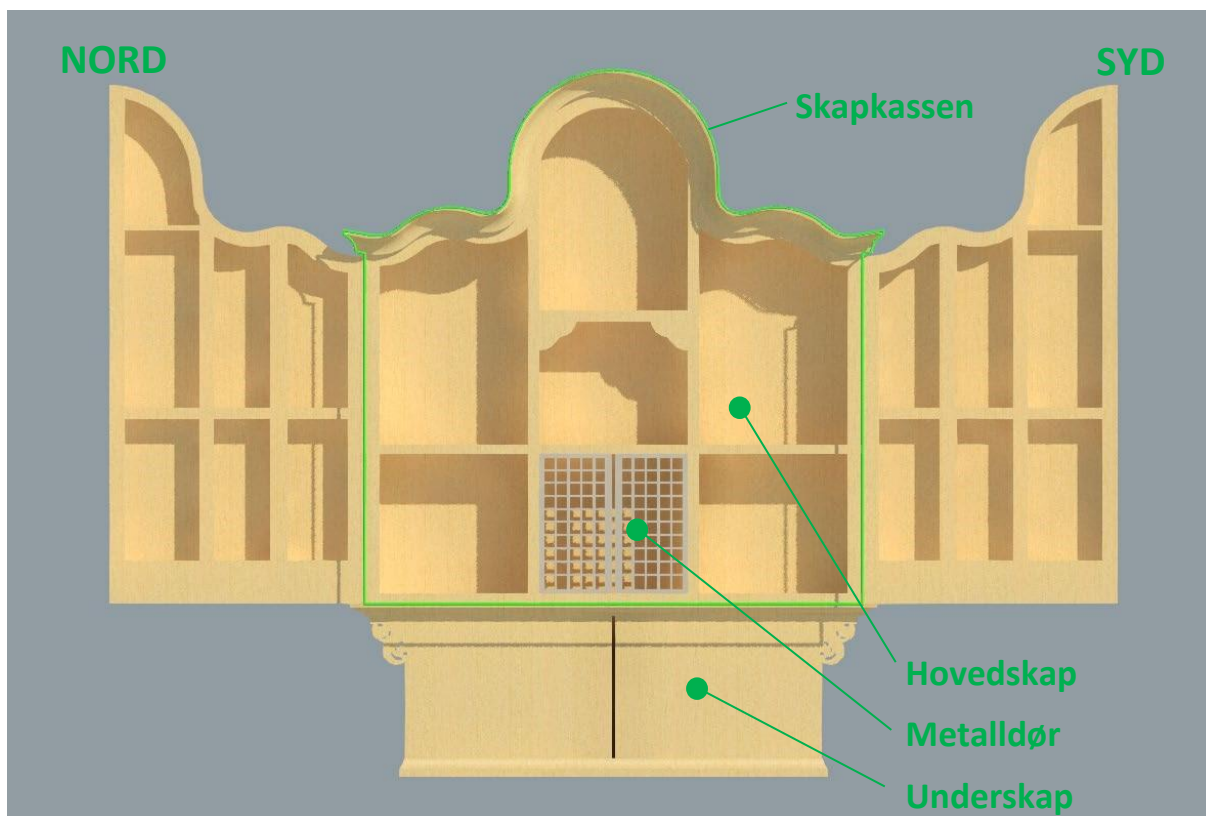


FIG.1: Skapet i åpen tilstand, skjematisk fremstilling.

Overskapets to dørflyer dekker hele skapet i lukket tilstand, og gjør at hele fronten kan åpnes. Dørene er, på samme måte som skapkassen, fylt av figurer og ornamentikk. Dette gjør at vekten må være betydelig. Dekor og innredning dekker delvis for skapets konstruksjon.

Skapet er bygget av eik. Sannsynligvis er alle deler, rammeverk, paneler, figurer og ornament, av eik. Unntaket er baksiden, som er kledt med bord av gran. Denne kledningen er sannsynligvis montert «i nyere tid», nærmere bestemt på begynnelsen av 1800-tallet. Bordene er festet med nagler til skapkassens bunn- og toppsvill. Formålet kan ha vært å stive av konstruksjonen.

Vi har ikke kunnskap om kvaliteten av det benyttede eikevirket annet enn at tradisjonen tilsier at det gjerne ble plukket ut treverk av god kvalitet for et slikt arbeid.

Skapets konstruksjonsdeler er sammenføyet med tapping og sinking, men også ved bruk av jernnagler og trenagler.

Skapets konstruksjon består av rammer med bunn- og toppsvill samt stendere. Disse er synlige i skapkassens og hoveddørens ytterkanter, hvor dimensjonen og sammenføyningene i hjørnene kan observeres. Toppsvillene følger skapets svungne former, og består av buede segmenter som er føyet sammen. De kan således være utsatt for langtids deformasjon, dersom de er utsatt for strekk. Vi kan

ikke si med sikkerhet om rammene er eneste bærende og avstivende element eller om disse er avstivet av ytterligere stendere eller losholter som er skjult bak ornamentikk.

Yttersidene av dørene består av sammenstilte bord, feltvis horisontalt eller vertikalt. Overflaten av disse er dekket av malerier utenpå skapet. Sannsynligvis har baksiden av skapkassen også disse sammenstilte bordene. Baksiden er nå altså dekket av den nyere bordkledningen.

Man kan godt tenke seg at disse flatene kan ha vært tiltenkt å bidra til konstruksjonens stivhet. Imidlertid vil de være utsatt for langtids deformasjon i form av glidning i de mange sammenføyningene og nagleforbindelsene.

Skapet er stabilisert av to stag av flatjern som er festet til den bakenforliggende steinmuren som utgjør gavlen i kirkens kor. Stagene holder fast henholdsvis øvre søndre og øvre nordre hjørne av skapkassen. De splittes slik at de begge får to festepunkter til skapet. De nedre festepunktene ligger utenpå den senere monterte bordkledningen.

Underskapet utgjør skapets fot. Det er uvisst hvordan skapet er fiksert til alteret det står på. Når hovedskapet åpnes og dørløylene peker fremover mot kirkens skip, vil tyngdens resultant være langt utenfor skapets base. Det virker derfor klart at det allerede på installasjonstidspunktet må ha vært nødvendig å stabilisere skapet med fastholdningspunkter høyt oppe. Det er likevel uklart om dagens stabiliseringsstag er de opprinnelige. Dersom de er, må de ha vært delvis demontert under nevnte kledning av skapets bakside.



FOTO 1: Stabiliserende stag, nordre side.

Alle dører har hengsler av smidd jern. På underskapets dører, er hengslene forholdsvis små, med én rekke av nagler vertikalt på hver plate.

Hovedskapetets dører har betydelig kraftigere hengsler med tykkere gods, større plater og flere nagler. På dørene er det, i nyere tid, montert et ekstra sett hengsler i tillegg til de opprinnelige. De nye hengslene er montert utenfor de opprinnelige, altså henholdsvis ovenfor de øvre og nedenfor de nedre. De nye hengslene er festet med skruer.

Se foto 2 og 3.



FOTO 3: Opprinnelige og nye hengsler, nede søndre side.

.2 DEFORMASJONER I SKAPET

Tilstand av ornamenter, overflater og andre ikke-konstruktive forhold, medtas ikke i denne rapporten.

Skapet har deformasjoner i hovedstruktur og dører. Vi vil her beskrive det vi oppfatter som ulike bevegelser i skapet. På figurene er deformasjoner vist meget overdrevet.

A. Vridning av skapkassen:

Søndre sidekant av skapet heller fremover mot kirkerommet (mot vest) mens nordre sidekant er, mer eller mindre, i lodd. Sagt på en annen måte er skapets topp rotert i horisontalplanet.

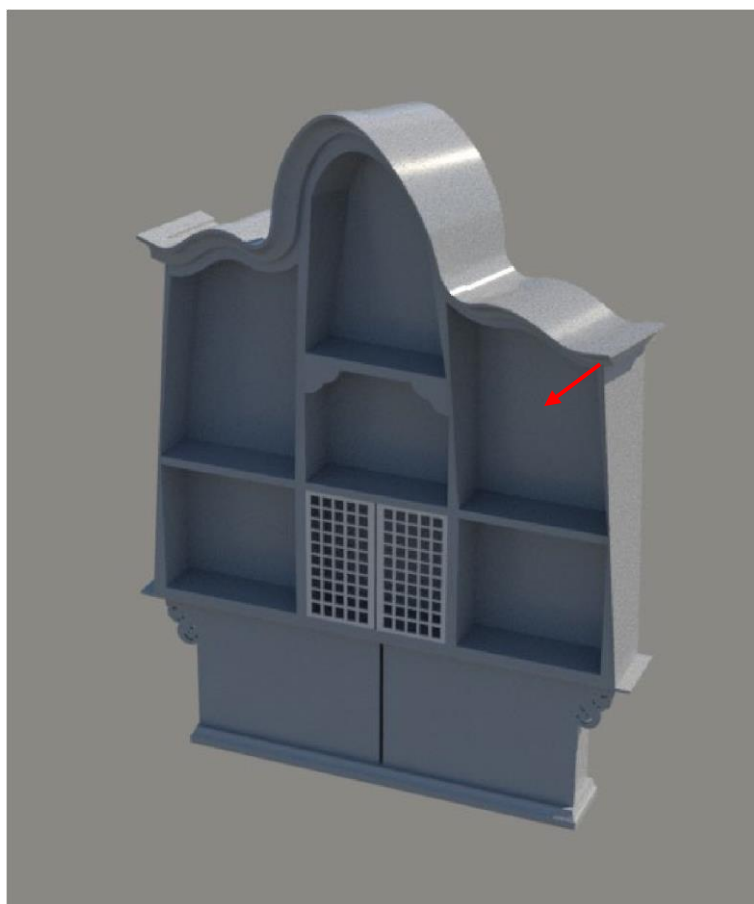


FIG. 2: Deformasjon type A, vridning av skapkassen.

Mulige årsaker kan være:

- Vridninger i skapkonstruksjonens treverk som følge av uttørking og/eller tennar. Dersom det har oppstått sterke tvangskrefter på tvers av rammens (eller baksidens) plan, vil det være lite som kan holde bevegelsen tilbake. En slik vridning av stendere eller losholter i skapkassen kan derfor ha fått hele kassen til å deformere. En slik bevegelse må i så fall ha kommet når skapet var forholdsvis nytt.

Et forhold som taler imot denne teorien er tradisjonen med å benytte treverk av beste kvalitet og sikkert håndverkernes bevissthet om faren for slik vridning, og hvordan unngå dem.

- Skapet kan ha blitt skadet under installering i kirken eller under transporten til Ringsaker. Dersom de nevnte stabiliseringsstagene er opprinnelige, taler de for at deformasjonen har skjedd før eller under installering, og kan dermed støtte en slik teori.

B. Sig i dørene:

Denne deformasjonen er kraftigst på nordre dør, men kan også sees på søndre dør.

Årsaken er rett og slett belastning fra dørbladets betydelige egenlast. I trerammene i dørenes ytterkant, vil det over tid oppstå små glidninger i forbindelsene som etterhvert blir synlige på døren.

Denne deformasjonen er knyttet kun til indre bevegelser i dørens struktur, ikke til svikt i hengslene.

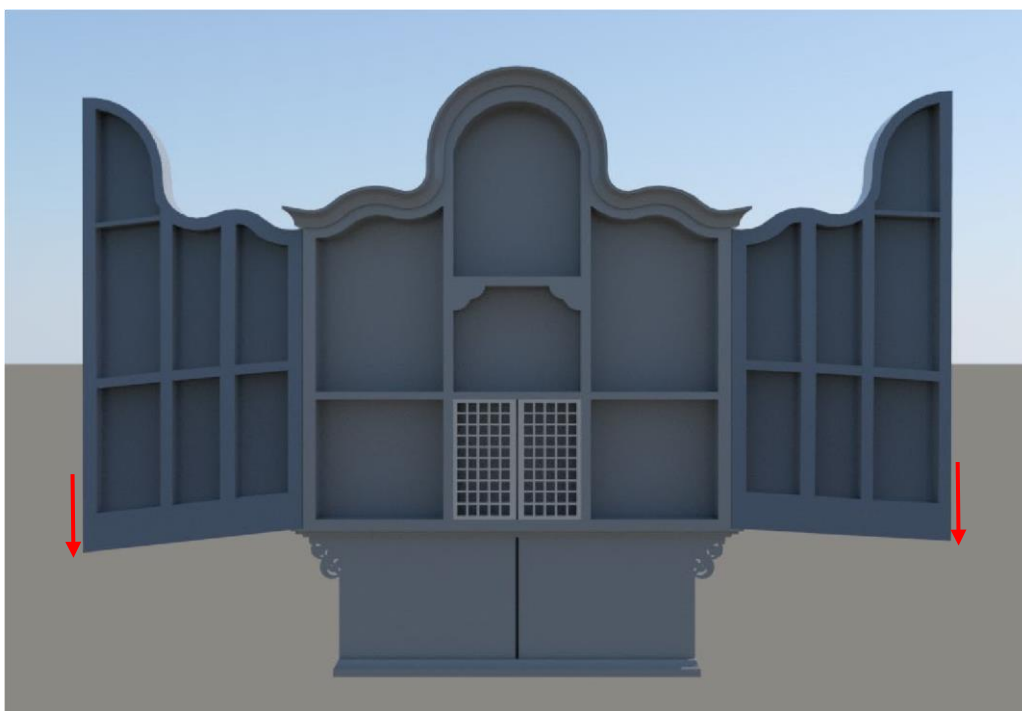


FIG. 3: Siget i hovedskapets dører er størst på nordre side.

C. Vindskjev dør:

Søndre dør er vindskjev, slik at dørbladets ytre linje (I) har større helning ut av planet enn linjen mellom hengslefestene (II). Denne skjevheten har sannsynligvis oppstått, over tid, som en følge av skjevheten i skapkassen (pkt. A). Dørenes konstruksjon har lite stivhet ut av planet. Når egenvekten utilsiktet har fått en komponent ut av planet, har det vært lite som har kunnet hindre deformasjonen over tid.

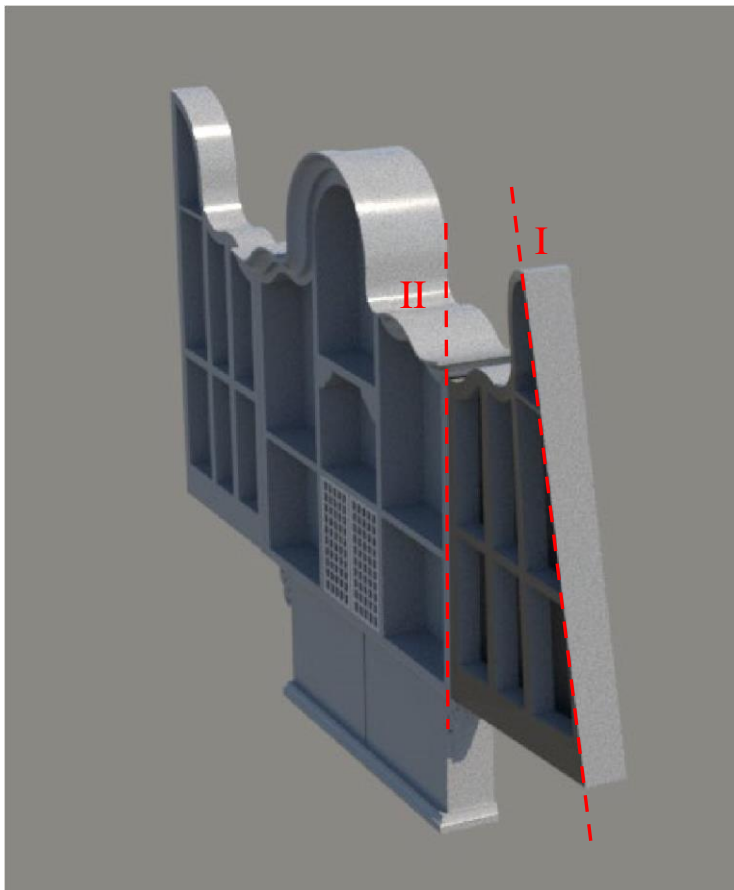


FIG. 4: Vindskjev dør

.3 HENGSELENES TILSTAND OG KAPASITET

På ett av de opprinnelige hengslene kan det sees brudd i platematerialet. Det dreier seg om nedre hengsle på nordre hoveddør. Det kan sees en utrivning gjennom et av de øverste naglehullene.

Bruddformen kan godt stemme med vektbelastningene de er utsatt for.

På samme hengsle sees også en skade i den nedre hylsen. Det er vanskelig å se hvordan denne kan ha oppstått som følge av sannsynlige belastninger på et hengsle.

På de øvrige hengslene har vi ikke avdekket tegn til svikt: Ingen forskyvning i forhold til underliggende treverk, ingen synlig svikt i treverket eller deformasjoner i hylser/bolt. Vi kan heller ikke se ulik dreining mellom «dørkarm» og dørblad som kan tilskrives at hengslene gir etter.

Det kan være utfordrende å beregne hengslenes kapasitet nøyaktig, av flere grunner:

- Egenvekten må kalkuleres. Siden de dekorative elementene har mange hulrom, ligger det en grad av overslag i dette.
- Det er usikkerhet om hvorvidt de nyeste hengslene fungerer som en sikring eller om det faktisk bidrar til bæringen.
- Det er usikkerhet om alle nagle- og skruehullene er «tichte».
- Det er usikkerhet om materialtilstand av hengsleplater og nagler/skruer.

Det vises til forøvrig til detaljert beskrivelse av alle hengsler i rapport fra Multiconsult.

Vi har ikke grunnlag for å si at hengslene har for dårlig kapasitet. Dersom de opprinnelige hengslene har vært for svake, er de jo nå forsterket eller sikret med et «nytt» sett.

Hengslene bør dog overvåkes slik at eventuelle endringer kan oppdages raskt.

5. Konklusjon og anbefaling

.1 GENERELT

- Det er observert under befaring at deformasjonene i skapet har oppstått i skapkassens og dørenes trekonstruksjoner. Posisjon på stabiliseringsstag og antatt alder på disse tyder på at skjevheten i hovedrammen i skapkassen har oppstått tidlig og kanskje allerede ved montasje, som følge av mekanisk overbelastning eller fuktskade under transport. Ytterligere formendringer i skapkassen og hoveddørene antas å være langtidsdeformasjoner pga. egenlaste dvs. kryp i trevirket og glidning i knutepunkter/skjøter.
- Vi ser imidlertid ikke tegn til kritisk svikt som krever umiddelbare tiltak. Vi har heller ikke avdekket svikt i hoveddørenes hengsler, eller forskyvninger i dem som kan forklare deformasjoner i skapkassen eller at dørene er kommet ut av posisjon. Det er imidlertid usikkert hvor god kapasitet hengslene har.
- Åpning og lukking av dørene belaster dørenes og skapkassens konstruksjon samt hengslene. Hyppig eller uvøren åpning vil kunne medvirke til å øke deformasjonene. Det er minst belastende for skapet dersom dørene er lukket. Dette er fordi de da ikke belaster skapkassen med strekk i overkant, samt at dørene blir understøttet av karmen.
- Det anbefales ikke å gjennomføre tiltak for å reversere oppståtte deformasjoner i hovedkonstruksjoner. Dette vil kunne skade skapet eller forårsake nye tvangskrefter.

.2 REGELMESSIG OVERVÅKNING

- Vi anbefaler at man foretar innmålinger på alterskapet slik at man kan avdekke eventuelle ytterligere bevegelser. En slik innmåling kan også bidra til å kartlegge tidligere kryp-mekanikk i skapet. Faste målepunkter på skapkassen og hoveddørene bør velges og sikres slik at kartlegging av posisjon på de samme punktene kan gjentas med jevn frekvens og sammenlignes. Nødvendig antall referansepunkter må velges for å få sikre målinger. Vårt forslag er at man velger ut tre vertikale og én horisontal linje, se figur 5 og 6. Frekvensen kan f.eks være én eller to ganger i året.
- Skapets tilstand generelt og hengslenes tilstand spesielt bør kontrolleres visuelt med fast frekvens. Kontrollen bør utføres av personell som har dette som pålagt oppgave og med føring av logg eller etter en utarbeidet sjekklister. En slik rutine skal sikre ansvars plassering for ettersyn og varsling ved eventuell endring.

.3 STRENGERE REGULERING AV BRUK

- Det bør innføres begrensninger på hvem som har tillatelse til å åpne og lukke skapet, og det bør strammes inn slik at åpning/lukking kun kan utføres av autorisert personell. Autorisasjon bør være begrenset til noe få personer.
- Det bør utvises forsiktighet under åpning/lukking, slik at operasjonen gjøres langsamt og kontrollert, gjerne utført med et lett løft på døren.
- Eieren av kirken bør klart definere når det er tillatt å åpne/lukke skapet, med formål om å redusere dette til et minimum.

Det bør vurderes om metalledøren kan bli stående i permanent lukket posisjon, i hvert fall inntil enkel reparasjon er utført.

.4 ENKEL REPARASJON

- Manglende eller løse skruer i hengslene bør erstattes.
- Dersom skruenhull er skadet, bør det vurderes å fylle dem igjen slik at nye skruer kan settes med tett forbindelse i treverket eller benytte skruer med noe større dimensjon hvis mulig.
- Dekklist rundt metalledørene bør festes slik at de ikke kommer i konflikt med dørene ved åpning og lukking.

VEDLEGG 1

Forslag til innmåling av skapets deformasjon.

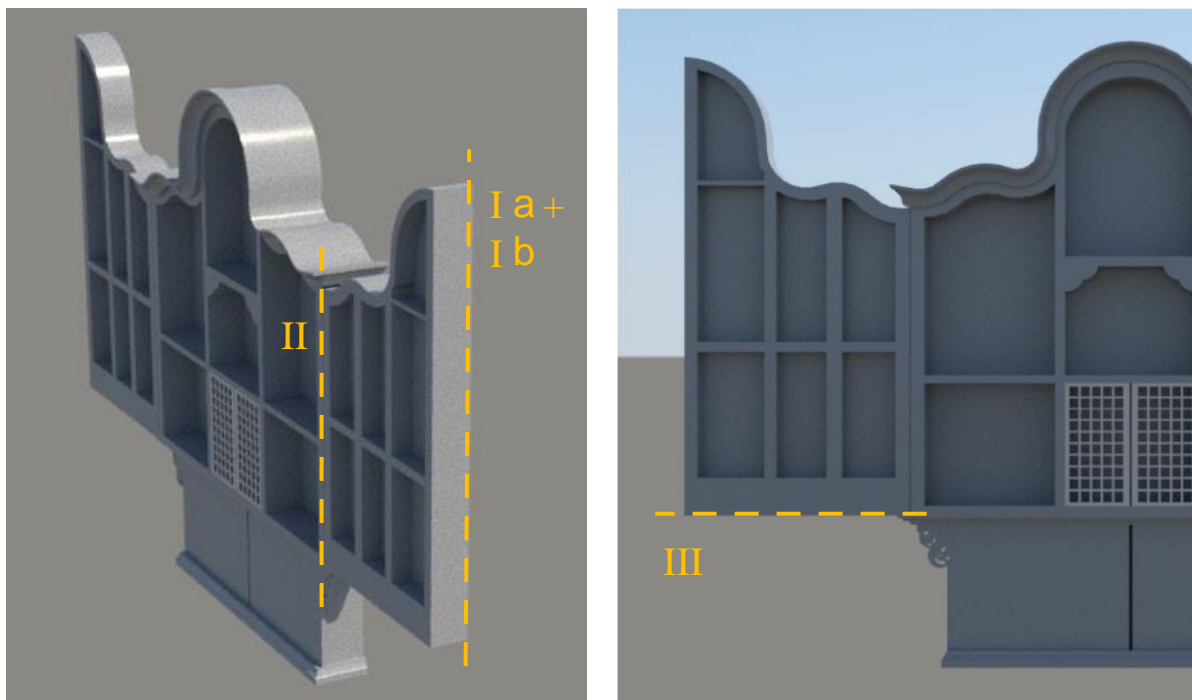


FIG. 5 OG 6: Forslag til linjer som måles inn:
 I a: Dørkant i fullt åpen posisjon I b: Dørkant i lukket posisjon. II: Kassens karm.
 III: Dørens underkant, nord.

7.2 Observation report on the Ringsaker altarpiece. Jean-Albert Glatigny



Jean-Albert GLATIGNY

ASAJAG sprl BE 0884-913-974

20 rue des Sicambres 1040 Bruxelles tel +32 486 52 54 19 jeanalbertglatigny@gmail.com

observation report on the Ringsaker altarpiece

December 2021

-Antwerp altarpiece circa 1530-37



-The only (preserved) Antwerp altarpiece in Norway

-Ringsaker is the only Antwerp altarpiece, together with the one in Lübeck, having sculpted scenes on the inner side of the wings.

aim

At the request of Tone Olstadv (Senior Paintings Conservator at Norsk institutt for kulturminneforskning) I was invited to participate in an expert meeting concerning the state of conservation of the Ringsaker altarpiece.

This meeting took place on Wednesday 6 October 2021. I also went back the next day (Thursday 7 October) to discuss with Tone and take photographs. Here are some thoughts on the conservation of the altarpiece.

punctual deformation

As noted by the engineers, the upper right wing is slightly twisted and offset at the top. In the closed position, the wings are not perfectly aligned. The upper corner of the right wing is a few centimetres (+/- 5cm) forward.

This is quite common on most altarpieces.

Despite the high quality cleaved oak used, it is normal to observe this kind of deformation. The wood fibres of the trunk retain the memory of stresses that may have been caused by inclined ground, branches or prevailing wind. For the Ringsaker altarpiece this does not constitute a conservation risk.

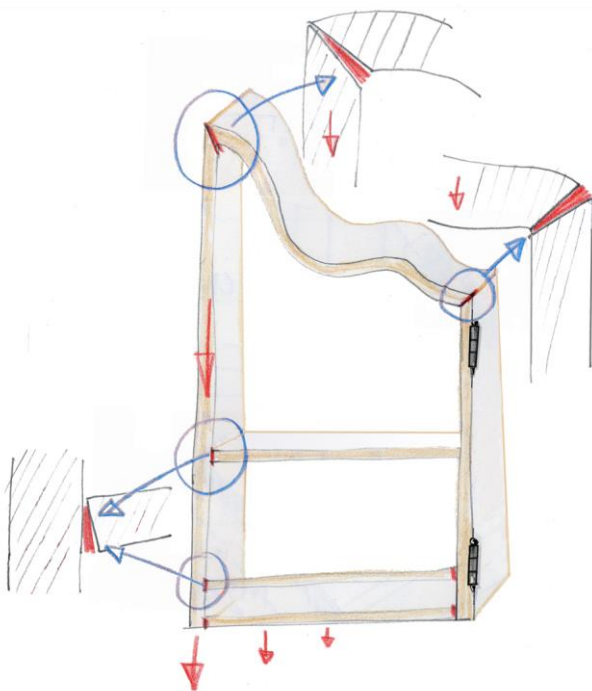


upper wing hinges

The 2 upper wings have kept their 4 original hinges. These 4 hinges are inlaid and nailed with about twenty nails. They have never been removed. In modern times (perhaps when a new back was built to the altarpiece) 4 new hinges were added above and below the original hinges. These new hinges are inlaid and are each screwed on with about twenty screws. It is surprising to note that some screws have been replaced and others removed. This gives the impression of an unsolved problem. As all these modern screws are made of steel, I think it would be prudent to replace them with smaller stainless steel screws. Before introducing new screws, the screw cavities should be reduced by gluing (with fish skin glue) softwood (spruce) plugs into the screw holes.



upper wing joints



In the case of large altarpieces, the joints may open, as shown in this schematic drawing.

No opened joints were observed on the Ringsaker altarpiece. Therefore, we did not observe any sagging of the upper wings.



right door of the predella

The right-hand door of the predella has some problems.

This door is scratching at the bottom and the bottom right joint is loose. The cause of this problem is the broken joint. Part of the tenon is missing.

Another reason for the scratching is caused by the hinges wearing out and collapsing.



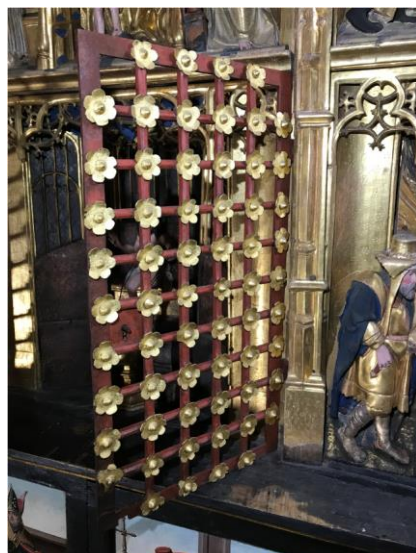
I think it would be prudent to repair this broken joint and add brass washers to the hinges to raise the door and limit the friction.

metal grids

The metal grids do not seem to me to be designed in Antwerp. It could be a very old element installed in Ringsaker.

The opening of the grids is limited by the gilded columns that separate the compartments.

When the grids are fully open they touch the gilding. It would be prudent to place an opening stop that would prevent the grid from hitting the gilding.



Simple wooden blocks, glued to the

ground , would be sufficient to reduce this risk.

wooden openwork grid of the right wing

The openwork wooden grille under the right wing is not original. It is a restoration. It is not well fixed and has slipped back into its place.



It would be useful to put it back in place.

remarks

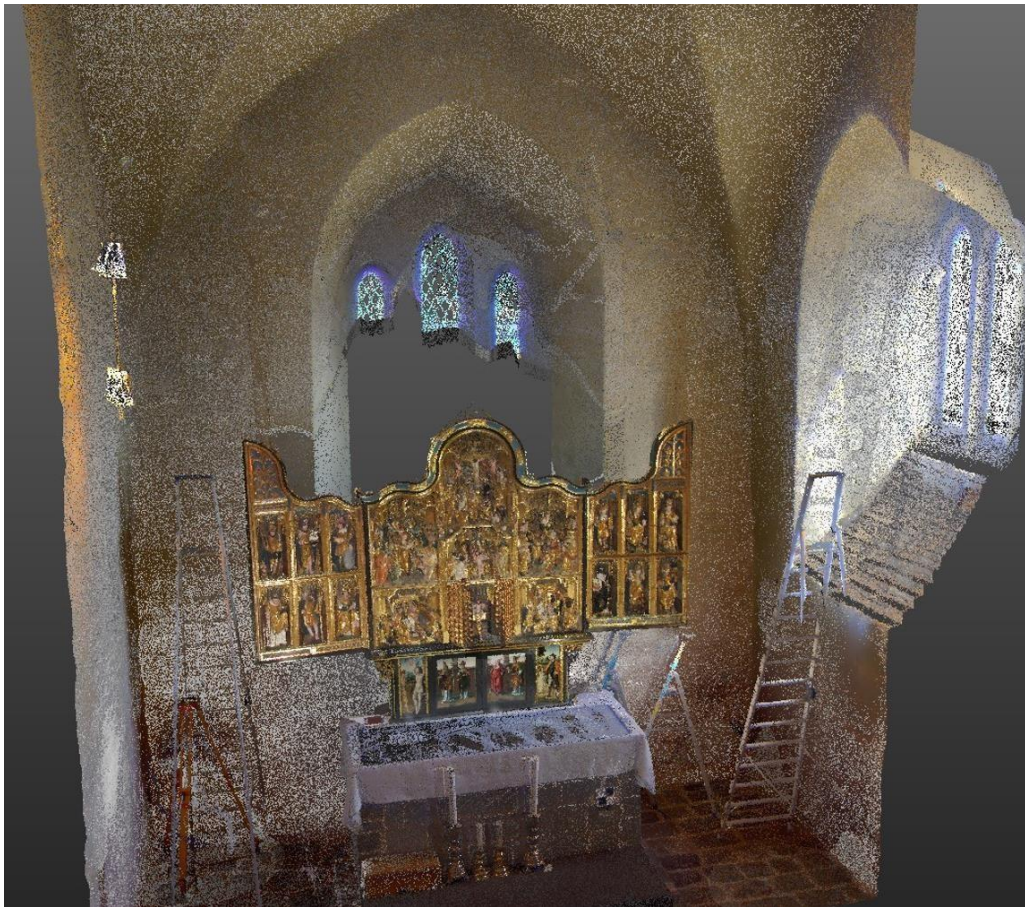
The Ringsaker altarpiece is in very good condition.

The polychromy, the structure, the material history and the conservation conditions make it an outstanding example of Antwerp production.

The few recommendations for the conservation of the structure, which I suggest in this report, hardly represent a week's work for an experienced conservator.

7.3 Bangs oppmåling AS. Rapport Deformasjonsovervåkning 2022-2023

Deformasjonsovervåkning Alterskap Ringsaker Kirke, 2022- 2023, år 1.



Måling er utført:

21.04.2022

01.08.2022

27.10.2022

30.01.2023

RAPPORT NR 4

BANGS OPPMÅLING AS

v/ Einar Gladhaug

Innhold

1. Om prosjektet.
 - 1.1 Generell oppdragsinformasjon
 - 1.2 Beskrivelse av utførelse
2. Resultater
 - 2.1 Sammenligning av laserskann
 - 2.2 Nivellement skapdører
 - 2.3 Vaternålinger
3. Konklusjon

1. Om prosjektet

Alterskapet i Ringsaker Kirke viser tydelige deformasjoner. Årsakene er uklare, det er også uklart om deformasjonene fortsatt er i utvikling. Skapet ønskes overvåket for å avdekke variasjoner over tid. Målingene vil brukes til å vurdere riktige tiltak for bevaring av alterskapet, og for stabilisering av eventuelle bevegelser i konstruksjonen.

1.1 Generell oppdragsinformasjon

- Oppdragsnummer: 2022015
- Oppdragsgiver: Norsk institutt for kulturminneforskning
- Kontakt oppdragsgiver: Kjersti Marie Ellewsen, 91352061
- Oppdragstaker: Bangs Oppmåling AS
- Kontakt oppdragstaker: Einar Gladhaug, 41181178
- Utførende personell: Runar Kristiansen, Einar Gladhaug

1.2 Beskrivelse av utførelse

Pga. høye krav til nøyaktighet og reproduserbarhet i målingene, bruker Bangs Oppmåling as kombinerte landmålingsmetoder for å utføre deformasjonsovervåkning. Det er samtidig utfordrende å måle alle detaljer med samme metode pga. altertavlens utforming. Metodene både utfyller og bekrefter hverandre.

Det blir benyttet følgende utstyr i arbeidet:

- Trimble S8 Totalstasjon, 1 sekunds vinkeløyaktighet. I kombinasjon med prisme.
- Leica DNA10 Digital høypresisjons nivellerkikkert, 1/10 millimeter målenøyaktighet
- Trimble TX8 laserskanner, 1 mm målenøyaktighet
- Trimble Realworks, beregningssoftware
- Agisoft Metashape, beregningssoftware
- Gemini, beregningssoftware

Målingene er utført på følgende datoer:

1. Måling 21.04.2022
2. Måling 01.08.2022
3. Måling 27.10.2022
4. Måling 30.01.2023

Etter andre måling har vi funnet ut at punktene som er målt ikke er definerbare nok for totalstasjon. Det er utfordrene å holde prismet på plass uten å bevege på skapet og det er vanskelig for det menneskelige øyet å treffe med prismeløs-måling på samme sted på skapet når man ikke får markert hvor det er. Dermed foreslår vi å kun benytte laserskanning i tillegg til nivellering. Laserskanning gir mange punkter og muligheter for å lage god statistikk av endringer.

Fastmerkenett

Det er etablert et fastmerkenett inne i kirken ved bruk av totalstasjon og prismetape, nettet er i et lokalt system og har en nøyaktighet på 0-1 mm. Det er etablert 7 prismetaper som er målt inn med totalstasjon med 2 satser (2 målerunder) fra samme posisjon. Satsmålingene viser 0 mm avvik i grunnriss og høyde. Fastmerkene er klistret på vegger og nyere installasjoner i kirken på en slik måte at de ikke er noe blikkfang. De har geometri slik at senere målinger lar seg reproducere med høy nøyaktighet.



Figur 1. Fastmerker

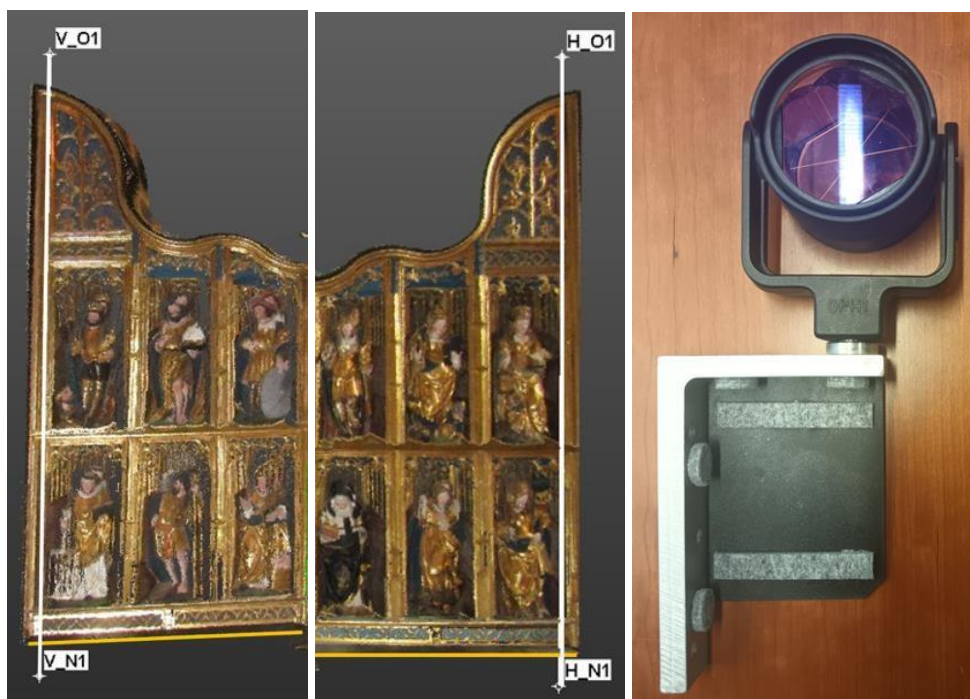
Måling av altertavle med totalstasjon

Vi har laget spesielle målevinkler for å måle yttersiden av dørene på altertavlen. Vinklene hviler vinkelrett på ytterside av skap. Prismene brukt på målevinklene har sub-millimeter målenøyaktighet. Målevinklene har møbelknopper montert innvendig, slik at ingen skarpe kanter hviler mot skapet under måling. Det bemerkes etter første målerunde at skapdørene kan bevege seg ved berøring, slik at en må være ytterst forsiktig med plasseringen av prismet.

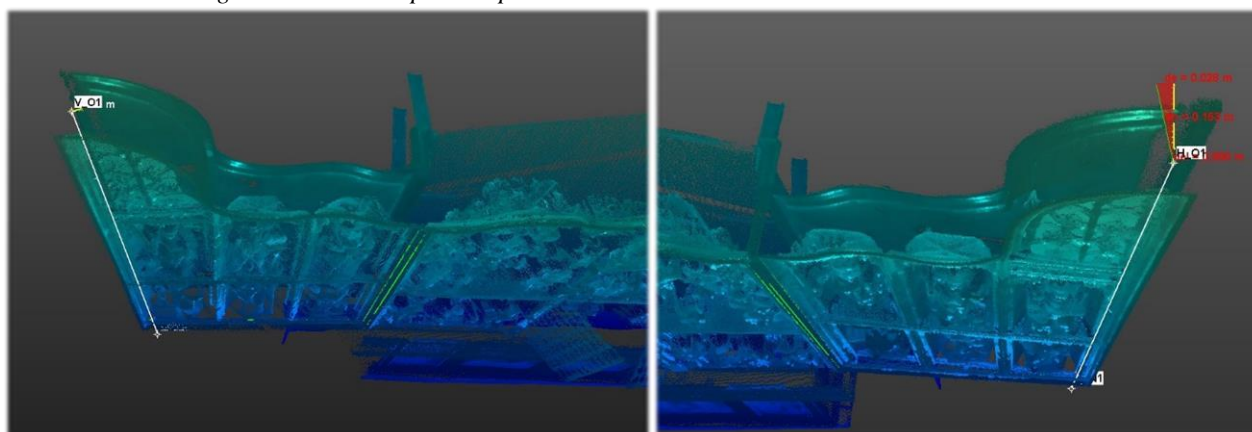
Det gjøres også målinger med totalstasjonens laser avstandsmåler, uten prisme, på definerte punkter på skapet. Disse målingene betegnes som «Prismeløse».

Reproduserbarheten er utfordrene, så vi foreslår å gå bort ifra disse målingene.

Tanken bak disse målingene var å få direkte sammenlignbare tall for hver målerunde som gir oss vinkelen på ytterkant av skapdørene med vektorene; VO1-VN1 og HO1-HN1.



Figur 2. Skisse målepunkter prisme.



Figur 3. Skisse målepunkter prisme.

Nivellering av underside skapdører

Undersiden av altertavlens fløyddører blir nivellert ifra 2 eksisterende metallbolter i gulvet i nærhet av tavlen, der bolt nr. 2 blir benyttet som kontrollpunkt. Dette gir oss høyden for laveste punkt på ytterkant av dørene i sub millimeter nøyaktighet. Dette brukes for å bekrefte dataene fra laserskannet og vi kan ved hjelp av dette også justere skannet i høyde for hver målerunde. Disse målte høydene blir også rapportert slik at vi overvåker skapdørenes underside/henget i submillimeter nivå. Målingene er høyst reproduserbare.



Figur 4. Høydebolt A1 og A2.



Figur 5. Prinsippkisse nivellering

Laserskanning

Hele albertavlen blir laserskannet i «high precision-mode». Vi gjør flere oppstillinger med laserskanner slik at vi får data fra alle vinkler rundt skapet. Det er skapets fremside som blir brukt videre for å hente ut vektorer for sammenligning mellom målerundene. Det er forventet at det vil være en statistisk spredning i laserskannet i størrelsesorden 1-2 mm.

Hver skannoppstilling henter inn ca. 120 millioner punkter slik at hver målerunde resulterer i 1-2 mrd. Punkter etter en «CloudtoCloud»-registrering. Denne registreringen viser en statistisk registreringsnøyaktighet på 0,2 mm til 0,6 mm på første målerunde. Disse blir silt ned og ryddet i for hver målerunde slik at sammenligningsgrunnlaget utgjør ca. 10 millioner punkter på selve skapet.

Laserskannet blir georeferert til fastmerkenettet ved hjelp av «targets», det blir benyttet 4 targets innmålt med totalstasjon. Senere målerunder vil også bli georeferert mot første skann for å kontrollere og sørge for reproduserbarhet.

Det påfølgende laserskannet blir georeferert på samme måte som det første. For å finne ut som noe har forandret seg siden første skann blir programmet «CloudCompare» brukt. Der beregnes avstanden mellom punktene i de to ulike punkttskyene med den fra april som referanse ved å bruke «Cloud-cloud-distance».

Vinkelmåling med digitalt presisjonsvater

Det utføres vinkelmålinger på forskjellige steder på skapet ved bruk av digitalt høypresisjonsvater. Vateret har en presisjon på 0.03 til 0.10 grader. Dette kan være en enkel og grei metode for å se på skjevheter og endring av skjevheter, og kan brukes som en første indikator-målemetode. Vi velger ut

de mest definerbare målepunktene slik at det er mulig med reproduserbarhet og sammenligning av målingene.



Figur 6. Prinsipp vatermåling

2 Resultater

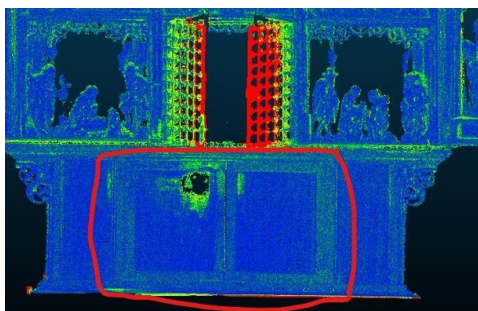
2.1 Sammenligning av laserskann

Sammenligning av laserskannene gjøres på hele skapet i spesielt tilpasset programvare. Vi fremhever fløydørene som de mest sårbare områdene på skapet.

Vi velger maks sammenlignings-avstand til 8 mm for å strekke fargeskalaen for en visuelt god fremstilling av potensielle avvik. Avviksklassene er delt inn slik som histogrammet i figur 8 på neste side viser. Med denne avstanden er det lettere å se små forandringer enn om maks avstand hadde vært lenger. Histogrammet i figur 8 viser at alle punkt som er innenfor 1 mm av det det var i null målingen i April 2022 er blått, det som avviker litt mer er grønt og punktene som har mellom 6 og 8 mm eller mer avvik er vist i rødt. For eksempel synes det tydelig at metallgitteret på korpus har lukket seg litt siden null målingen siden punktene på døra er røde.

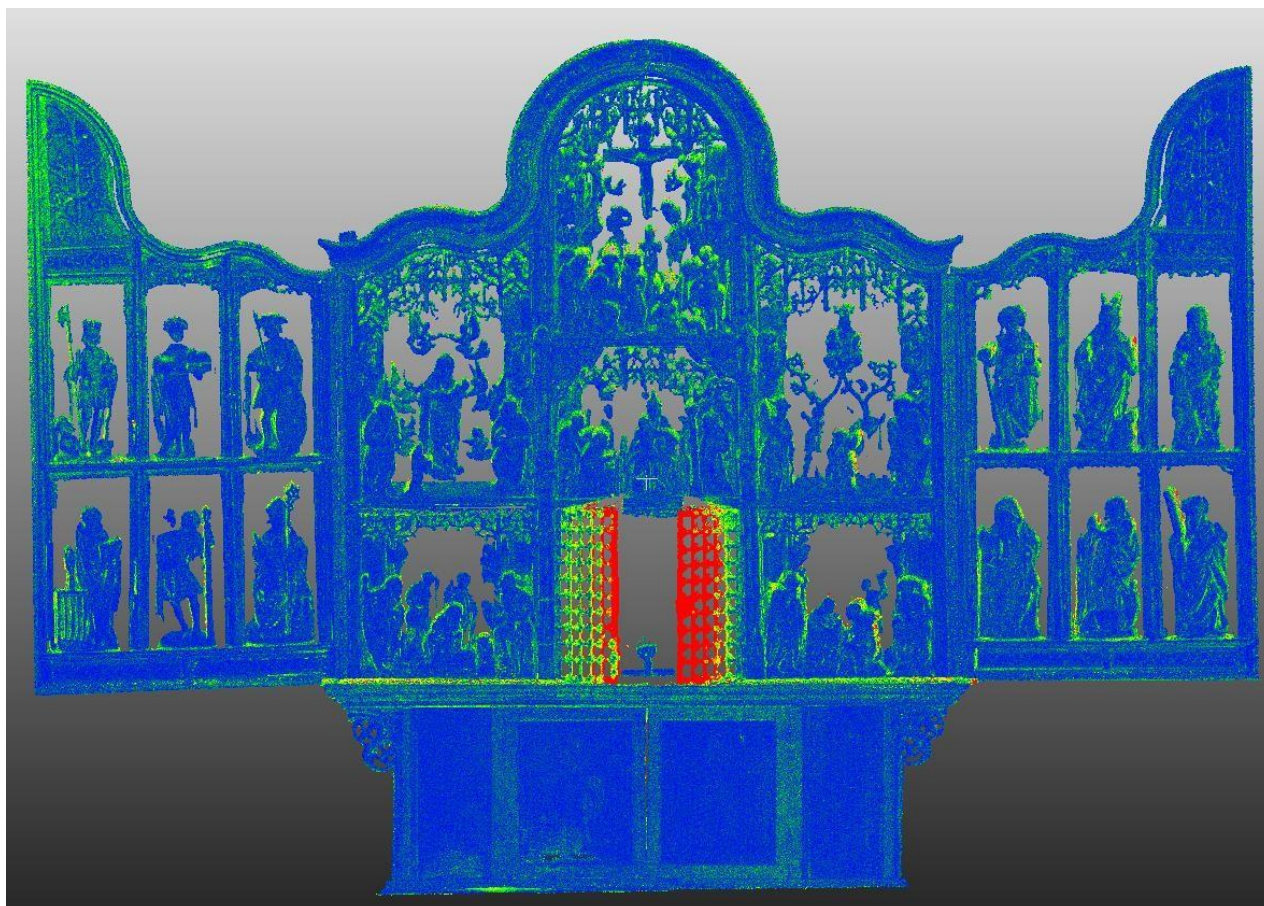
Laserskanning danner støy. På kanter og små flater er det naturlig støy når man bruker denne metoden (for eksempel på skulpturenes attributter). På skrå flater og i kantene av figurene på altertavla finnes det derfor støy i målingene.

Det er en spesiell malingstype rundt de nederste skapdørene, Predella, som lager støy i laserskannet. Rammen rundt skapdørene/maleriene nederst i midten fremstår i sammenligningen som bevegelse, men det er i realiteten støy i laserskanningen.



Resultatene etter hver målerunde er beskrevet lenger ned i rapporten, med en oppsummering/konklusjon i kapittel 3.

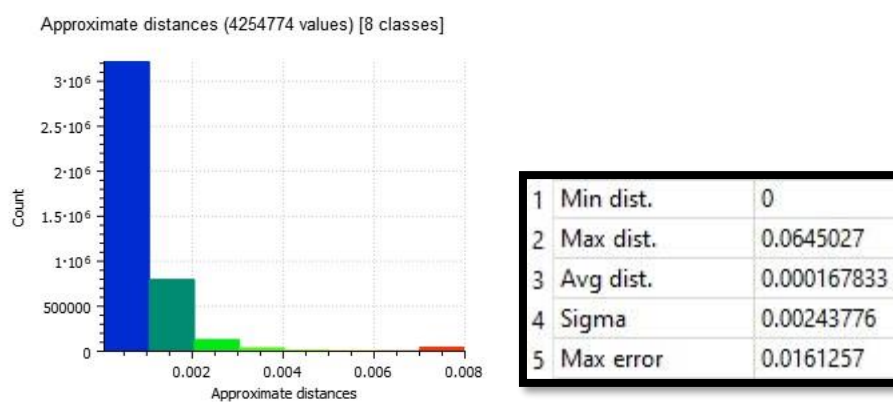
Sammenligning mellom måling 1 og 2



Figur 7. Resultatet etter måling 1 og 2 «Cloud-cloud-distance» i «CloudCompare».

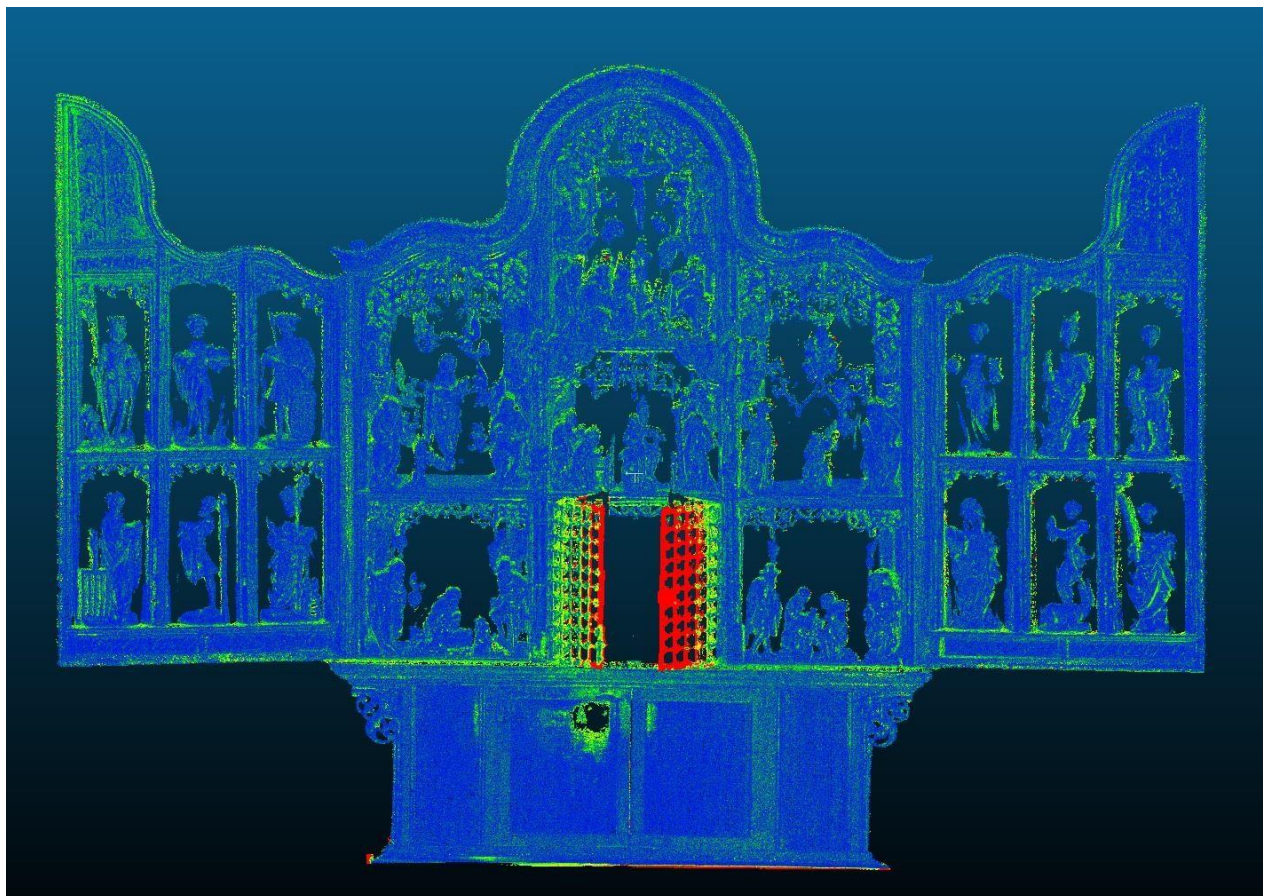
Vi ser at øverste del av venstre fløyddør har totalt beveget seg mellom 1-2 mm inn mot kirkerommet/fremover. Metalldørene på korpus har blitt beveget på, sannsynligvis av brukere av skapet. Setninger er vist i nivellerings tabellen lenger ned i rapporten. Vi kan ikke verifisere andre endringer i skapet.

Det er en spesiell malingstype rundt de nederste skapdørene/predella som lager støy i laserskannet. Rammen rundt predella nederst i midten fremstår i sammenligningen som bevegelse, men det er i realiteten støy i laserskanningen.



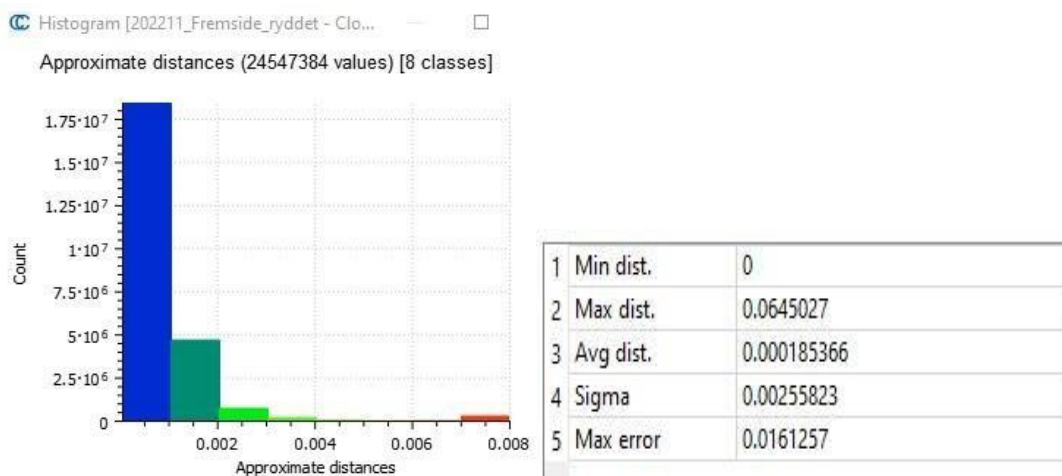
Figur 8. Avviksfordeling mellom måling 1 og 2, Vertikal skala: Antall sammenlignede punkter, Horisontal skala: Avstand til sammenlignet punkt i meter.

Sammenligning mellom måling 1 og 3



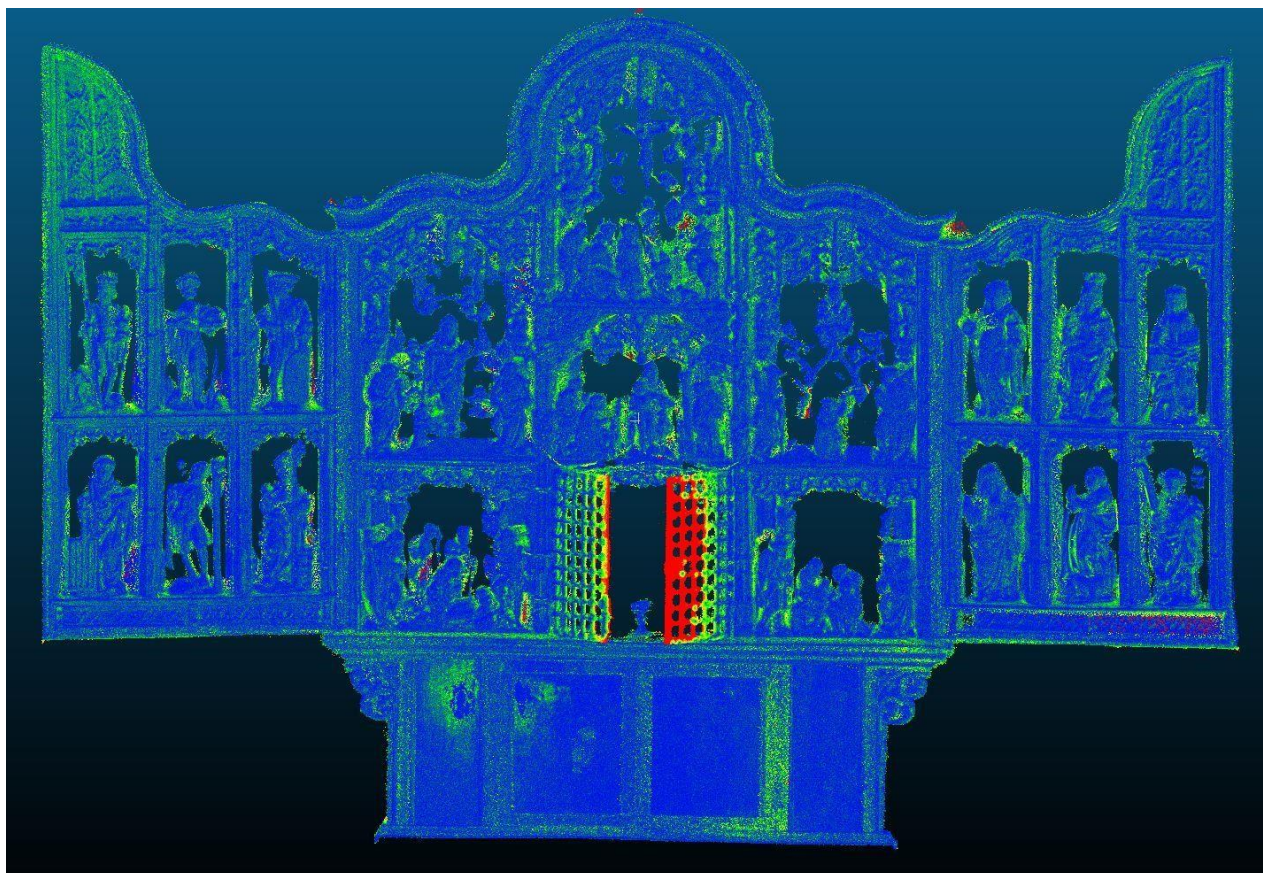
Figur 9. Resultatet etter måling 1 og 3 «Cloud-cloud-distance» i «CloudCompare».

Vi ser at øverste del av venstre fløyddør har totalt beveget seg mellom 2-3 mm inn mot kirkerommet/fremover. Av avviksfordelingen ser vi like tall som for måling 2, men Average distance (gjennomsnittlig avstand) går noe opp, hvilket betyr at det er bevegelse siden forrige måling. Setninger er vist i nivellerings tabellen lenger ned i rapporten.



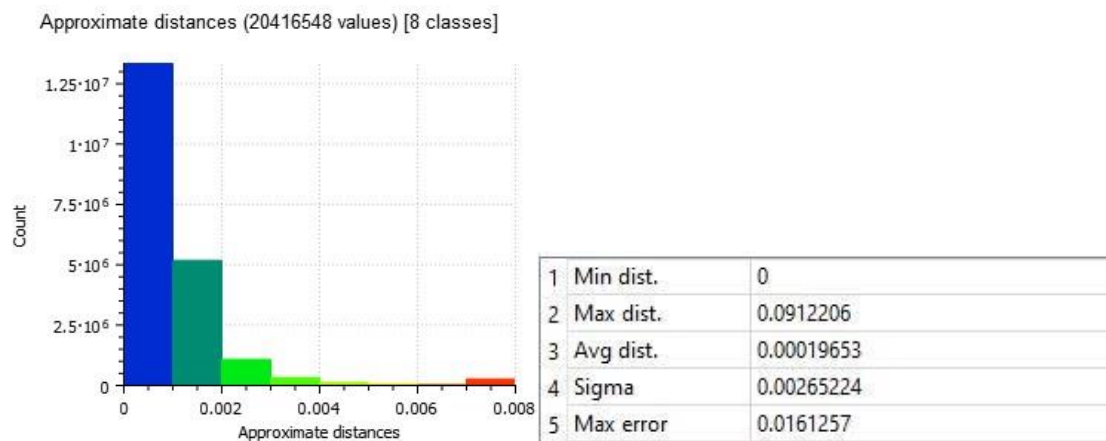
Figur 10. Avviksfordeling mellom måling 1 og 3. Vertikal skala: Antall sammenlignede punkter, Horizontal skala: Avstand til sammenlignet punkt i meter.

Sammenligning mellom måling 1 og 4



Figur 11. Resultatet etter måling 1 og 4 «Cloud-cloud-distance» i «CloudCompare».

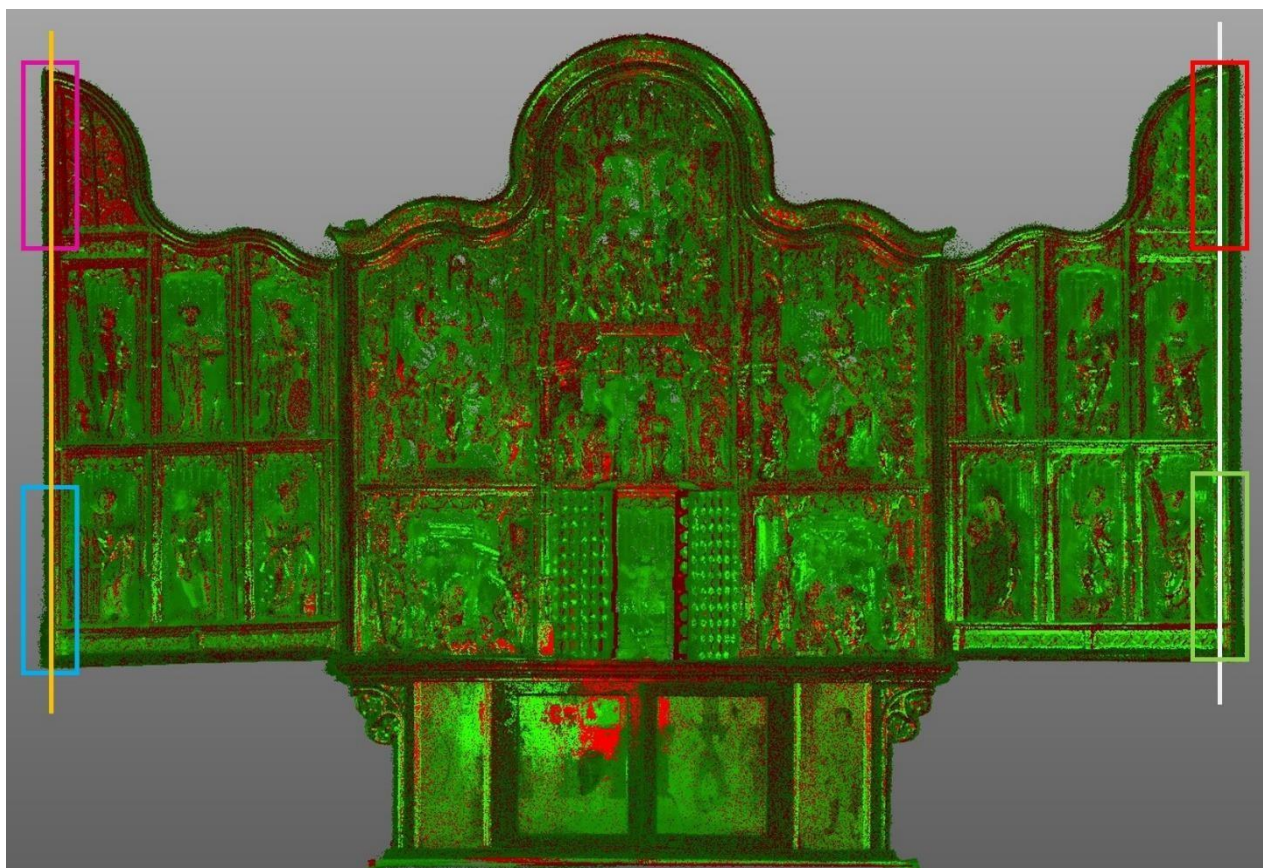
Vi ser at øverste del av venstre fløydør har totalt beveget seg mellom 2,5-3,5 mm inn mot kirkerommet/fremover. Vi ser også antydning til bevegelse i øvre del av høyre fløydør i størrelsesorden 0,5 – 1,5 mm inn mot kirkerommet/fremover. Vi har noe mer utslag på støy på denne målingen enn de andre i avviksfordelingen, men Average distance (gjennomsnittlig avstand) fortsetter å øke. Det er bevegelse i skapet siden forrige måling ytterst på fløydørene, men bevegelsen er nært opp til målenøyaktigheten vår. Setninger er vist i nivellerings tabellen lenger ned i rapporten.



Figur 12. Avviksfordeling mellom måling 1 og 4. Vertikal skala: Antall sammenlignede punkter, Horisontal skala: Avstand til sammenlignet punkt i meter.

Sammenligning av snitt i laserskann

Vi vil nedenfor vise snitt gjennom laserskannene slik at bevegelsene kan tallfestes og visualiseres. Her vil det visualiseres bevegelse i både grunnriss og høyde. Sammenligning for høyre fløyddør i måling 2 tas ikke med siden det ikke er mulig å se bevegelse i dette området. Skissen viser prinsippet for uttak av snittene, slik at snittene blir hentet ut på steder som gir en forståelig visualisering av punktskyene. Markeringene viser ca. hvor snittene er hentet ut.



Figur 13. Prinsippskisse, Vertikal-snitt i laserskann oversikt

Venstre skapdør:

Gul linje viser hvor snittet i figur 14 er hentet ut.

Rosa boks viser hvor snittet i figur 15 er hentet ut.

Blå boks viser hvor figur 16 er hentet ut.

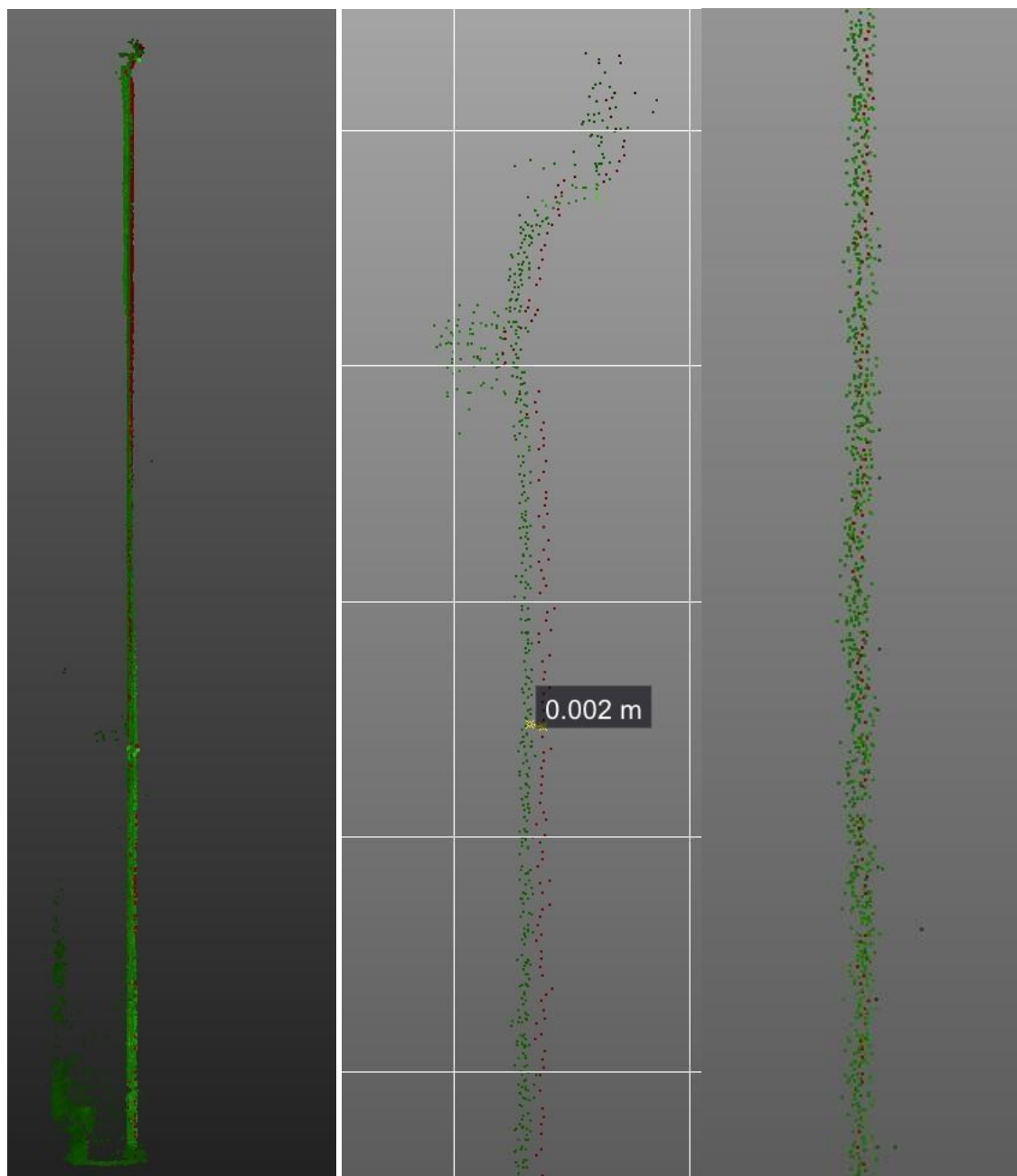
Høyre skapdør:

Hvit strek viser hvor figur 17 er hentet ut

Rød boks viser hvor figur 18 er hentet ut

Grønn boks viser hvor figur 19 er hentet ut

Sammenligning mellom måling 1 og 2 venstre fløydør April 2022 til August 2022

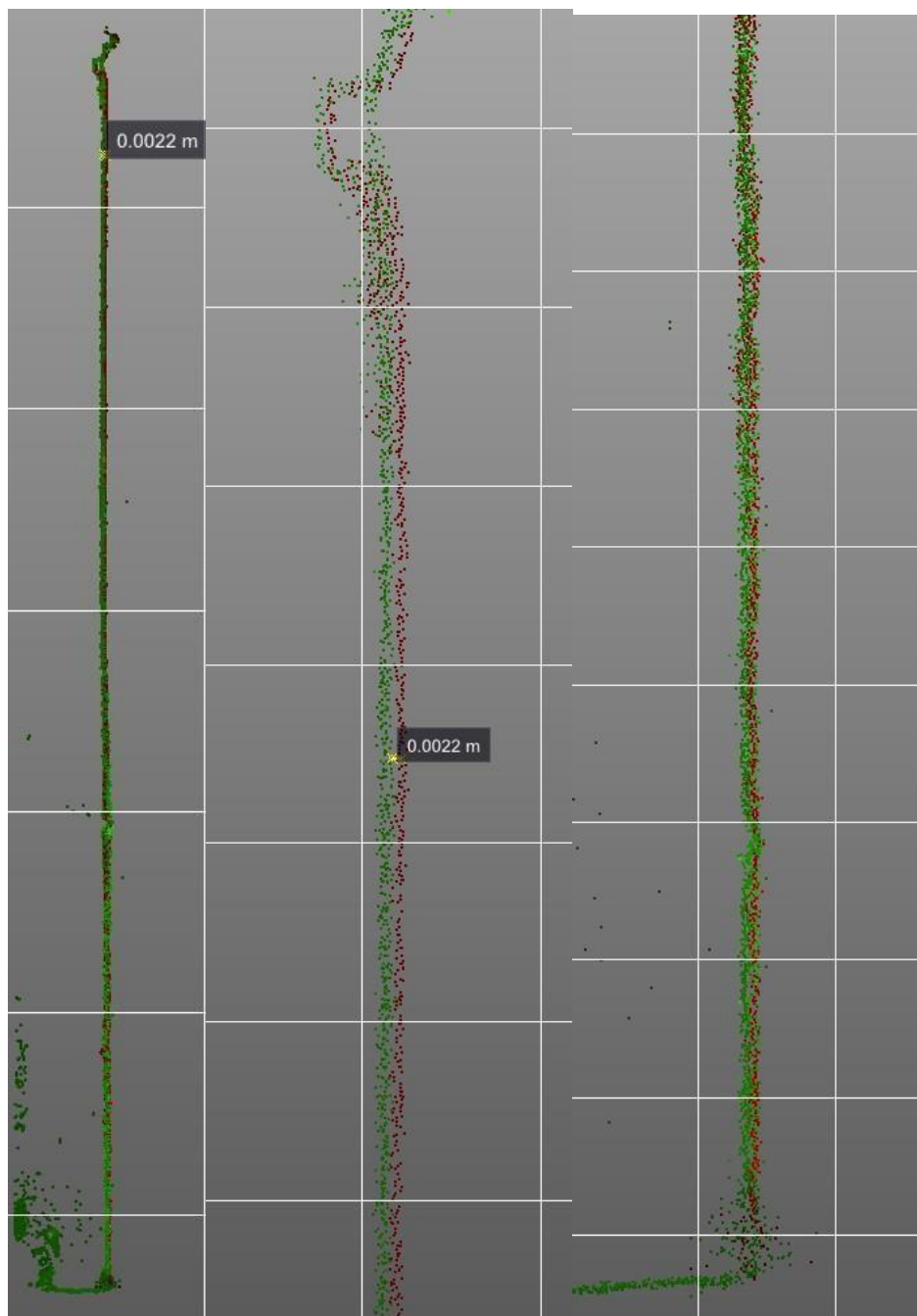


Figur 14 (Til venstre), Figur 15 (i midten). Figur 16 (til høyre). Skannet fra august i rødt og skannet fra april i grønt.

Figur 14, (Gul linje i figur 13), viser snittet fra oppe til nede ytterst på venstre fløydør. Figur 15, (Rosa boks i figur 13), er zoomet enda mer inn på et område øverst på fløydøra der forskjellen er tydelig oppe i hjørnet. Det røde skannet fra August 2022 er tydelig «på utsiden» av det grønne skannet høyere opp på altertavla. Det vil si at det øverste venstre hjørnet på alterskapet har beveget seg **fremover** i

størrelsesorden 2-3 mm siden April 2022. Den eneste bevegelsen vi ser i høyre skapdør er 1 mm setning målt ved nivellering beskrevet lenger ned i rapporten på side 19. Høyre skapdør taes ikke med fordi vi ikke ser noen endringer.

Sammenligning mellom måling 1 og 3 venstre fløydør April 2022 til Oktober 2022

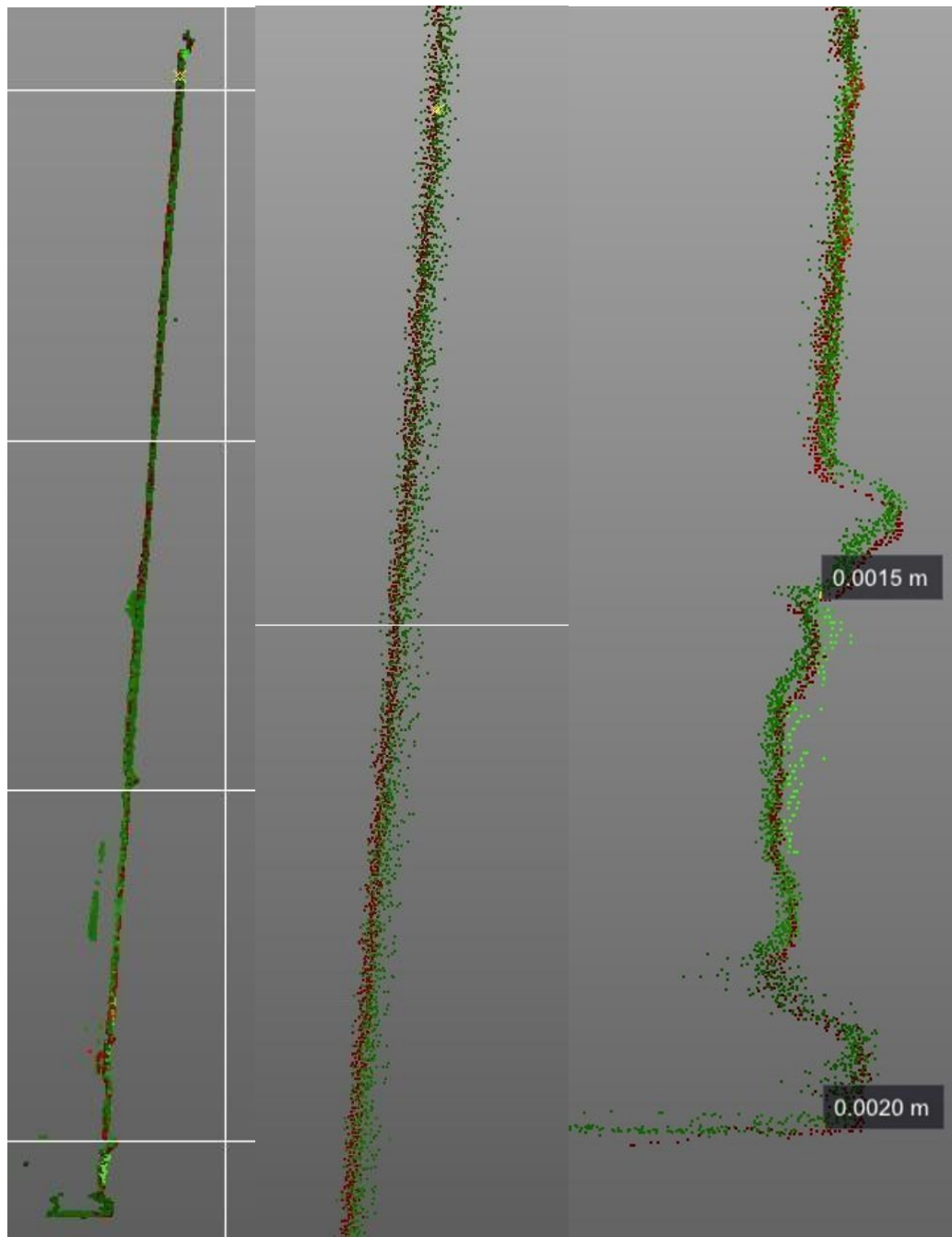


Figur 14.1 (Til venstre), Figur 15.1 (i midten), Figur 16.1 (til høyre). Skannet fra Oktober 2022 i rødt og skannet fra April 2022 i grønt. Tallene viser målte avstander mellom de to scannene.

Figur 14.1, (Gul linje i figur 13), viser snittet fra oppe til nede ytterst på venstre fløydør. Figur 15.1, (Rosa boks i figur 13), er zoomet enda mer inn på et område der forskjellen er tydelig oppe i hjørnet. Det røde skannet fra Oktober 2022 er tydelig «på utsiden» av det grønne skannet høyere opp på altertavla. Det vil si at det øverste venstre hjørnet på alterskapet har beveget seg **fremover i**

størrelsesorden 2-3 mm siden April 2022, men det er ikke mulig å påvise bevegelse fra August 2022 til Oktober 2022. Figur 16.1, (blå boks i figur 13), viser nedre del av venstre skapdør, her er det ikke mulig å påvise endringer.

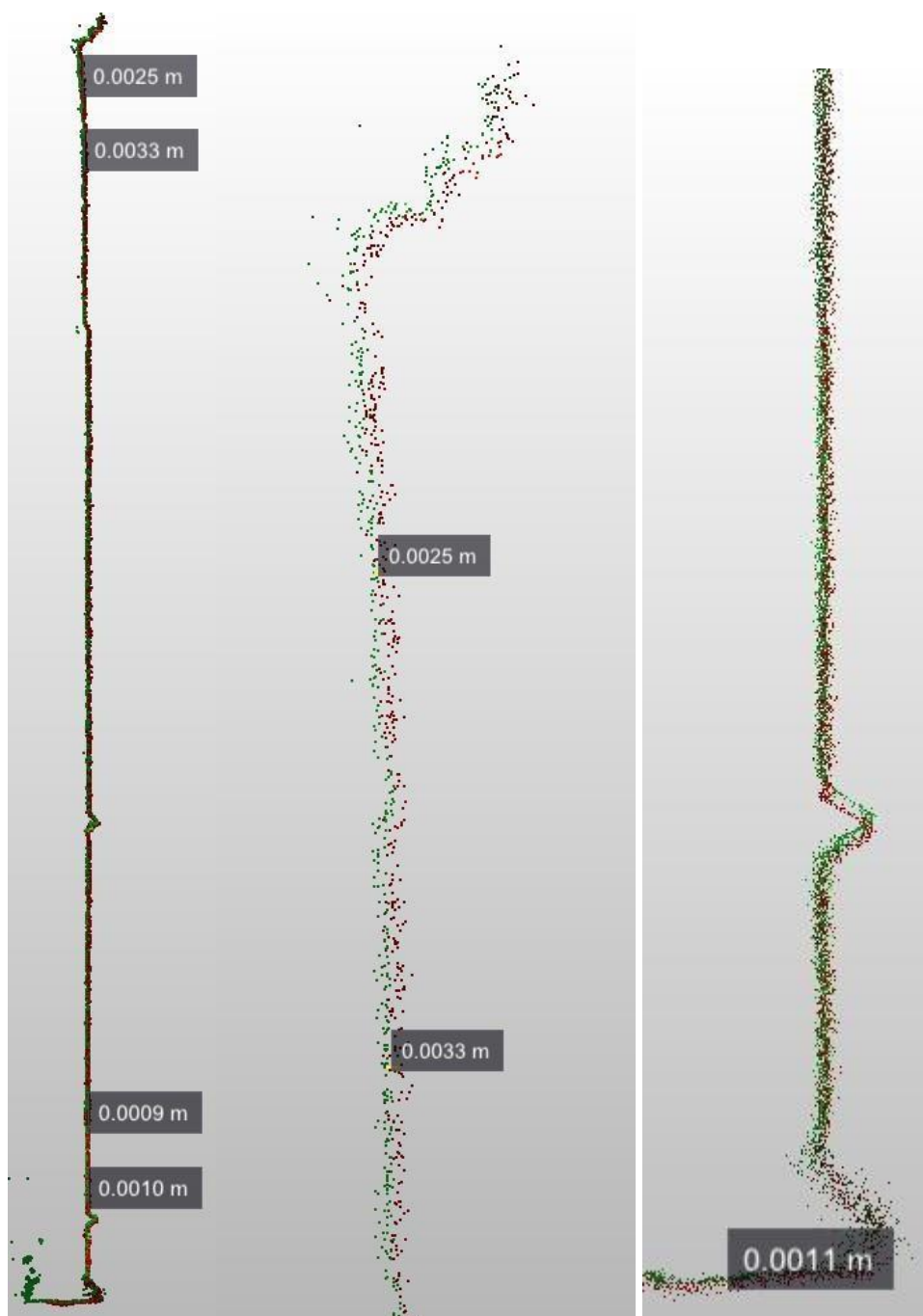
Sammenligning mellom måling 1 og 3 høyre fløydør April 2022 til Oktober 2022



Figur 17.1 (Til venstre), Figur 18.1 (i midten), Figur 19.1 (til høyre). Skannet fra oktober i rødt og skannet fra april i grønt. Tallene viser målte høydeforskjeller mellom de to scannene.

Figur 17.1, (hvit linje i figur 13), 18.1, (rød boks i figur 13), og 19.1, (grønn boks i figur 13), viser snitt ytterst av høyre fløydør. Vi ser her at det ikke kan påvises noen bevegelse av fløydøren i grunnriss (fremover/bakover). **Det kan derimot påvises endring i høyde ytterst på høyre fløydør i størrelsesorden -2 mm. Fløydøren viser setninger siden April 2022 til Oktober 2022.** Nivellementet viser samme tall og bekrefter setningen. Resultatet av nivellementet er beskrevet lenger ned i rapporten på side 19.

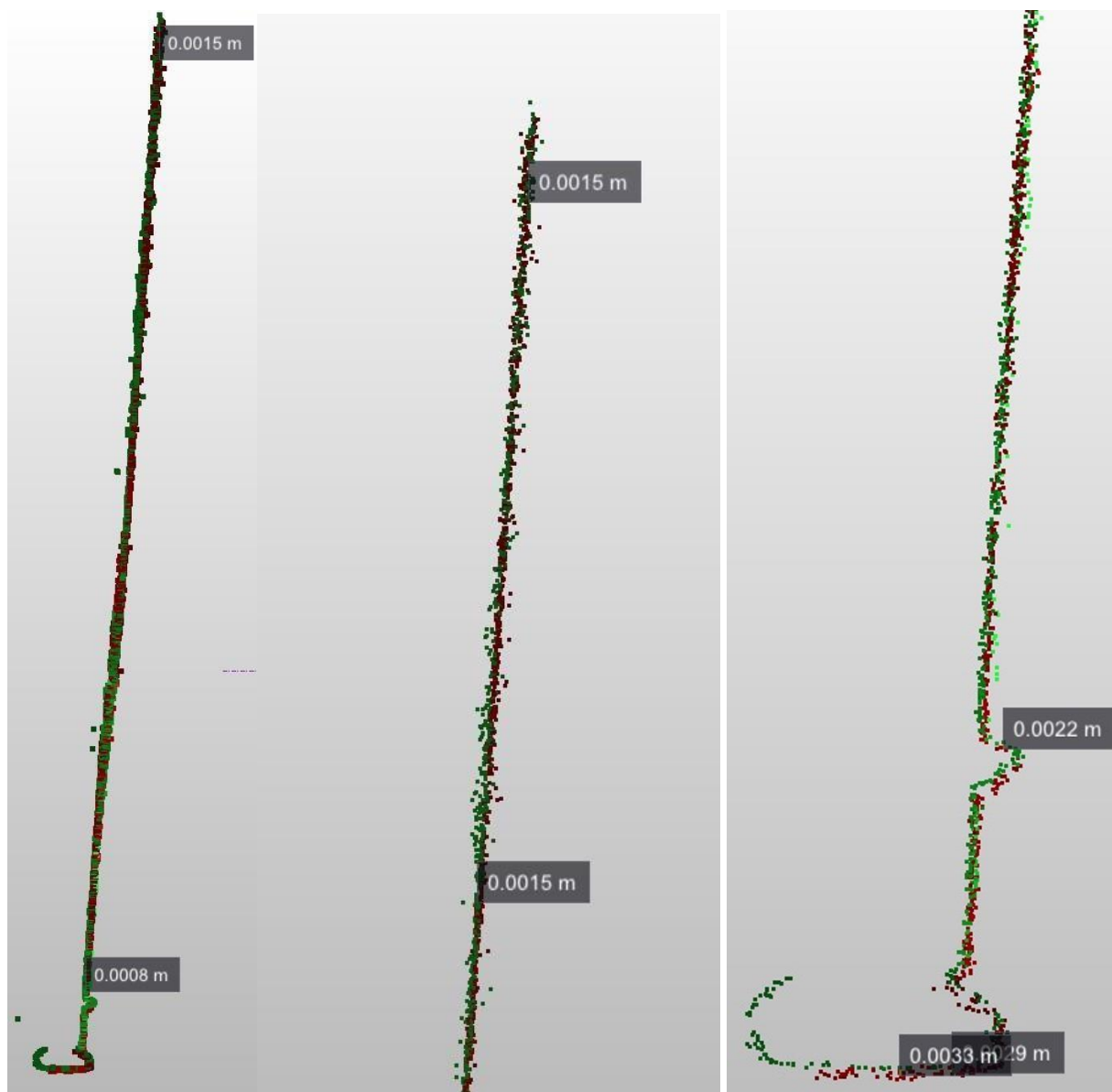
Sammenligning mellom måling 1 og 4 venstre fløydør April 2022 til Januar 2023



Figur 14.2 (Til venstre), Figur 15.2 (i midten), Figur 16.2 (til høyre). Skannet fra Januar 2023 i rødt og skannet fra April 2022 i grønt. Tallene viser målte avstander mellom de to scannene. **Snittet nede til høyre viser målt høydeforskjell i skann.** Alle mål er i meter.

Figur 14.2, (Gul linje i figur 13), og 15.2, (Rosa boks i figur 13), viser en total bevegelse opp mot 3,5 mm øverst på skapdøren, samtidig ser vi at nederste del av skapdøren også har beveget seg i samme retning. Bevegelsen ligger i størrelsesorden vår målenøyaktighet siden forrige måling like under 1 mm. Vi ser på figur 16.2, (blå boks i figur 13), at laserskannet kan påvise setning ytterst på skapdøren på 1-1,5 mm. Dette er samme tall som nivelleringen viser omtalt lenger ned i rapporten på side 19.

Sammenligning mellom måling 1 og 4 høyre fløydør April 2022 til Januar 2023

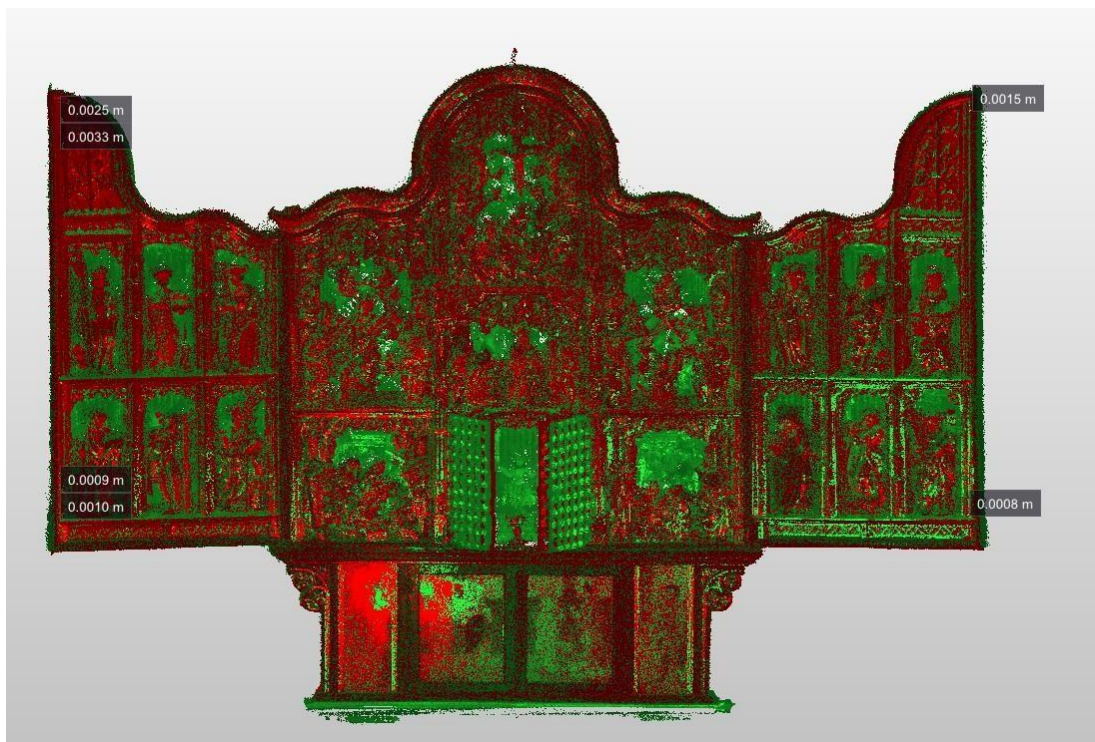


Figur 17.2 (Til venstre), Figur 18.2 (i midten), Figur 19.2 (til høyre). Skannet fra Januar 2023 i rødt og skannet fra April 2022 i grønt. Tallene viser målte avstander mellom de to skannene. **Snittet nede til høyre viser målte høydeforskjeller.** Alle mål er i meter.

Figur 17.2, (hvit linje i figur 13), og 18.2, (rød boks i figur 13), viser bevegelse i øvre og nedre del av skapdøren retning fremover i kirken. Øvre del har 1,5 mm bevegelse mens nedre del viser 0,8 mm bevegelse i grunnriss. Dette er tall svært nær målenøyaktigheten vår. Tallene på figur 19.2, (grønn boks i figur 13), viser høydedifferansen mellom skannene, vi ser setninger i størrelsesorden 2,2-3,3 mm. Dette harmonerer med nivelleringen omtalt lenger ned i rapporten på side 19.

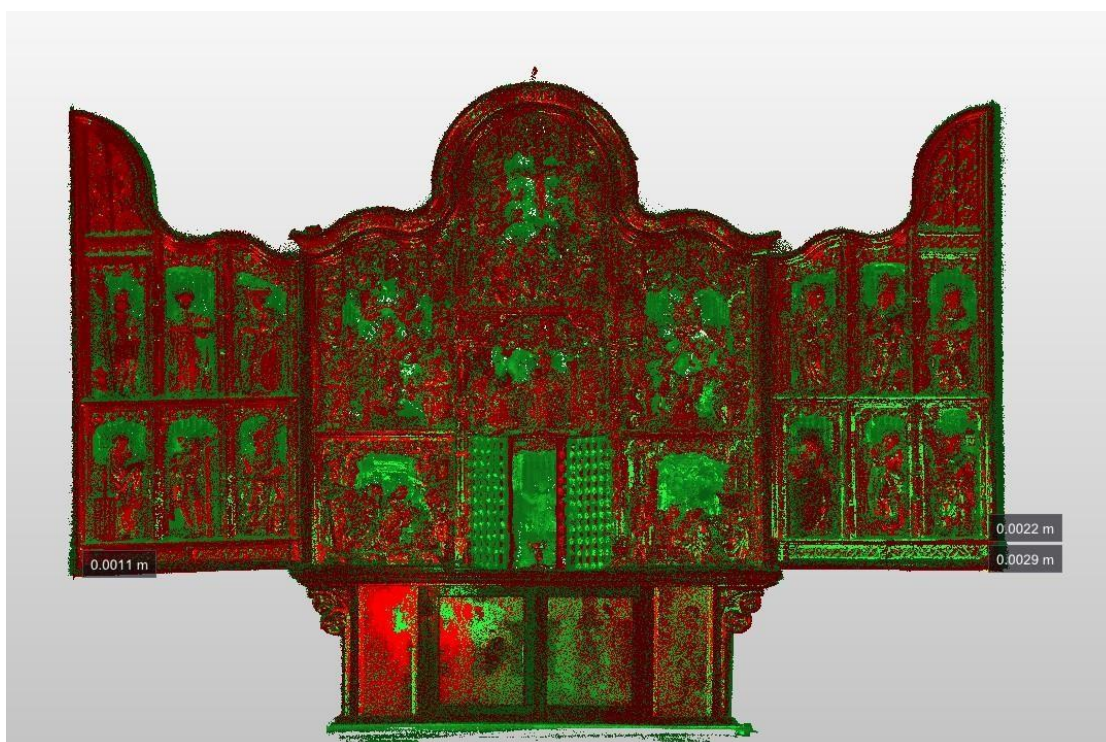
Visualisering av bevegelser påvist i laserskann fra April 2022 til Januar 2023.

Grunnriss



Figur 20. Bevegelse i grunnriss, fremover mot kirkerommet fra April 2022 til Januar 2023. Verdier er oppgitt i meter og er målte grunnriss-avstander mellom skannene.

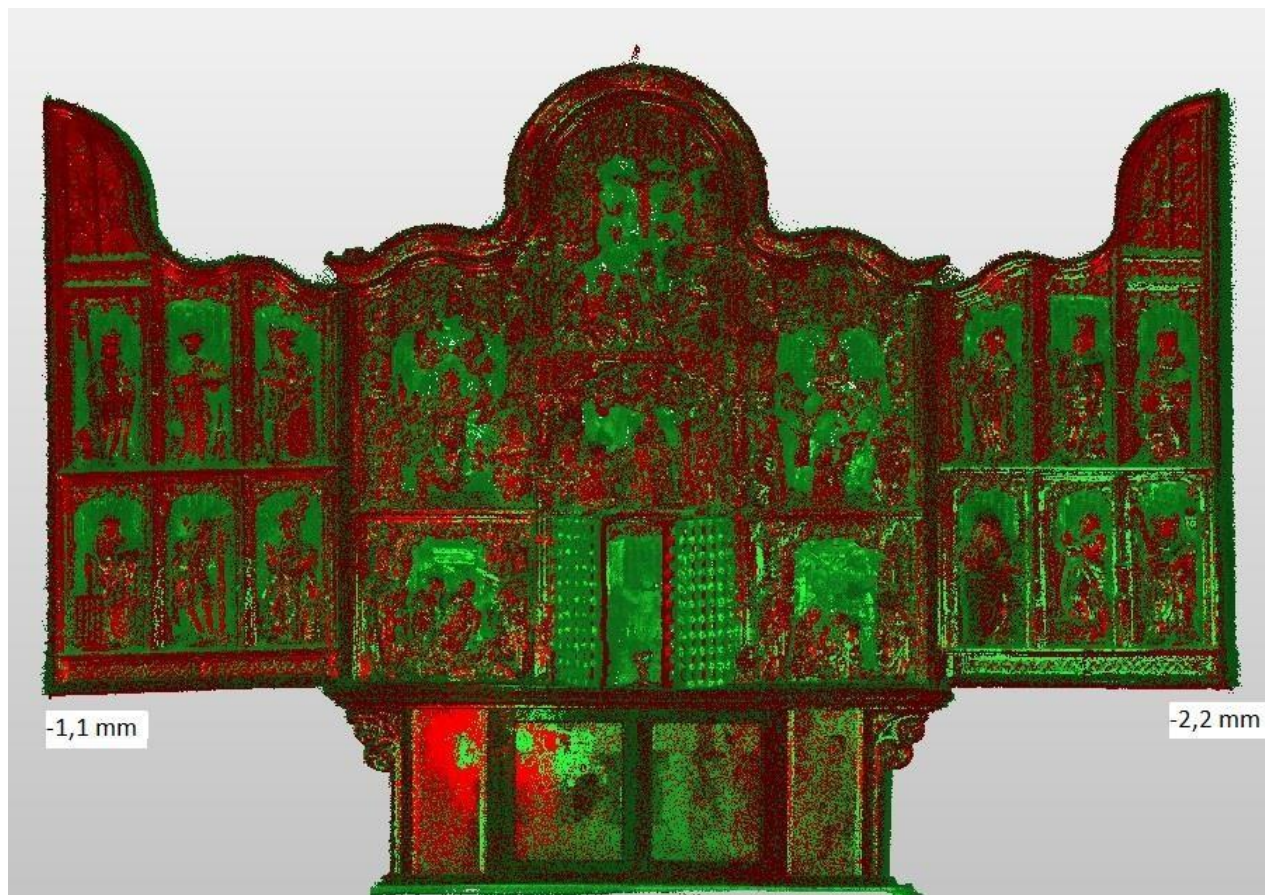
Høyde



Figur 21. Bevegelse i vertikalplan, setninger fra April 2022 til Januar 2023 målt i skann. Verdier er oppgitt i meter og er målte høyde-avstander mellom skannene.

2.2 Nivellement høydeforskjeller underkant av skapdørene

Høydenes ytterste/laveste underkant fløydør er nivellert og er gitt i *Tabell 1*. Nivellementet gir oss tall på høydeendringene ytterst på fløydørene.



Figur 22. Viser nivellerte setninger ytterst på fløydørene fra April 2022 til Januar 2023.

Venstre fløydør har i fra Oktober 2022 til Januar 2023 sunket 1,1 mm. Høyre fløydør har totalt sunket 2,2 mm. Endringen på høyre fløydør ble påvist fra April 2022 til Oktober 2022. Høyre fløydør viser ingen endring i tidsrommet Oktober 2022 til Januar 2023. Målenøyaktigheten til nivellementet er 0,1 mm.

Nivellement, alle verdier er oppgitt i meter med høyde over prosjektets 0-punkt.		21.04.2022	01.08.2022	27.10.2022	30.01.2023	Endring 1-4
		Måling 1	Måling 2	Måling 3	Måling 4	
	Teoretisk høyde					
Kontrollpunkt A1	0,1790	0,1790	0,1788	0,1790	0,1790	0,0000
Kontrollpunkt A2	0,1470	0,1470	0,1470	0,1470	0,1469	-0,0001
Høyre skapdør						
Innerste punkt hentet fra laserscann		2,3045	2,3045	2,3045	2,3045	0
Ytterste punkt		2,3012	2,3002	2,299	2,299	-0,0022
Heng/høydeforskjell		-0,0033	-0,0043	-0,0055	-0,0055	-0,0022

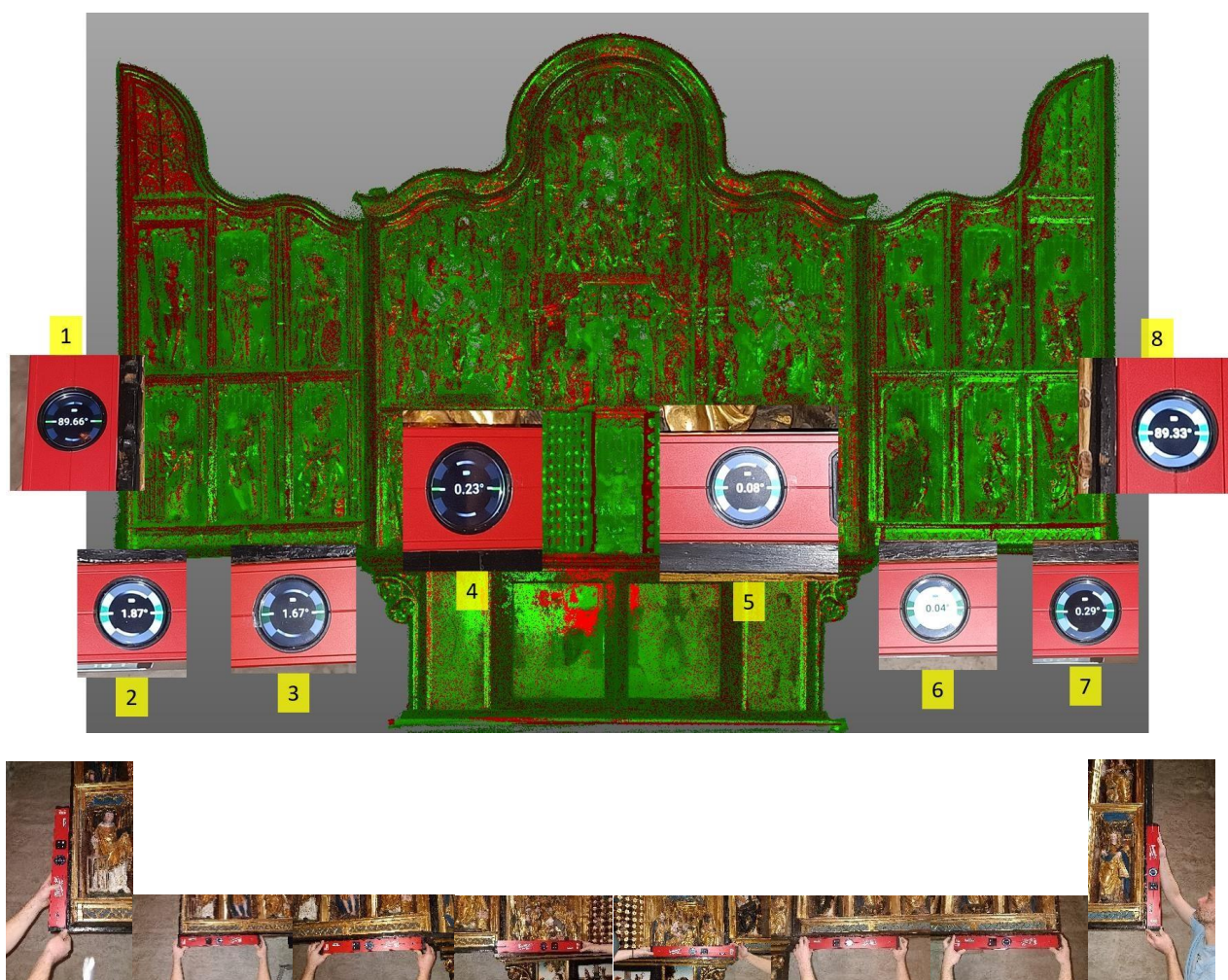
Venstre skapdør						
Innerste punkt hentet fra laserscann		2,3074	2,3074	2,3074	2,3074	0
Ytterste punkt		2,2765	2,2766	2,2765	2,2754	-0,0011
Heng/høydeforskjell		-0,0309	-0,0308	-0,0309	-0,0320	-0,0011

Tabell 1. Resultater nivellering.

2.3 Vatermålinger

Det er utført vinkelmålinger på forskjellige steder på skapet ved bruk av digitalt høypresisjonsvater. Vateret har en presisjon på 0.03 til 0.10 grader. Dette kan være en enkel og grei metode for å se på skjevheter og endring av skjevheter som en første indikator metode. Figurene 23 og 24 under viser hvor det ble målt og resultatene er gitt i tabellform i *Tabell 2*. Målepunktene er valgt på mest mulig definerbare steder på skapet og dokumentert i bildeform. Det måles på samme sted hver gang, se side 22.

Første vatermåling ble utført på måling 3 i Oktober 2022.



Figur 23. Viser hvor vatermålinger på skapets fremside er utført. Bildene er ifra måling 3. Numrene i gul boks på bildet viser til tallene i Tabell 2.



Figur 24. Viser hvor vatermålinger på skapets baksider utført. Bildene er ifra måling 3. Numrene i gul boks på bildet viser til tallene i Tabell 2.

Vatermålinger, tall oppgitt i desimalgrader	Horisontal/vertikal	27.10.2022	30.01.2023				
		Måling 3	Måling 4	Differanse	Fall i prosent	Beregnet høydeforskjell i forhold til målt fall (en lengde på 0,97 m)	Høydeforskjell målt i nivellement
1 Venstre ytterst vertikal	Vertikal	-89,66	-89,64	0,02			
2 Venstre nede ytterst	Horisontal	-1,87	-1,87	0,00	3,265	0,032	0,0320
3 Venstre nede innerst	Horisontal	-1,67	-1,68	-0,01	2,916	0,028	
4 Venstre midt front	Horisontal	0,23	0,23	0,00	0,4014	0,004	
5 Høyre midt front	Horisontal	-0,08	-0,19	-0,11	0,3316	0,003	
6 Høyre nede innerst	Horisontal	0,04	0,18	0,14	0,314	0,003	
7 Høyre nede ytterst	Horisontal	0,29	0,33	0,04	0,576	0,006	0,0055
8 Høyre ytterst vertikal	Vertikal	-89,33	-89,28	0,05			
9 Venstre bak	Vertikal	-88,77	-88,75	0,02			
10 Midt bak	Vertikal	-89,98	-89,94	0,04			
11 Høyre bak	Vertikal	-88,69	-88,72	-0,03			

Tabell 2. Resultater vatermålinger

Om grader, prosent og fall.

1 Grads fall tilsvarer 0,017 meter høydeforskjell på 1 meters avstand.

0,1 Grads fall tilsvarer 0,0017 meter høydeforskjell på 1 meters avstand. 1

% fall tilsvarer 0,010 meters høydeforskjell på 1 meters avstand.

Målingene har 0,1 grads nøyaktighet om vi greier å sette vateret på eksakt samme sted for hver måling. Vinkeldifferansene mellom måling 3 og 4 ligger fra 0 til 0,14 grader. Disse forskjellene utgjør da ifra 0 til 0,0019 meters høydedifferanse på 1 meters avstand. Det er grunn til å tro at differansene kun er en statistisk tilfeldighet mellom måling 3 og 4. Målingene må gjentas over en lengre tidsperiode for å se noen trend utifra denne målemetoden.

Kolonnen (Beregnet høydeforskjell..) i Tabell 2 er en teoretisk utregning av hva det målte fallet vil utgjøre på avstanden ifra innerste til ytterste kant på fløydørene, en avstand på 0,97 meter. Målingene harmonerer med og verifiserer funnene ifra nivelleringen. Skapet har ikke helt rette linjer og det kan være utfordrende å holde vateret med samme press inn mot skapet for hver måling. Dette fører til noe mer usikkerhet i målingene. Vi antar det dreier seg om en størrelse rundt 0.1 grad.

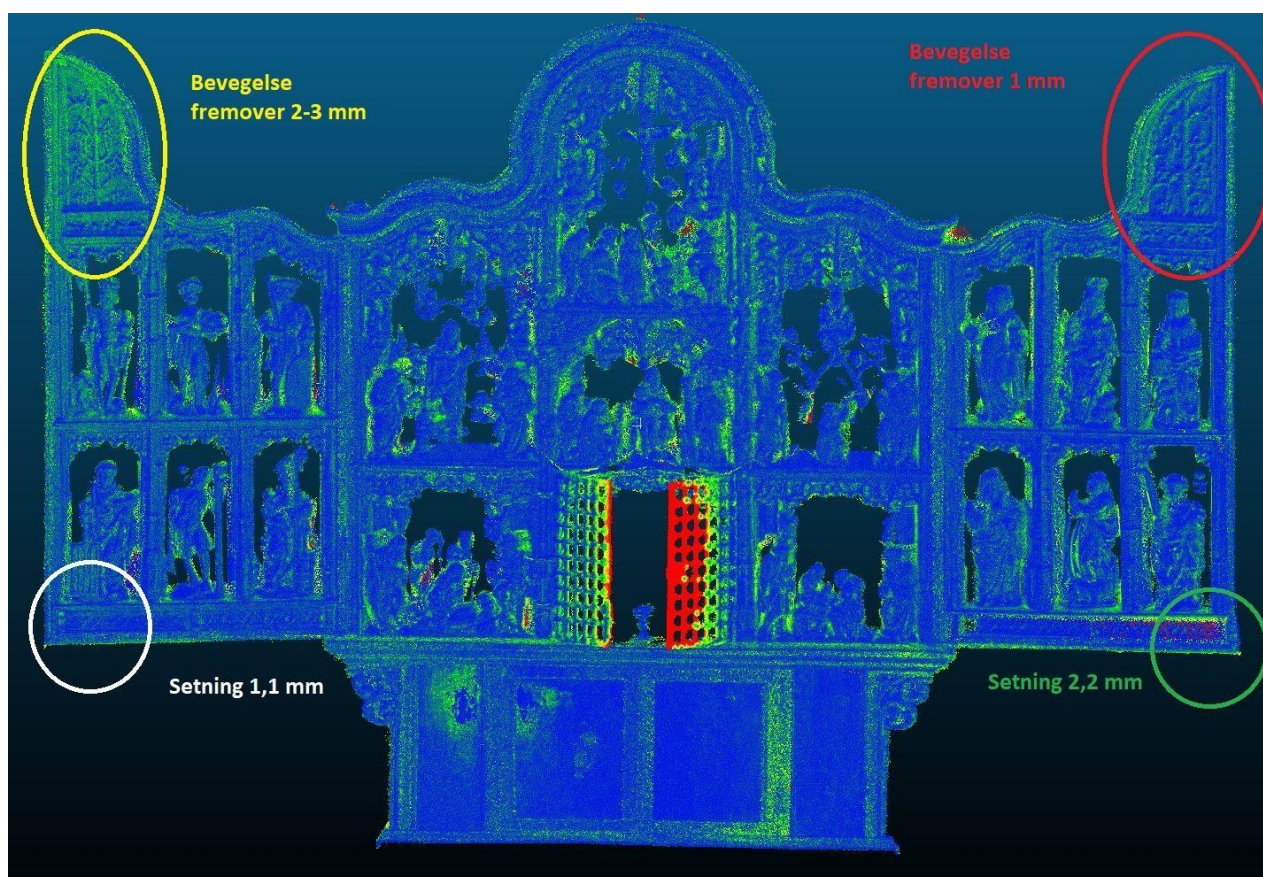
Målingene er med på å underbygge resultatene fra både nivellement og laserskann.

3 Konklusjon

Målingene viser forandringer i altertavla øverst på venstre fløyddør, øverst på høyre fløyddør og setninger nederst på begge fløyddørene. Bevegelsene er i størrelsesorden 1-3mm. *Figur 25* visualiserer våre funn av forandringer fra April 2022 til Januar 2023.

Bevegelsene øverst på høyre fløyddør er i nærheten av vår målenøyaktighet, slik at vi anser målingene som en indikasjon på bevegelse og ikke en bekreftelse. Vi kan bekrefte at det er setninger ytterst på fløyddørene og at venstre fløyddør har bevegelse inn mot kirkerommet i grunnriss.

Laserskannet gir oss god nøyaktighet og god statistikk. Nivelleringen gir oss data med god presisjon for å detektere endringer i høyden på skapdørene. Vtermålingene gir sammenlignbare tall og bidrar til en kontroll av reproduserbarheten til både laserskann og nivellering. Det er ikke forventet at vtermålingene kan erstatte nivellering, denne metoden vil kun være en indikator på endringer.



Figur 25. Resultatbilde endringer.

Det anbefales målinger over lengre tid, gjerne over flere år, for å se trender i deformasjonen. Det anbefales 4 målinger per år, Januar, April, Juli og Oktober. Måle metodene jobber godt sammen, slik at vi har god kontroll på resultatene ved kombinasjonen nivellering, laserskanning og vtermålinger. Om det ønskes å gjenta målingene i fremtiden vil vi anbefale å utføre alle metodene samtidig. Det kan også være en løsning å redusere laserskanning slik at vi gjennomfører nivellering og vtermålinger hvert kvartal, mens laserskanning gjennomføres hvert halvår.

Neste måling utføres etter nærmere avtale med NIKU med tanke på både metode og tidspunkt for måling.

Lillehammer 10.03.2023 Einar Gladhaug

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 208

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