

Dokumentation av hållristningar i tre dimensioner

Rapport från projektet SAMHELL

Henrik Zedig, Länsstyrelsen Västra Götaland. Med bidrag från Trond Løddøen, Universitetsmuseet i Bergen.



Länsstyrelsen
Västra Götaland



UNIVERSITETET I BERGEN



Titel: Dokumentation av hållristningar i tre dimensioner

Utgivare: Länsstyrelsen Västra Götaland

Omslagsbild: Nederst: Förberedelse av skanning av hållristning i Vingen, placering av targetpoints.

Fotograf: Trond Løddøen, Universitetsmuseet i Bergen 2019. Överst: 3D-modell av samma hållristning i Vingen.

Rapport: 2022:48

ISSN: 1403-168X

Förord

SAMHELL är ett svenskt-norskt samarbetsprojekt om hållristningar som har pågått mellan maj 2019 och september 2022. Projektet har genomförts inom ramen för det territoriella samarbetsprogrammet Interreg Sverige-Norge, delområde Gränslöst samarbete, och delvis finansierats av EU-medel genom Europeiska regionala utvecklingsfonden. Länsstyrelsen i Västra Götaland och norska Riksantikvaren har varit projektägare och huvudprojektledare. Arbetet har skett i samverkan med Universitetsmuseet i Bergen. Projektets undertitel - samarbete om hållbilders bevarande, visualisering, dokumentation och förmedling – är en komprimerad beskrivning av dess syfte.

I bidragsansökan redovisas tre övergripande mål för projektet:

1. Ett permanent organiserat gränsöverskridande samarbete om visualisering, bevarande och vård av hållristningar,
2. Gemensamma rutiner och arbetssätt (standarder) för dokumentation, vård och synliggörande av hållristningar och
3. En gemensam praxis för 3D-dokumentation med handhållen laserskanner.

Dessa mål bygger i sin tur på att det finns tillgängliga resultat från följande tre delmål:

1. Projektet har samlad kunskap om de senaste 30 årens forskning om hur man bäst bevarar och vårdar hållristningar,
2. Det finns en utvärdering av olika metoder att tillgängliggöra hållristningar utan att använda skadliga metoder, till exempel imålning med färg, och
3. Det finns en utvärdering av utvecklingsarbetet avseende 3D-teknik som dokumentationsmetod för hållristningar.

Föreliggande rapport ingår som en del i avrapporteringen av SAMHELL. Projektet har arbetat med gemensamma riktlinjer och arbetssätt för dokumentation, vård, förvaltning och synliggörande av hållristningar. Rapporten kommer att avhandla dokumentation och uppföljning av hållristningar med 3D-teknik.

Innehåll

Inledning	6
Att dokumentera hållristningar i flera dimensioner	6
Dokumentation av hållristningar med handhållen 3D-skanner	6
Skanning av en hållristning	7
Fotogrammetri	7
Dokumentation av hållristningar med Structure-from-Motion	8
Resultatet av 3D-skanning och digital fotogrammetri	8
Utmaningen att visualisera 3D i 2D	9
Val av 3D-teknik vid dokumentation av hållristningar	10
Dokumentation av hållristningar – en tillbakablick	10
Bohuslän	11
Östfold	13
Vestlandet	15
Tidig 3D-skanning av hållristningar	18
3D-tekniken vidareutvecklas	19
Förstudie för 3D-dokumentation av hållristningar	19
3D-dokumentation inom EU-projektet RockCare	23
Tanum	25
Coadalen - Foz Côa	28
Val Camonica	30
3D-dokumentation inom EU-projektet Rock Art in Northern Europe (RANE) ...	33
Karlberg, Vagnhärad - Södermanlands län	33
Gärde - Jämtland	35
Kåfjord - Alta	35
Nordby Köpcenter - Strömstad	36
3D som uppföljningsteknik	37
3D-skanning efter RANE-projektet	37
Digital fotogrammetri gör sitt intåg	38
Pilotprojekt: Hållristningar och 3D	38
Dokumentationsprojektet i Tanums världsarv med start 2016	39
3D-dokumentation i SAMHELL	40
Metodbeskrivning av 3D-dokumentation av hållristningar	40
Hållristningens storlek	41
Upplösning	41
Anläggande av ett koordinatsystem	41
Placering av targetpoints/markörer	41

Skapandet av en targetmodell	42
3D-dokumenterade Hällristningar i Norge.....	42
Viken: Rå drosjeholdeplassen 1, ID 75161	42
Vestlandet Ausevik: del av felt II 25845-2	44
Vestlandet Ausevik: del av felt III 25845-3	45
Vestlandet Vingen: Bakkane 3 (Kålrabisteinen), ID145526-3.....	46
Vestlandet, Vingen: Leitet 8 A och B, ID 145526-8.....	47
Vestlandet Vingen: Teigen 4, ID 145528-4	48
Vestlandet, Vingen: Teigen 6, ID 145528-6	49
Finnmark, Alta: del ett av Hjemmeluft 28486-1.....	50
Finnmark, Alta: del två av Hjemmeluft 28486-1	51
Finnmark, Alta: Isnestoften 6 ID 230593.....	52
3D-dokumenterade hällristningar i Sverige	52
L1968:7849 (RAÄ-nummer Tanum 33:1).....	53
L1968:7768 (RAÄ-nummer Tanum 51:1).....	55
L1968:7298 (RAÄ-nummer Tanum 57:1).....	56
L1968:7765 (RAÄ-nummer Tanum 76:1).....	58
L1968:7613 (RAÄ-nummer Tanum 81:1).....	60
L1968:7344 (RAÄ-nummer Tanum 94:1).....	61
L1968:7397 (RAÄ-nummer Tanum 163:1).....	63
L1967:2585 (RAÄ-nummer Tanum 224:1).....	64
L1967:2639 (RAÄ-nummer Tanum 225:1).....	66
L1967:2712 (RAÄ-nummer Tanum 226:1).....	68
L1967:2715 (RAÄ-nummer Tanum 232:1).....	69
L1967:2492 (RAÄ-nummer Tanum 304:1).....	71
L1967:2632 (RAÄ-nummer Tanum 325:1).....	72
L1973:2788 (RAÄ nr Jönköping 20:1) håll nummer 30 i Sagaholmsgraven.....	74
Skillnader mellan traditionell dokumentation och 3D-teknik	76
Exemplet håll nr 30 från Sagaholm	78
3D-teknik som övervakning och uppföljning av hällristningars tillstånd över tid..	81
Användning av äldre 3D-data för övervakning och uppföljning.....	81
Jämförelseanalys: Hällristning L1968:7401 (RAÄ nr Tanum 21:1)	81
Jämförelseanalys: Hällristning L1968:7550 (Tanum 151:1)	83
3D-data över dokumenterade gipsavgjutningar för övervakning och uppföljning ⁸⁴	
Dokumentation av hällristningar i form av gipsavgjutningar – en tillbakablick.....	84
Analys av gipsavgjutningar vid uppföljning av hällristningars tillstånd.....	89
Analog Jämförelseanalys	89
Tidigare jämförelseanalys med hjälp av 3D-teknik	90

Jämförelseanalys med hjälp av 3D-teknik inom SAMHELL.....	91
Referenser	94
Figurreferenser.....	99
Bilaga 1. Sammanställning av tidigare dokumentation.....	101

Inledning

I denna rapport återfinns inledningsvis en kort generell beskrivning av dokumentation av hållristningar i tre dimensioner med hjälp av handhållen 3D-skanner och den vanliga fotogrammetriska metoden Structure-from-Motion (SfM).

Därefter följer en tillbakablick på hur hållristningar traditionellt har dokumenterats i Bohuslän, Östfold och på Vestlandet sedan 1800-talet och fram tills att 3D-tekniken gjorde sitt intåg.

Nästa del handlar om hur 3D-tekniken började användas för att dokumentera och följa upp hållristningar i Sverige och Norge.

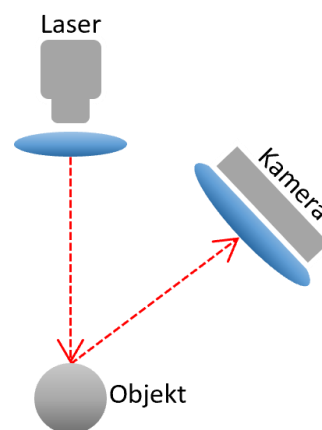
Dessa tre kapitel leder fram till hur projektet SAMHELL har arbetat med dokumentation och uppföljning med hjälp av handhållen 3D-skanner, förslag på praxis för dokumentation och vilka fördelar kontra begränsningar tekniken har.

Att dokumentera hållristningar i flera dimensioner

3D är en förkortning som står för tredimensionell, det vill säga det rumspektiv där längd, bredd och djup uppfattas. För att kunna skapa en digital tredimensionell kopia av ett föremål krävs en teknik för insamlande av digitaldata. De två vanligaste teknikerna för 3D-datafångst är en 3D-skanner eller någon form av mjukvara där man kan processa digitalbilder, så kallad digital fotogrammetri.

Dokumentation av hållristningar med handhållen 3D-skanner

En 3D-skanner är en enhet avsedd för insamling av ett föremåls form och ibland även textur. Insamlade data används för att i digital miljö skapa en kopia av det skannade föremålet – ett tredimensionellt objekt som kallas 3D-modell/3D-mesh. För att fånga det skannade föremålets former skickar skannern ut strålning i form av laser eller strukturerat ljus för att mäta avståndet mellan skannern och föremålet. Den utskickade strålningen reflekteras sedan mot det skannade objektets yta och fångas upp av kameror som är monterade på skannern. Laserskannern erhåller en exakt position för varje ivägskickad laserstråle. Skannern använder sig av triangulering av varje mätpunkt; en teknik som i detta fall innebär att laserpunkten, kameran och lasersändaren bildar en triangel (se figur 1). En vitljusskanner använder också triangulering, men belyser objektet med ett linjärt ljusmönster – strukturerat ljus, som skannern registrerar förändringar i.¹



Figur 1. Triangulering, tekniken har fått sitt namn eftersom laserpunkten, kameran och lasersändaren bildar en triangel. Illustration: bearbetad bild från Paulus et al. 2014.

En laserskanner sänder oftast ut flera laserstrålar som sveps över objektet som ska skannas. Detta för att påskynda inhämtningsprocessen av data. Skannern skapar för det mesta ett geometriskt punktmoln av det skannade objektets yta. För att skannern ska kunna räkna ut var den befinner sig gentemot det skannade objektet används markörer, så kallade targetpoints. Dessa läses in av skannern när de belyses och skapar en virtuell karta över objektet. Data från skannern vidarebefordrats via en kabel eller minneskort till en dator som skapar ett tredimensionellt

¹ Creaform, 2014. s.9.

punktmoln. Punkterna förbinds med linjer så att trianglar bildas i skannerns mjukvara. Det är dessa trianglar som bildar själva ytan i modellen (meshen).

Skanning av en hållristning

Vissa 3D-skannrar kräver referenspunkter för att kunna fånga data på ett noggrant och korrekt sätt. När dessa placerats ut med rätt inbördes avstånd på hållristningen, är det viktigt att utföra skanningen på rätt sätt, framför allt om en hel hållristningspanel ska dokumenteras i en tagning. Skannern ska föras över hållristningen i lugna och följsamma rörelser enligt så kallad "Spider web technique" (se figur 2). Den går ut på att skanningen påbörjas i mitten av ristningen och rör sig ut mot kanterna så att rörelserna kan liknas vid ett spindelnät. Man bör undvika att föra skannern fram och tillbaka över hällen i ett oregelbundet mönster, vilket kan medföra mätfel.



Figur 2. Enligt spiderwebb-tekniken skannas objektet från mitten och sedan utåt kanterna. Illustration: Länsstyrelsen Västra Götaland.

Den stora vinsten med handhållen laserskanner är att resultatet syns på datorskärmen i realtid, vilket är en stor fördel i förhållande till exempelvis fotogrammetri där resultatet först framträder efter att bilderna processats i en mjukvara. Att kunna se datafångsten i realtid gör det enkelt att se om det saknas data i någon del av den skannande ytan och i så fall återvända med skannern tills hållristningen är helt dokumenterad. Själva handhavandet av skannern vid datafångst är också relativt enkelt då det finns olika färgindikatorer på instrumentet som meddelar om skannern är på rätt avstånd från dokumentationsytan.

En nackdel med 3D-skannrar är att de inte tål vatten och kan därför inte användas i regn. De klarar inte heller av att dokumentera en våt hållristning då laserstrålarna kommer att returneras felaktigt mot skannerns kameror, vilket kommer att resultera i mätfel. Generellt är de flesta 3D-skannrar känsliga för direkt, starkt solljus. 3D-skannrar som använder strukturerat ljus är extra känsliga och kräver att ljuset stängs ute med hjälp av exempelvis tält. Laserskannrar klarar ljuset betydligt bättre och det räcker oftast att skärma av det direkta ljuset med ett paraply eller en presenning. Det bästa väderförhållandet för dokumentation är därför när det är mulet.

Fotogrammetri

Fotogrammetri är en gemensam benämning för olika typer av mätningar som kan göras med hjälp av fotografier. Digital fotogrammetri kan beskrivas som *konsten att göra mätningar av tredimensionella positioner på objekt utifrån två eller flera fotografiska eller digitala bilder.*²

En gren inom fotogrammetrin som använts flitigt inom arkeologin sedan 2012 är Structure-from-Motion (SfM). SfM bygger på samma principer som digital fotogrammetri men är mer användarvänlig

² Svensk Nationell Datatjänst, 2019, s. 6.

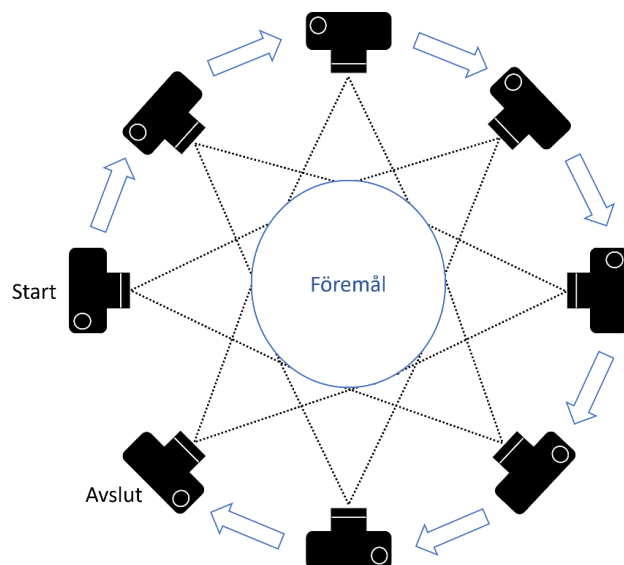
och har lägre noggrannhetskrav. SfM skapar en struktur genom rörelse, det vill säga kameran rör sig runt fotoobjektet som kan vara en hållristningspanel. Kameran måste förflytta sig mellan varje bild så att mjukvaran kan beräkna hur motivet ser ut i tre dimensioner. Fotografierna måste därför tas enligt ett speciellt mönster runt objektet. Det är kamerans olika positioner i förhållande till det fotograferade objektet som avgör utformningen av på 3D-objektet. Mätvärden för avståndsförhållandet till kamerorna bildar ett tredimensionellt punktmoln där varje punkt representerar genomsnittsvärdet för de spårade punkterna. En fotogrammetrimodell får sin form genom triangulering då programvaran förbinder punkterna med linjer och skapar små trianglar så att själva 3D-modellen byggs upp. 3D-modellens textur hämtas för det mesta direkt ur fotografierna och blir ofta verklighetstrogen.³

Dokumentation av hållristningar med Structure-from-Motion

Dokumentation av en hållristning med fotogrammetri förutsätter att den har rensats fram och är fri från jord, skräp, lav, mossa eller annat. För att kunna ge objektet en X, Y och Z position placeras referenspunkter ut på hållristningen. Själva fotograferingen utförs något förenklat enligt figur 3 och fotografierna måste överlappa varandra med minst 50 procent för att få en bra 3D-modell. För det krävs också mellan 50–70 fotografier tagna i olika vinklar.

När datafångsten i fält är klar återstår att ta fram 3D-modellen i datorn. Det görs genom att fotografierna laddas in i den fotogrammetriska programvara som används. Mjukvaran räknar ut var kameran befann sig när fotografiet togs och när processen är färdig visas ett preliminärt punktmoln och de kamerapositioner som programmet har räknat fram. I nästa steg bygger mjukvaran upp en geometri utifrån punktmolnet där punkterna förbinds med linjer så att trianglar bildas (mesh).⁴

Figur 3. Principen för Structure-from-motion med överlappande bilder. Illustration: bearbetad bild från Westoby et al. 2012.



Resultatet av 3D-skanning och digital fotogrammetri

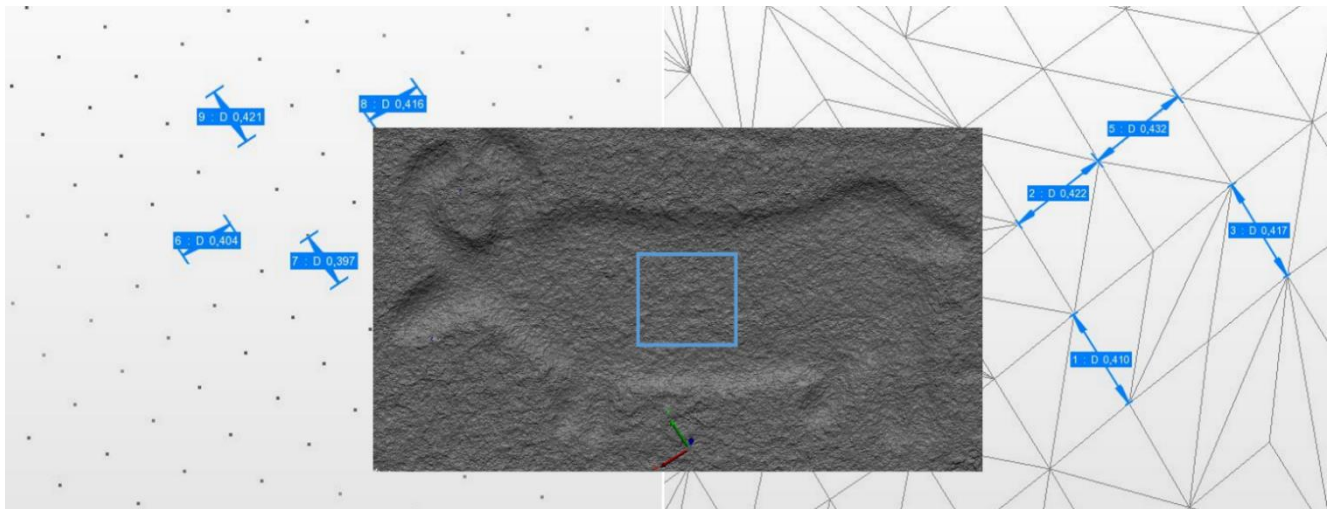
De filer som skapas under 3D-dokumentation är vanligtvis uppbyggda av ett punktmoln eller en Mesh. Ett punktmoln är en uppsättning datapunkter i ett tredimensionellt koordinatsystem där varje punkt har en X, Y, Z koordinat och kan också ha ett RGB värde (en färg). Mesh kan liknas vid en nätstruktur med noder där en yta skapas genom att punkterna förbinds med trianglar. När 3D-tekniken började användas skapade skannrarna enbart punktmoln som sedan fick editeras i en 3D-mjukvara för att generera ytmodeller. De nya 3D-skannrarna skapar ytmodellen direkt vid datafångsten.

I 3D-dokumentation är upplösning avgörande. Upplösningen är en teknisk datavetenskaplig term som kännetecknar hur väl verkligheten fångades. När det handlar om datorskärmar är upplösningen kopplad till antalet tillgängliga pixlar för att återskapa en bild. Ju fler pixlar, desto bättre upplösning och bildkvalitet. I 3D-skanning refererar upplösning till meshen, det vill säga avståndet mellan två punkter i ett punktmoln eller hur långa sidorna är i en triangel (se figur 4). Upplösningen avgör hur

³ Ibid, s. 5 ff.

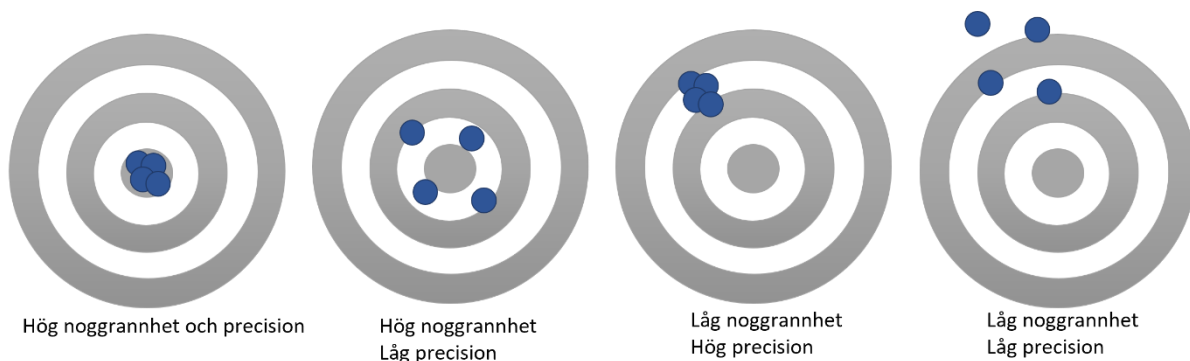
⁴ Thorén, 2012

detaljerat hållristningen återges i 3D-data. En högre mesh-upplösning är mer detaljerad vilket innebär längre laddningstider och tyngre filer.



Figur 4. Utsnittet av 3D-modellen visar dels skillnaden mellan punktmoln och nätstruktur (mesh), dels upplösningen på 3D-modellen där avståndet mellan varje punkt respektive triangelsida är uppmätt. Illustration: Länsstyrelsen Västra Götaland.

Det är viktigt att känna till att upplösning och noggrannhet är två olika faktorer och att upplösningen enbart definierar detaljnivån i en 3D-fil. I 3D-skanning är noggrannhet hur nära mätningen är dess sanna eller tolererbara värde. Precision är hur nära olika mätningar av samma mål är varandra. Vid 3D-dokumentation bör man sträva efter både hög precision och noggrannhet för att få en så exakt kopia som möjligt av hållristningen (se figur 5).



Figur 5. Skillnaden mellan noggrannhet och precision. Illustration: bearbetad bild från Science Notes.

Utmaningen att visualisera 3D i 2D

Trots att vi lever i en tredimensionell värld kan det mänskliga ögat egentligen bara urskilja två dimensioner. Under evolutionens gång har vår hjärna utvecklat djupseende genom att sätta ihop 2D-bilder och extrapolera djup, så kallad stereoskopisk syn. För att underlätta förmågan att se tredimensionellt samverkar olika faktorer som ger information om djupseende. Annat som samspelar för att erhålla djupseende är perspektiv, textur, skuggning och rörelse.⁵

Vid visualisering och tolkning av en 3D-dokumenterad hållristning i en 3D-mjukvara så gör möjligheten att vrida och belysa modellen från olika håll det lättare för oss att uppfatta djupet i

⁵ Welchman et al. 2005

bilden. Om 3D-modellen blir statisk är det svårt att uppfatta den tredje dimensionen, vilket blir tydligt när en 3D-bild presenteras som skärmdump i ett textdokument.

Att presentera och visualisera 3D-modeller i en rapport, bok eller artikel är därför en stor utmaning.⁶ En lösning på problemet är att publicera text och bilder i en PDF-fil där det går att aktivera en 3D-läsare. En annan variant är att publicera 3D-modellen och skapa en länk till en 3D-plattform, så som Sketchfab, med en utvecklad 3D-viewer. En tredje lösning är att publicera 3D-filen för nedladdning så att läsaren själv kan öppna den i en fristående 3D-mjukvara

Val av 3D-teknik vid dokumentation av hållristningar

Allteftersom 3D-tekniken har blivit billigare och enklare att använda har den också blivit vanligare vid dokumentation inom arkeologin. När ny teknik introduceras inom en sektor är det emellertid vanligt att det skapas en övertro på tekniken, vilket också inträffat inom arkeologin och framför allt inom hållristningsforskningen. Museer, universitet och andra aktörer använder ofta den 3D-teknik som man först introducerades till.

Innan dokumentationsprocessen påbörjas och typ av 3D-teknik väljs är det därför viktigt att ställa sig frågan: *vad ska 3D-datan användas till?* Ska 3D-modellen vara skalenlig och mätbar eller bara bra nog för att visualiseras i en 3D-mjukvara? Ska det gå att med hög precision analysera och använda data till jämförelseanalyser mot annan högupplöst data, och vilken upplösning ska i så fall användas vid datafångsten? Svaren på frågorna leder förhoppningsvis fram till vilken 3D-teknik som fordras för att tillgodose kraven. Risken är annars stor att det skapas mängder med data som i slutändan inte går att använda.

Det går till exempel inte att använda den fotogrammetriska metoden Structure-from-Motion för att beräkna nedbrytning av en hållristning över tid i hundradels millimeter eftersom tekniken inte är tillräckligt noggrann. Det är också meningslöst att 3D-skanna en 12 kvadratmeter stor hållristningspanel i alltför hög upplösning bara för att visa upp modellen i Meshlab eller någon annan 3D-mjukvara.

Det är också viktigt att fundera på vilket filformat som passar bäst när dokumentationen är utförd och data eventuellt ska långtidslagras. I skrivande stund bör 3D-filerna sparas som binära STL-filer, då det anses vara det mest öppna och tillgängliga formatet i världen inom 3D. Det är också en bra regel att alltid spara originalfilen.

Dokumentation av hållristningar – en tillbakablick

Hållristningarna i Sverige och Norge har sporadiskt dokumenterats med olika metoder i snart 200 år. I båda länderna saknas dock en fullständig dokumentation av samtliga kända hållristningar. De tidigare metoderna för att beskriva ristningsbilder kan dessutom anses vara mer eller mindre subjektiva.⁷ Exempel på använda dokumentationsmetoder är avteckningar, frottage, avritning i skala 1:1 på plast, fotografering, avgjutning i gips och betong samt fotogrammetri. Nedan följer en kort tillbakablick över dokumentationshistorien i Bohuslän, Östfold och Vestlandet.

⁶ Horn et al. 2019

⁷ Strömer 1997, s. 15.

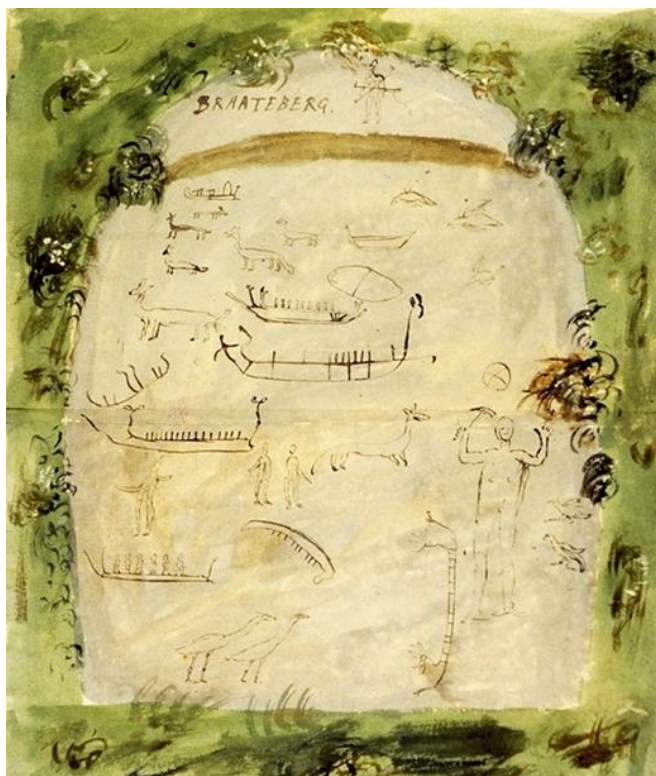
Bohuslän

Den äldsta avbildningen av en hällristning i Norden är daterad till år 1627 och är från den kända hällristningslokalen vid Backa-Brastad utanför Lysekil. Hällristningen målades den gången av i akvarell av den norske lektorn Peder Alfssön (se figur 6).⁸

Den mer systematiska fältdokumentationen i Västsverige skulle dröja till början av 1800-talet då C.G. Brunius påbörjade sin dokumentation av hällristningar i Bohuslän.⁹

1848 utkom Axel Emanuel Holmberg med sin avhandling *Skandinaviens hällristningar* där han avtecknat samtliga 164 funna hällristningar i Skandinavien av vilka 142 är från Bohuslän.¹⁰

Figur 6. Peder Alfssöns avbildning av hällristning L1970:8075 (RAÄ nr Brastad 1:1) från 1627. Källa: Svenskt Hällristning och Forskningsarkiv (SHFA), licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Det var dock först mot slutet av 1800-talet som den danske teckningsläraren Lauritz Baltzer (figur 7) på ett vetenskapligt sätt började rita av hällristningar. I arbetet med *Hällristningarna från Bohuslän*, som kom ut mellan åren 1881–1891 och 1891–1908, avbildades inte bara figurerna skalenligt, utan också bergets struktur i perspektiv. Det gör att ristningarnas djup antyds. Baltzer använde ett systematiskt arbetssätt med inplacering av ristningsfigurerna med hjälp av ett rutnät som lades ut på hällen. Ristningsfigurerna förminskades sedan skalenligt i samband med dokumentationen, vilket möjliggjorde att denna kunde tryckas.¹¹

Figur 7. Lauritz Baltzer dokumenterar hällristningar i Tanum 1911. Fotograf okänd. Källa: Riksantikvarieämbetet. Licens: Public domain.



⁸ Mandt och Løvdøen 2005, s. 280 ff.

⁹ Montelius 1879, s. 146 ff.

¹⁰ Ibid. s. 154.

¹¹ Bertilsson, 2015, s. 14 ff.

Efter Baltzer följde flera inventerings- och dokumentationsprojekt i det svenska området, bland annat av Almgren, Hallström, Fredsjö och Janson.¹² De första fotografierna av hällristningar i Tanumsområdet togs av Oscar Almgren 1903–1904 och de första nattfotograferingarna introducerades av Sverker Janson och Claes Claesson på 1930-talet. Dokumentationen började bli alltmer vetenskaplig och noggrann och i spetsen gick arkeologen Åke Fredsjö. Hans arbete med att dokumentera hällristningarna i de tre bohuslänska socknarna Kville, Svenneby och Bottna mellan åren 1938–1955 är ett bra exempel på detta (se figur 8). Man kan se Fredsjös arbete som en totalinventering och dokumentation av samtliga ristningsytor i de tre socknarna, vare sig de innehöll figurristningar eller skålgropar.¹³

Dokumentationen av ristningshällarna följde från början Baltzers metod med rutsystem. Till det använde Fredsjö rutat millimeterpapper samtidigt som han dokumenterade ristningsfigurerna i full skala på smörpapper. Efterhand började han att kalkera ristningsfigurerna på plast istället för smörpapper; en metod som har sitt ursprung i Italien. Den omfattande informationen om ristningarna innehåller till exempel figurernas utsträckning/vegetationsbegränsning, vittringsskador, lutning, huggningsdjup och tydlighet. Fredsjös dokumentation av hällristningar kan ses som den första som helt övergav alla konstnärliga ambitioner.¹⁴



Figur 8. Åke Fredsjö fotograferar hällristningen L1969:5673 (RAÄ nr Kville 50:1) i Länsmansgården, Kville. Foto: Sverker Stubelius, 1942. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

Fotografering som utvecklad dokumentationsmetod började användas i Bohuslän av hällristningsforskaren Bertil Almgren. Med hjälp av konstljus tog han från slutet av 1960-talet och fram till början av 1980-talet nattbilder av mycket hög kvalitet.

¹² Ibid.

¹³ Fredsjö et al. 1971; Fredsjö et al. 1975; Fredsjö et al. 1981.

¹⁴ Ibid.

Den mest kända dokumentationsmetoden för hållristningar i Bohuslän, den så kallade frottagemetoden där figurerna avbildas med hjälp av gnuggning på papper, började användas av amatörforskaren Torsten Högberg redan under första hälften av 1960-talet. Tekniken utvecklades och förfinades av Gerhard Milstreu, föreståndare för Tanums Hållristningsmuseum, i mitten av 1970-talet och blev sedan den dominerande dokumentationstekniken i Bohuslän fram tills idag.¹⁵

En annan dokumentationsteknik, som bland annat används av Stiftelsen för dokumentation av Bohusläns hållristningar, är avbildning av ristningen på plast i skala 1:1 med hjälp av tuschfärg.¹⁶

Inom hållristningsprojektet Rock Care som pågick åren 1998–2001, gjordes de första försöken att dokumentera hållristningar i Bohuslän med hjälp av 3D-teknik. På den tiden var dock utrustningen olämplig att använda utomhus då den var tung och svårhanterlig.

Under 2010-talet kom det stora genombrottet för den digitala fotogrammetrin inom arkeologin.¹⁷ Tekniken började att användas sporadiskt på några av hållristningarna i Tanum år 2014. Året därpå beslutade Länsstyrelsen i Västra Götalands län att ta fram en modern dokumentationsteknik för hållristningarna inom världsarvet (se vidare under rubriken *Pilotprojekt: Hållristningar och 3D*).

Östfold

I Östfold påbörjade amatörarkeologen Martin Arnesen (figur 9) under 1860- och 70-talen en systematisk inventering och dokumentation av fylkets hållristningar.¹⁸ Han fann inte mindre än 183 hållristnings-lokaler, vilket avsevärt ökade på fylkets kända hållristningsbestånd. Arnesen var den första som tecknade av ristningar i tusch (men utan skalstock).¹⁹

En annan forskare som gjort avtryck inom hållristningsforskningen är Oluf Rygh, som 1873 skrev en översiktlig artikel om Norges då kända hållristningslokaler i Årsberetningen for Foreningen til norske Fortidsmindesmerkers Bevaring. I artikeln *Om helleristningerne i Norge* redovisade han 144 kända hållristningsfält i Östfold; 130 av dessa var funna av Arnesen.²⁰



*Figur 9. Martin Arnesen - Östfolds första hållristningsjägare.
Foto: Karl Enger, Frederikshald (Halden). Källa: Viken
Fylkeskommune.*

Mellan åren 1905–1909 dokumenterade Gabriel Gustafson några av ristningsfälten i Östfold med blyertspenna på smörpapper i skala 1:1. Arnesens hela bilddokumentation publicerades först på 1930-talet och då avbildade också Guttorm Gjessing cirka 30 hållristningsfält på kalkeringspapper, varav 11 är publicerade i första bandet av *Østfolds jordbruksristninger* som kom ut 1939. Gjessings resterande dokumentation finns idag i Kulturhistorisk museums magasin.²¹

¹⁵ Milstreu och Pröhl, 1996, s. 8.

¹⁶ Toreld et al. 2018, s. 39 ff.

¹⁷ Sevara och Goldhahn, 2011, s. 251.

¹⁸ Vogt, 2012, s. 18.

¹⁹ Mandt och Løddøen, 2005, s. 279.

²⁰ Vogt, 2012, s. 18.

²¹ Ibid.

I slutet av 1930-talet och mitten av 1940-talet utförde Sverre Marstrander (figur 10) dokumentation av hela eller delar av 55 hållristningsfält i Östfold. Av dessa finns 49 publicerade i andra bandet av *Østfolds jordbruksristninger* som gavs ut 1963.²²

Under 1960- och 1970-talen utförde Erling Johansen (figur 11) ett brett upplagt inventerings- och dokumentationsarbete av hållristningar i Östfold fylke som senare publicerades av Sverre Marstrander. Johansen började dokumentera hållristningar på 1940-talet och arbetade då tillsammans med Marstrander. Kalkeringarna från deras arbete finns publicerade i tidskriften *Viking* år 1944 och 1948.



Figur 10. Sverre Marstrander 1932. Foto: Nasjonalbiblioteket/Gunnar Holmsen. Källa: Viken Fylkeskommune.

Från tiden därefter är det svårt att få en klar bild av Erling Johansens arbeten. Det finns några spridda artiklar men ingen samlad översikt av dokumentationen, som framför allt är kalkerad på plast. Tyvärr har stora delar av Johansens senare arbete aldrig publicerats och källdokumentationen håller nu på att gå förlorad. En del av materialet finns i Kulturhistorisk museums magasin.²³



Figur 11. Erling Johansen visar ristningar på Lilleborge i Fredrikstad kommune. Foto: Kulturhistorisk museum, Universitetet i Oslo/Ukjent. Källa: Viken Fylkeskommune.

I samband med Riksantikvarens Bergkunstprosjekt, som pågick mellan åren 1996–2005, genomfördes en ny dokumentation av ristningar i Östfold av arkeologer från Östfold fylkeskommune och Oldsaksamlingen i Oslo. För merparten av arbetet svarade Oldsaksamlingen genom David Vogt.

²² Ibid.

²³ Ibid.

Dokumentationen av hällristningsfigurerna bestod av ritningar med tusch på plast och finns publicerade i boken *Østfolds helleristninger* som gavs ut år 2012.²⁴ Delar av dokumentationen från Onsøy gavs även ut i Kulturhistorisk museums tidskrift *Varia* år 2000. Tilläggas ska också att hällristningsentusiasten Lars Ole Klavestad omkring år 2000 kalkerade en del hällristningar, som sedan publicerades i *Åbygge*, tidsskrift for Borge og Torsnes historielag.²⁵

År 2018 började Magnus Tangen på Kulturhistorisk museum att dokumentera hällristningar med hjälp av digital fotogrammetri och det finns nu data från cirka 100 hällristningsfält. Fokus har framför allt legat på nyfunna hällristningar med figurer eller skålgropsfält med fler än tre skålgropar. Idag finns det ca 830 hällristningslokaler i Östfold och antalet ökar varje år.²⁶

Vestlandet

Universitetsmuseet i Bergen (UMB) kan vise til en langvarig historikk når det gjelder dokumentasjon av bergkunst. Selv om Universitetet i Bergen ble grunnlagt så sent som i 1948, ble museumsdelen av universitetet bygget opp med utgangspunkt i de kultur- og natur-historiske samlingene til det langt eldre *Bergens museum*, som ble etablert allerede i 1825. Den langvarige museumsdriften gir et representativt innblikk i hvilke dokumentasjonsmåter som har vært anvendt for bergkunst gjennom tidene innad i Norge.

Den eldste dokumentasjon av bergkunst som finnes i samlingene ved Universitetsmuseet i Bergen er datert til 1828. Museets styrer Wilhelm Frimann Koren Christie gjennomførte da en av de aller første vitenskapelige dokumentasjonsoppgavene av bergkunst, hvor båtfigurene i Naustvikja, Leirvåg i Askvoll kommune ble tegnet av. Dokumentasjonen ble utført gjennom å tegne av båtfigurene med blyant på papir og deretter trekke opp linjene med tusj. Selv om dokumentasjonen ble utført gjennom frihåndstegninger ble denne svært nøyaktig gjennomført. Alle figurene ble nummerert og hvor relasjonen mellom de enkelte båtfigurene nøyaktig gjengitt. På tegningene ble de også ført opp de enkelte båtfigurenes lengde, stavnenes høyde og lignende forhold. Utydelige, og delvis forvitrede figurer ble gjengitt med stiplede linjer. På dokumentasjons-plansjene ble det også påført opplysninger om litteratur hvor øvrige opplysninger om andre helleristninger og andre relevante opplysninger ble omtalt.²⁷

På begynnelsen av 1900-tallet, med oppdagelsen og dokumentasjonen av bergkunsten i Vingen var oppkrittning av figurene med etterfølgende, én til én avtegning på tynt papir den vanlige metode og anvendt av både Johs Bøe (1932) (se figur 12) og Gustaf Hallström (1938) (figur 13). Avtegningen ble fulgt av etterkontroll i felt av de rentegnede nedskalerte gjengivelser av motivene med målestokk. I tillegg ble mange av panelene avfotografert etter oppkrittning, og dessuten ble det foretatt gipsavstøpninger av et utvalg motiver.

På 1940-tallet anvendte Eva og Per Fett en videreutviklet metode med kalkering av figurene i kontur på pergamentpapir, en metode de også hadde brukt ved dokumentasjonen av ristningene i Rogaland.²⁸ Ved dokumentasjon av figurtilfanget i Vingelven brukte de for første gang fettstift i stedet for blyant til å trekke opp strekene på pergamentpapiret, noe som viste seg fordelaktig hvis papiret ble vått.²⁹

²⁴ Ibid, s. 9.

²⁵ Røst Kile-Vesik, 2021, muntlig oppgift.

²⁶ Ibid.

²⁷ Mandt och Løddøen, 2005.

²⁸ Fett och Fett, 1941.

²⁹ Ibid, s.3.



Figur 12. Bøe i ferd med å kalkere ristninger på baksida av Vehammaren. Foto: Olaf Espevoll. Kilde: Løddøen och Mandt, 2012. Umeå, i Løddøen och Mandt, 2012



Figur 13. Selvportrett av Gustaf Hallström. Kilde: Hallströmsarkivet, Umeå Universitet.



Figur 14. Gro Mandt på Jæren 1973. Kilde: privat foto.

Fra 1960-tallet var den rådende dokumentasjonsmetode ved Historisk museum fortsatt å kritte opp figurene, med etterfølgende avtegning med tusjpen på gjennomsiktig plastfolie.³⁰ Denne kalkeringsmetoden ble blant annet anvendt av Anders Hagen under hans nyundersøkelse av bergkunsten i Ausevik fra og med 1963, hvor siloprenavstøpninger av et utvalg motiver hadde overtatt rollen til gipsavstøpninger.³¹

Kalkeringsmetoden som ble anvendt i Ausevik ble i stort monn videreført av Egil Bakka i Vingen (figur 15).³² Både Bakka og Hagen laget fyldige verbale beskrivelser av ristningene. Plastkalkeringene ble deretter avfotograferte med målestokk og deretter rentegnet på papir. Denne dokumentasjonsmetode ble ivaretatt av Gro Mandt (figur 14) og andre forskere tilknyttet Universitetsmuseet i Bergen, og har fortsatt nesten helt frem til i dag.



Figur 15. Egil Bakka (til venstre) og Peder Vingen, ved Vehammaren i Vingen på 1960-tallet. Kilde: Løddøen och Mandt, 2012.

Fra begynnelsen av 2000-tallet har en gradvis økning i digitale dokumentasjonsmetoder funnet sted, fra et utgangspunkt med digitale foto og muligheter for digital etterbehandling, via RTI, fotogrammetri og 3D-skanning. Ikke alle metoder har vært anvendt med like stort hell.

Som del av Virtuelle Vingen ble fotogrammetri tatt i bruk ved redokumentasjon av bergkunsten i Vingen.

³⁰ Michelsen, 1969, s. 149.

³¹ Hagen, 1969.

³² Løddøen och Mandt, 2012.

Som del av Rane-prosjektet (Rock Art in Northern Europe) ble en gipsavstøpning fra Vingen fra 1925 (Johannes Bøe) dokumentert gjennom 3D-dokumentasjon og sammenlignet med en tilsvarende 3D-skanning av en silikonavstøpning fra 2002.

Etter 2014 har også droneteknologi muliggjort helt nye dokumentasjonsperspektiv.

Først som en direkte følge av Ren Sten konferansen ved Vitlycke i Tanum i 2017, ble det initiert et samarbeide for testskanninger av ulike typer bergkunst innenfor forvaltningsområdet til UMB, som produserte gode resultat. I både 2018 og 2019 fant det sted aktivt samarbeid mellom Länsstyrelsen Västra Götaland, Riksantikvaren og Universitetsmuseet i Bergen hvor en rekke felt i både Vingen og Ausevik, samt en rekke mindre felt i Hardanger, ble 3D-skannet (les mer under rubrikken "3D-dokumentation i SAMHELL").

Tidig 3D-skanning av hällristningar

Från slutet av 1980 talet och fram till 2009 rådde det domedagsstämning inom den svenska hällristningsforskningen där forskare ansåg att hällristningarna på grund av luftföroreningar och det sura regnet skulle kunna försvinna inom 10–15 år.³³ Därför behövdes en ny modern dokumentationsteknik som var mätbar och noggrann och som kunde föra vidare information om hällristningarna till nästa generation. Tekniken skulle också kunna användas för att ta fram näst intill identiska kopior av de dokumenterade hällristningarna så att de riktiga hällristningspanelerna kunde täckas över och skyddas. Det var i denna kontext som 3D-tekniken kom in i hällristningsforskningen.

Första gången 3D-teknik användes i samband med dokumentation av hällristningar i Sverige var i slutet av 1980-talet. Naturgeografiska Institutionen vid Göteborgs universitet hade då konstruerat en laserskanner för sina studier av vittringshastigheten på berghällar i olika delar av Sverige.³⁴

De rådande dokumentationsmetoderna under 1980- och 1990-talen var frottage på papper och avritning i skala 1:1 på plast. Dessa metoder kan ge ett bra resultat om de utförs av sakkunniga, men endast i 2 dimensioner. Dock går det inte att bortse från att båda metoderna är oprecisa, kostsamma och subjektiva samt mindre skonsamma mot berget. Det krävs dessutom stora lagringsutrymmen för dokumentationsmaterialet.³⁵

Riksantikvarieämbetet i Sverige insåg att den nya 3D-tekniken öppnade upp möjligheten att skapa en ny icketaktil dokumentationsteknik för hällristningar i tre dimensioner, som också kunde användas vid miljöövervakning av hällristningar för att mäta ristningarnas nedbrytningshastighet. Till skillnad mot de tidigare dokumentationsmetoderna var 3D-tekniken noggrann, objektiv och resultatet blev en datafil som enkelt kunde lagras på en server eller hårddisk.³⁶

Att dokumentationsmetoden fångade ytterligare en dimension innebar att hällristningens topografi nu kunde iakttas i data. Detta var en viktig faktor för att kunna analysera huggtekniker, motiv inklusive kompositioner, datering av figurer på samma häll och vittringshastighet.

Riksantikvarieämbetet började därför 1994, inom sitt *Luftföroreningsprojekt*, samarbeta med geografen Jan Swantesson på högskolan i Karlstad, som ledde utvecklingen av den nya 3D-tekniken, kallad mikrokartering (se figur 16). Swantesson hade börjat utveckla tekniken på 1980-talet och 1989 var lasersystemet redo att testas i fält.³⁷

³³ Kallhovd och Magnusson, 2000, s. 74 ff.; Johansson och Magnusson, 2004, s. 125.

³⁴ Swantesson, 1992.

³⁵ Strömer, 1997; Johansson och Magnusson, 2004, s. 125.

³⁶ Johansson, 2000.

³⁷ Johansson och Magnusson, 2004, s. 125.

Laserskannerns mätnoggrannhet var 0,2 mm och laserhuvudet projicerade mellan 60 000 och 120 000 laserpunkter per sekund ner mot bergytan. Den maximala ytan som kunde skannas var 40x40 centimeter, vilket tog systemet två timmar att slutföra. På grund av den stora tidsåtgången användes skannern framför allt till att mäta nedbrytningshastigheten på mindre ytor inom olika hållristningar.³⁸



Figur 16. Jan Swantesson mikrokarterar bergytan med den första 3D-skannern. Foto: Jan Magnusson, Länsstyrelsen Västra Götaland 2000.

Laserskannern var en så kallad flatbäddsskanner där själva centralenheten var en kommersiellt tillgänglig lasermätare av trianguleringstyp. Med hjälp av två eldrivna motorer och kuggremmar kunde lasermätaren flyttas i X- och Y-riktning. Motorerna var monterade på en specialkonstruerad aluminiumram med fyra justerbara ben. En särskilt utvecklad mjukvara för att hantera skannern och fånga data var kopplad till en bärbar dator. Hela systemet krävde 24 V med en strömstyrka på 1,5 A; i fält användes två uppladdningsbara 12 V-batterier. Totalt vägde utrustningen 30 kg.³⁹

3D-tekniken vidareutvecklas

Förstudie för 3D-dokumentation av hållristningar

För användning inom industrin utvecklades under 1990-talet objektiva, icketaktila mätmetoder och mätsystem, vilka med hög precision kunde dokumentera ett objekt i ett digitalt format. Ett av de ledande företagen inom sektorn i Sverige var Metimur AB från Göteborg, som arbetade med fotogrammetri och 3D-teknik inom bland annat landskapsdokumentation och svensk bilindustri.⁴⁰ Det gick nu att dokumentera större ytor med högre hastighet, data från dokumentationen var objektiv och kunde processas och förfinas på alla tänkbara sätt. Därmed öppnade sig en möjlighet att

³⁸ Ibid.

³⁹ Swantesson, 2003, s. 5ff.

⁴⁰ Johansson, 2000.

skapa en noggrann kopia av hållristningen i ett annat material samt kombinera 3D-data med andra typer av data, till exempel ortofoton över hållristningar.⁴¹

Riksantikvarieämbetet gav år 2000 Metimur i uppdrag att i en mindre förstudie undersöka möjligheterna att använda 3D-tekniken på hållristningar. Syftet med förstudien var att undersöka om 3D-tekniken kunde vidareutvecklas och användas för dokumentation av hållristningar.⁴²

Till grund för uppdraget fanns en kravspecifikation med nedanstående punkter.⁴³:

Mätprocessen

- Mätningen skall vara oskadlig för hälllytan.
- Mätningarna skall vara repeterbara med hög precision.
- Mätnoggrannheten skall vara bättre än 0.20 millimeter.
- Man skall kunna mäta minst 10 m²/arbetsdag.

Utrustningen

- Utrustningen skall vara mobil i terräng.
- Utrustningen skall kunna drivas utanför elnätet.
- Utrustningen skall vara driftsäker och ej påverkas störande av olika klimatfaktorer (temperatur, ljus, luftfuktighet, etcetera).

Data

- Ge underlag för framställning av ytriktiga kopior. Primärt skall kopiorna förvaras inomhus i museer eller liknande. På sikt skall även kopior för placering utomhus kunna tillverkas.
- Den grafiska ytmodellen skall kunna visas i olika vinklar och belysningar på datorskärm (för data-info till besökande på museer, arkeologisk tolkning av ristningen, etcetera).
- Kunna åskådliggöra ytförändringar mellan olika mättillfällen över tid.

I förstudien använde Metimur sitt eget dokumentationssystem NOMAD (se figur 17) som bestod av en sjuledad mätarm (Faro Silver) med en spetsig sond (eng. probe) och en laserskanner ModelMaker från 3D-Scanners Ltd. Laserskannern var fastmonterad på mätarmen och sände ut en 5 centimeter bred laserstråle som registrerades av en digitalkamera inmonterad i skannerhuvudet. Kameran var monterad på förinställt avstånd och vinkel till laserstrålen. Beroende på var i bildplanet som laserstrålen registrerades kunde avståndet till objektet räknas ut. Systemet gav en noggrannhet inom 0,20 millimeter. Med skannern, som registrerade 7000 mätpunkter per sekund, mättes objektets ytformer upp. Mätdata registrerades och visualiserades på en bildskärm antingen som ett punktmoln eller som en skuggad modell. Systemet skannade en kvadratmeter per 35 minuter.⁴⁴

Dokumentationssystemet NOMAD var tillverkat för att användas inomhus inom industrin, vilket innebar att det fanns en rad utmaningar i att använda det utomhus. Ett nytt och fältanpassat stativ i lättmetall tillverkades eftersom det var nödvändigt att systemet kunde stå stabilt och plant. Systemet behövde även en säker och stabil strömkälla och skydd mot fukt och stark sol. För att skydda skannerutrustningen med tillhörande dator användes därför ett tält på 3 x 8 meter.⁴⁵

⁴¹ Johansson, 2000.

⁴² Johansson och Magnusson, 2004, s. 125.

⁴³ Johansson och Magnusson, 2004, s. 126.

⁴⁴ Johansson och Magnusson, 2004, s. 126 ff.

⁴⁵ Johansson, 2000; Johansson och Magnusson, 2004, s. 127 ff.



Figur 17.
Dokumentationssystem
NOMAD i Tanum 2000.
Foto: S-O Johansson,
Metimur AB.

För att säkra en stabil strömkälla till systemet testades bilbatterier och ett mindre bensindrivet elverk. Företaget valde att använda två bilbatterier då det hade visat sig att elverket gav en alltför ojämn strömförsörjning; något som hade orsakat hårvaruhaveri med bland annat ett förstört moderkort. Ett problem var dock att bilbatterierna bara räckte i fyra timmar innan de behövde laddas.⁴⁶

Förstudien omfattade dokumentation av en större hällristning i Tanums Världsarv – L1968:7550 (RAÄ nr Tanum 151:1, se vänster figur 18), samt en mindre hällristning på ett bortsprängt stenblock från Askums socken (L1970:5075, se höger figur 18) som förvaras på Göteborgs Stadsmuseum.



Figur 18. Till vänster visas hällristning L1968:7550 (RAÄ nr Tanum 151:1), till höger det bortsprängda stenblocket från Askums socken. Foto: Jan Magnusson, Länsstyrelsen Västra Götaland 1999 och Göteborgs stadsmuseum 2017 (CC BY 2.5 SE).

På den bortsprängda hällristningen dokumenterades 0,6 kvadratmeter. När dokumentationen var klar efterbehandlades data i ett CAD-program där punktmolnet förvandlades till en ytmodell bestående av trianglar. På det sättet kunde hällristningen visualiseras i CAD-mjukvaran från olika vinklar och med olika ljussättningar. Utifrån den digitala 3D-modellen kunde sedan en kopia av hällristningen fräsas ur i ett kompositmaterial.⁴⁷

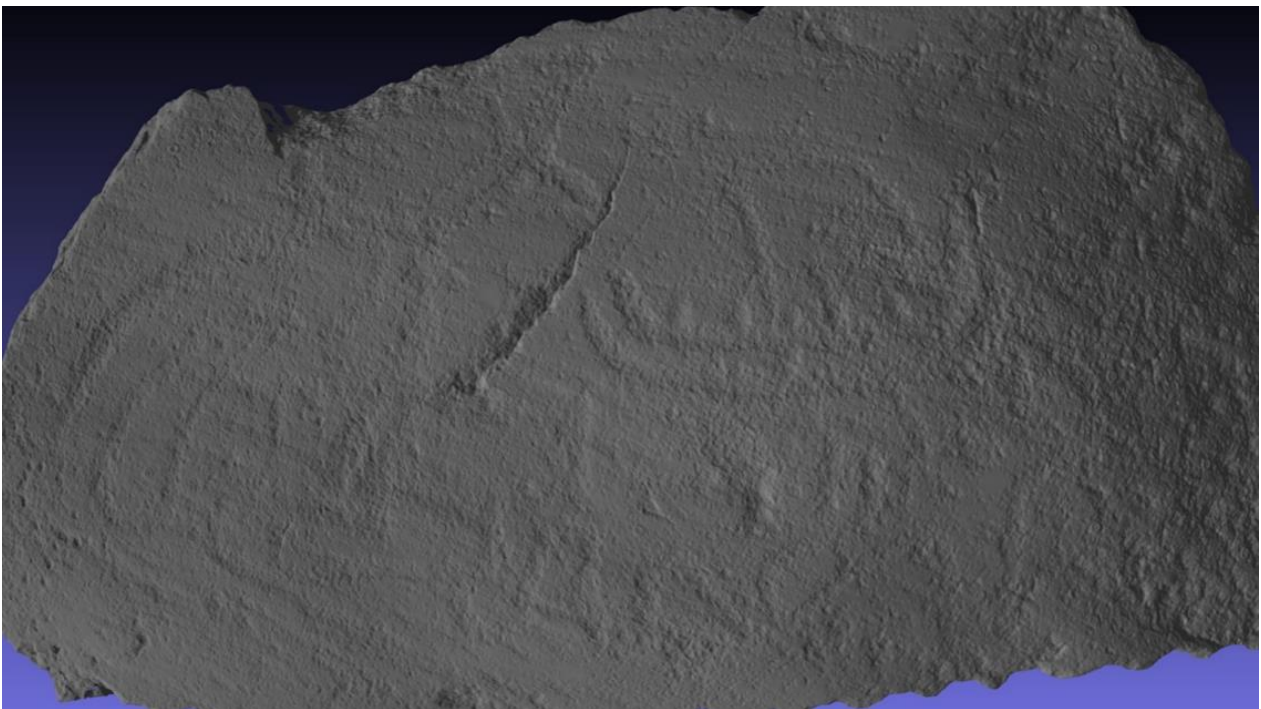
⁴⁶ Johansson, 2000.

⁴⁷ Johansson, 2000; Johansson och Magnusson, 2004, s. 130 ff.

Hällristning L1968:7550 valdes ut dels för att den låg nära en väg, dels för att den samtidigt skulle dokumenteras med en traditionell gipsavgjutning. På så vis kunde de båda metodernas resultat jämföras med varandra. Efter att NOMAD placerats på hällristningen kalibrerades systemet. För att skapa ett lokalt koordinatsystem mättes ett antal fixpunkter in på hällen. Därefter dokumenterades den del som nåddes av mätsystemets 120 centimeter långa arm. Systemet flyttades sedan och proceduren upprepades fem gånger tills hela hällristningen var dokumenterad. Mellan varje flytt kontrollerades och lagrades data i ASCII-format på hårddiskar.⁴⁸

Dagen för skanningen var solig och relativt blåsig, vilket innebar att det var svårt att hålla tältet på plats. Dessutom projicerade tältduken solljuset med ett blåaktigt sken, vilket störde laserskannern. Det visade sig också att det nya fältstativet inte var tillräckligt stabilt. För att avhjälpa dessa problem användes det tyngre originalstativet, och en presenning lades över tältet för att få bort det störande skenet.⁴⁹

Resultaten från dokumentationen var positiva och försöket hade fungerat väl trots de ovannämnda incidenterna. Utifrån förstudien konstaterade Metimur att de med NOMAD kunde dokumentera mer än 10 kvadratmeter på en dag, vilket vid den tiden ansågs revolutionerande snabbt. Positivt var också att dokumentationen utfördes med hög precision och var repeterbar mot små fixpunkter. Utrustningen var med vissa modifieringar transportabel i svårframkomlig terräng och kunde drivas med mobila kraftkällor. En av de stora vinsterna med dokumentationen var att de avbildade hällristningarna kunde visas i mjukvaror i olika projektioner och belysningar så att även otydliga ristningar framträdde skarpt. En annan vinst var att kopior av dokumenterade hällristningar kunde framställas genom urfräsning i olika material. Systemet NOMAD var noggrant och pålitligt men långsamt. Redan under förstudien började därför Metimur att undersöka alternativa mät- och dokumentationsmetoder för hällristningar.⁵⁰

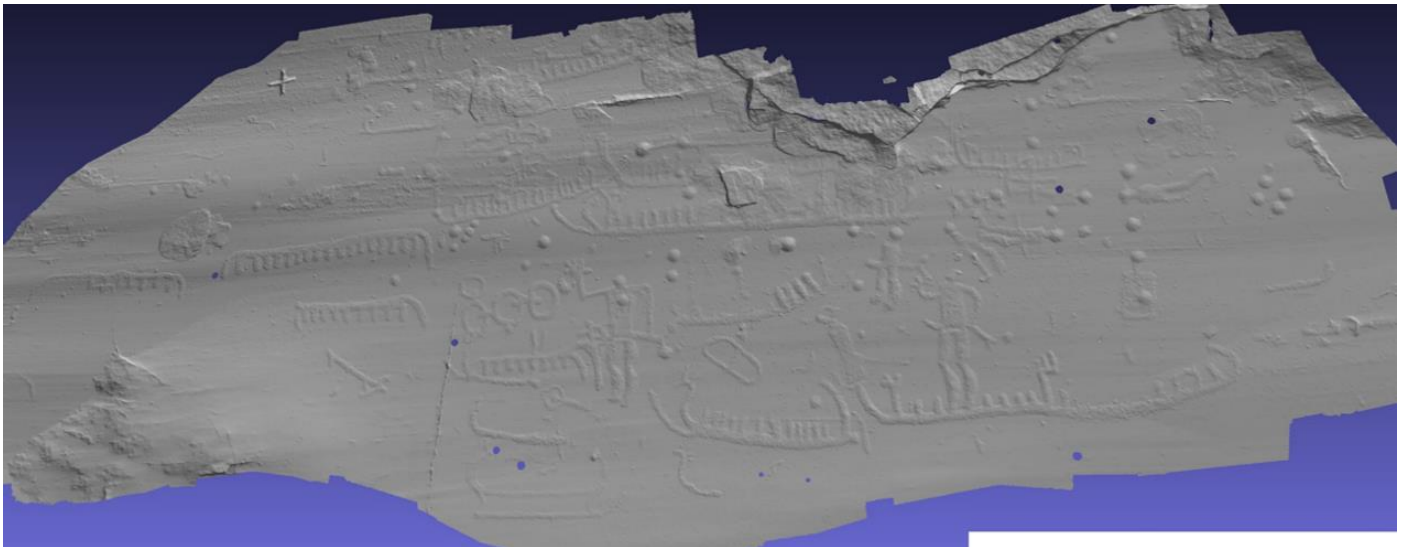


Figur 19. 3D-modell av hällristningen L1970:5075 (RAÄ nr Askum 44:1). Skapad av Metimur AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götaland 2000.

⁴⁸ Johansson, 2000.

⁴⁹ Ibid.

⁵⁰ Ibid; Johansson och Magnusson, 2004, s. 128.



Figur 20. 3D-modell av hällristningen L1968:7550 (RAÄ nr Tanum 151:1). Skapad av Metimur AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götaland 2000.

3D-dokumentation inom EU-projektet RockCare

År 2001 fortsatte Metimur att dokumentera hällristningar med 3D-teknik både i Sverige och utomlands inom Riksantikvarieämbetets hällristningsprojekt RockCare - Tanum laboratory of cultural heritage, ett EU-projekt inom Raphael programmet som pågick mellan 1998 och 2001. RockCare hade fyra huvudmål:

- Arrangera internationella seminarier och möten för att byta erfarenhet och kunskap inom ett nätverk av internationella experter.
- Utveckla nya metoder för visualisering av hällristningar och möjliggöra åtkomst till arkeologiska platser, framför allt hällristningarna i Tanum.
- Utarbeta metoder för skydd mot miljöförstöring och nedbrytning av hällristningar.
- Utveckla nya metoder för dokumentation av hällristningar och göra resultaten jämförbara mellan olika länder.⁵¹

En erfarenhet från dokumentationen i Tanum året innan, var att datafångsten måste ske med hög upplösning och precision samt att utrustningen måste vara stabil men relativt lätt. Därför köpte företaget in ett Gom International Ag:s 3D-system ATOS HR som skulle fungera bättre i fält än det tidigare systemet NOMAD. ATOS är en förkortning av Advanced Topometric Sensor (se figur 21 och 22). Detta mätsystem var från början framtaget för bilindustrin för att modellera, tillverka och testa komponenter och enheter med hög noggrannhet. Istället för att använda laserstrålar vid mätningarna använde ATOS vitljus.⁵²

⁵¹ Riksantikvarieämbetet, 1998, s. 2.

⁵² Johansson, 2000.



Figur 21. Sven-Olav Johansson från Metimur AB med vitljusskannern ATOS på hållristningen L1967:2564 (RAÄ nr Tanum 255:1). Foto: Jan Magnusson, Länsstyrelsen Västra Götaland 2001.



Det nya systemet fungerade på samma sätt som NOMAD där datafångsten utfördes utan att vidröra hållristningen, men med skillnaden att ljus användes vid mätningar istället för laser.

Systemet gav ett mätresultat bättre än 0,05 millimeter jämfört med NOMAD-systemet som gav mätresultat bättre än 0,20 millimeter. Mätresultatet utgjordes av ett tätt punktmoln som vid databearbetning skapade en 3D-modell av det avbildade objektet. Vid varje mättillfälle skannades ett 40x40 centimeter stort område och för att kunna dokumentera stora ristningar i ett och samma koordinatsystem fästes targetpoints på objektet.⁵³

Figur 22. ATOS och det projicerade ljusmönstret på hållen. Foto: S-O Johansson, Metimur AB 2001.

⁵³ Johansson och Magnusson, 2004, s. 128 ff.

Genom att byta utrustning för datafångst från laser till vitljus blev utrustningen lättare och därmed mer portabel. ATOS hade dessutom bättre mätprecision och större aktionsradie än det tidigare använda lasersystemet NOMAD. ATOS-systemet gav ett, för den tiden, mycket tätt punktmoln av hållristningen i 3D. Upplösningen kunde ställas in att variera från 20 punkter till någon enstaka punkt per kvadratmillimeter. Precisionen i varje mätpunkt låg inom 0,02 millimeter. För att kunna skapa noggranna kopior av objekten skulle punktdensiteten vara mycket hög och mätprecisionen bättre än 0,05 millimeter. Via mjukvaran GOM Inspect bearbetades punktmolnet till en triangulerad ytmodell.⁵⁴

Under tre veckor sommaren 2001 dokumenterade Metimur AB hållristningar i Sverige (Tanum), Italien (Valcamonica) och Portugal (Foz Coa) (se figur 23). Det gemensamma för ristningarna var att de befann sig i olika stadier av vittring.⁵⁵



Figur 23. Kartorna visar de platser där 3D-dokumentation utfördes med ATOS-systemet. Kartan till vänster: i världsarvet i Tanum dokumenterades fyra hållristningar. Kartan i mitten: i världsarvet i Côadalen dokumenterades fyra ristningar. Kartan till höger: i världsarvet i Val Camonica dokumenterades fem ristningar.

Tanum

Hållristningsområdet i Tanum i norra Bohuslän fördes in på världsarvslistan 1994. I landskapet finns både spår av kontinuerlig mänsklig aktivitet sedan 8000 år tillbaka och tusentals hållristningar från bronsåldern (1800–500 f.kr.). Hållarna slipades av inlandsisen som drog sig tillbaka för ca 10 000 år sedan, och i takt med att isens tryck avtog höjdes landet. Detta innebär att många av de ristade hållarna en gång i tiden befann sig strax ovanför havsytan. Världsarvsområdet är omkring 41 kvadratkilometer till storleken och består av cirka 600 hållristningslokaler. På dessa har ett tjugotal figurtyper hittats. Motiven beskriver människors sociala och vardagliga liv samt trosföreställningar.⁵⁶

I Tanum dokumenterades hela eller delar av nedanstående hållristningar. Det var kraftig vind med stark sol (juni) 2001 då arbetet påbörjades och än en gång blev blåsten och solen ett problem.⁵⁷

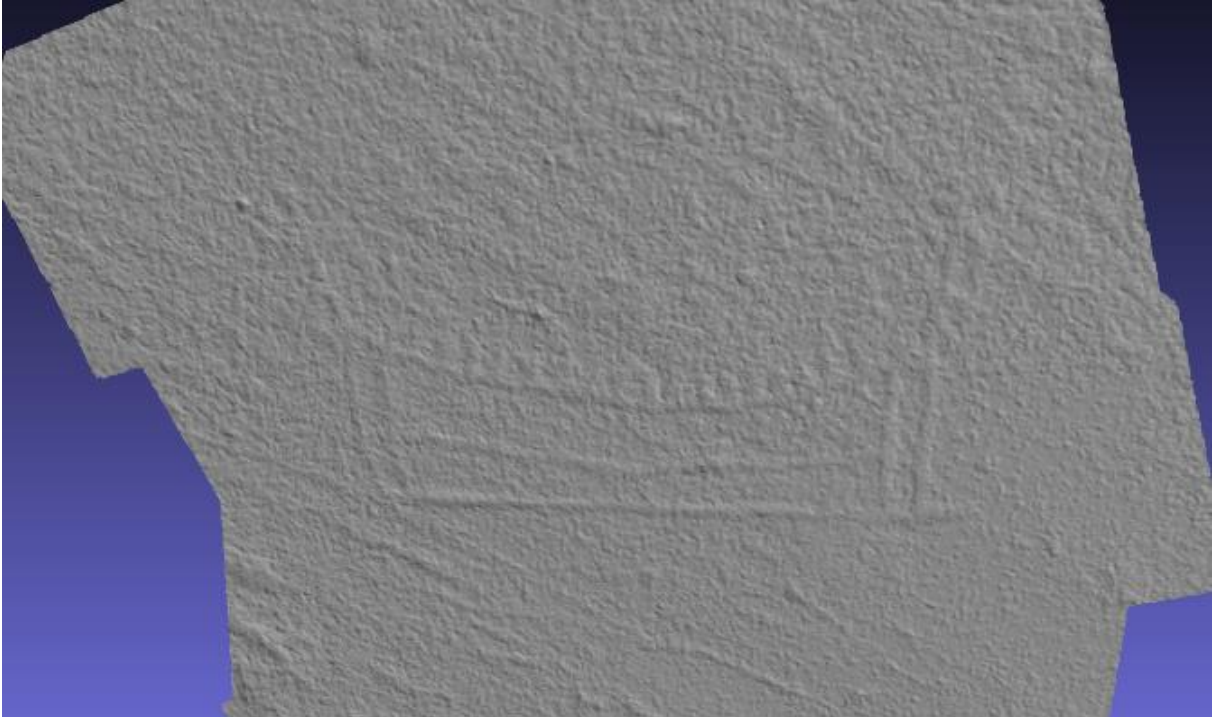
⁵⁴ Ibid.

⁵⁵ Johansson, 2002b. Johansson och Magnusson, 2004, s. 130 ff.

⁵⁶ UNESCO, 1993.

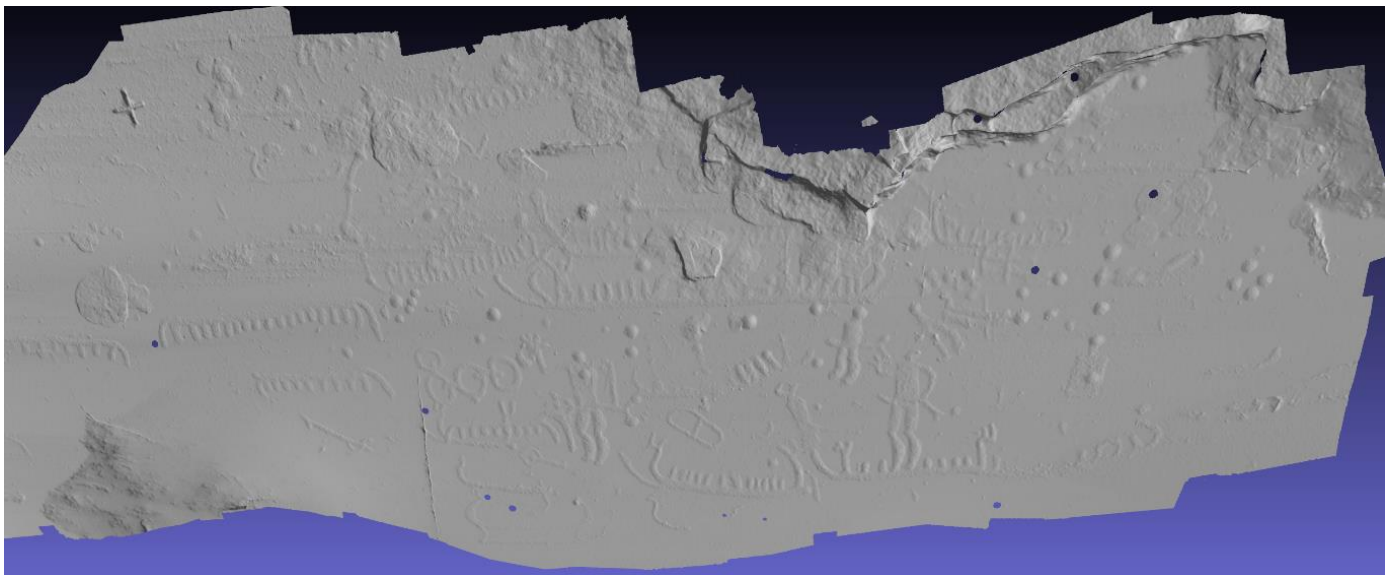
⁵⁷ Johansson och Magnusson, 2004, s. 130 ff.

L1968:7401 (RAÄ-nr Tanum 21:1): är belägen cirka 800 meter söder om Vitlycke museum längs med den skyltade slingan på baksidan av Aspeberget. Hällristningen är 1,3 meter lång och 0,9 meter bred och består av två skepp och en skålgrop.



Figur 24. 3D-modell av hällristningen L1968:7401 (RAÄ nr Tanum 21:1). Skapad av Metimur AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götaland.

L1968:7550 (RAÄ-nr Tanum 151:1): ligger cirka 2,5 kilometer öster om samhället Tanumshede, vid gården Fossumtorp på södra sidan av väg 163. Hällristningen är 6 meter lång och 3,5 meter bred och består av 18 skepp, 10 människofigurer, en fotsula, en plogliknande figur, ett antal sammanbundna ringar samt cirka 50 skålgropar.

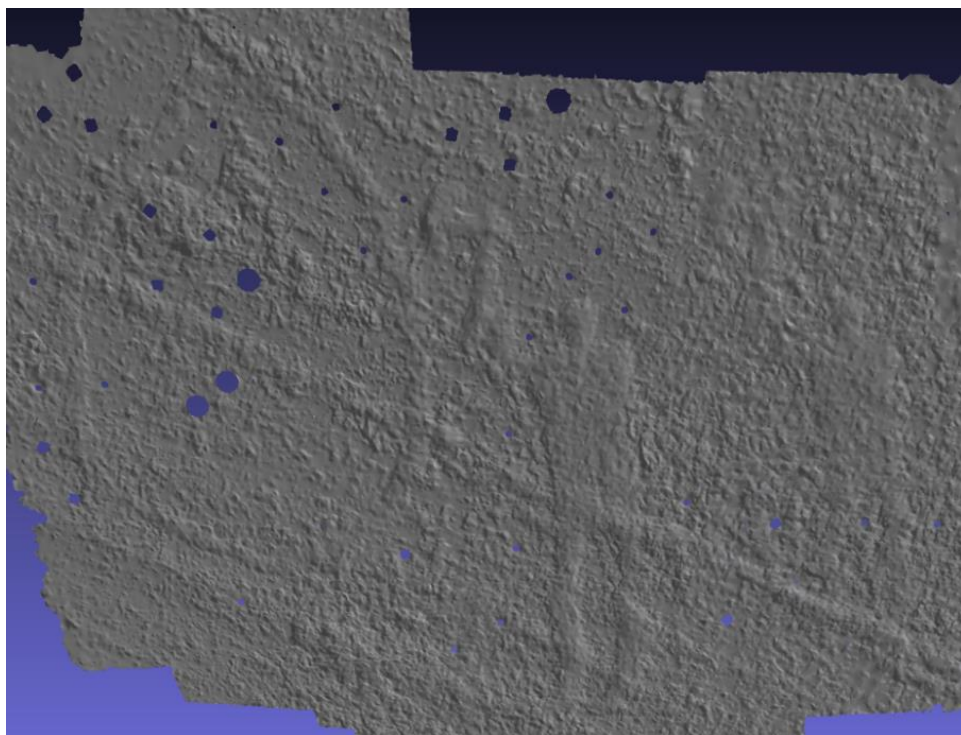


Figur 25. 3D-modell av hällristningen L1968:7550 (RAÄ nr Tanum 151:1). Skapad av Metimur AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götaland.

L1967:2564 (RAÄ-nr Tanum 255:1): är en av de mest berömda lokalerna i Världsarvet. Hällristningen är belägen 3 kilometer öster om Tanumshede på norra sidan av väg 163. Den är 13 meter lång och 5 meter bred och består av 25 skepp, 35 människofigurer, 15 fyrfotadjur, två par fotsulor, en cirkelformad skiva omgiven av figurer och 50 skålgropar.

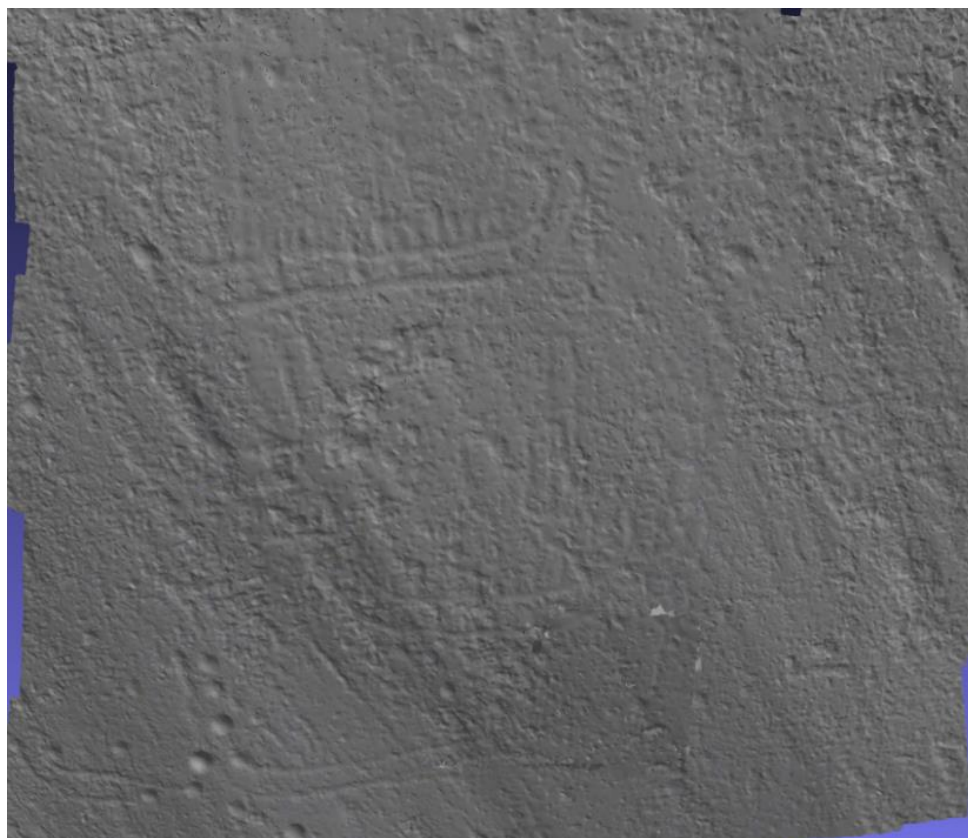
Enbart den östra delen dokumenterades. Syftet var att följa upp de 3D-mätningar av en del av hällristningen som utfördes i slutet av 1980-talet.

Figur 26. 3D-modell av hällristningen L1967:2564 (RAÄ nr Tanum 255:1). De blå hålen i modellen är referenspunkter utan data. Skapad av Metimur AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götaland.



L1967:2986 (RAÄ-nr Tanum 505:1): ligger cirka 1 kilometer söder om Tanumshede. Den är 4,2 meter lång, 2,7 meter bred och består av 11 skepp, en människofigur, fyra fotsulor och 40 skålgropar.

Figur 27. 3D-modell av ristningen L1967:2986 (RAÄ nr Tanum 505:1). Skapad av Metimur AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götaland.

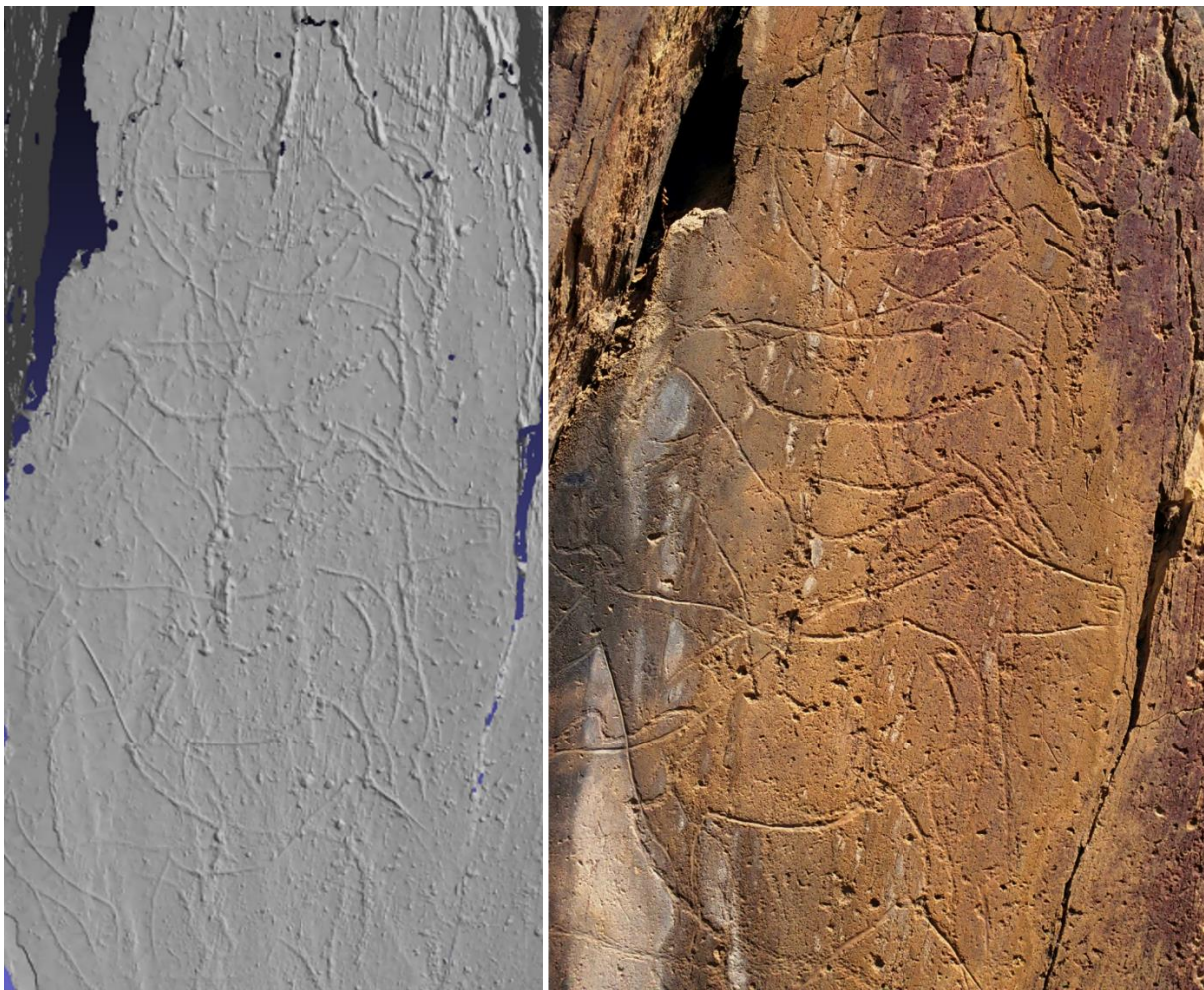


Côadalen - Foz Côa

Côadalen ligger i nordöstra Portugal i Guardadistriktet nära staden Vila Nova de Foz Côa. Hällristningsområdet här är (tillsammans med Siega Verde i Spanien) världsarv sedan 1998.⁵⁸ Dalen sträcker sig längsmed Côafloden, som är ett tillflöde till den större floden Duero. I samband med byggandet av en damm 1991 påträffades tusentals hällristningar i Côadalen. Ristningarna föreställer djur, så som hästar och nötkreatur, men också människofigurer och abstrakta figurer. De äldsta ristningarna är cirka 24 000 år gamla.⁵⁹

I Foz Côa dokumenterade Metimur hela eller delar av de fyra hällar i Penascosa, som beskrivs nedan. Penascosa är en av de tre stora hällristningslokalerna i Côa med ristningar från alla paleolitiska epoker. Figurerna i Penascosa skapades genom slip-, hack-, skraptekniker och föreställer oftast fyrfota gräsätare, ristade med rena linjer i lager ovanpå varandra.⁶⁰

Penascosa, häll nr 3: är rikt dekorerad med ristningar från tidigpaleolitikum. Figurerna föreställer getter, hästar och kor.⁶¹



Figur 28. Till vänster: en 3D-modell av häll nr 3 i Penascosa skapad av Metimur AB på uppdrag av Riksantikvarieämbetet. Till höger: foto på samma hällristning. Foto: S-O Johansson 2001.

⁵⁸ UNESCO, Prehistoric Rock Art Sites in the Côa Valley and Siega Verde.

⁵⁹ Rupestre.net, Côa Valley: The Discovery, 2001.

⁶⁰ Rupestre.net, IRAC 98 - Penascosa (Côa Park) visit, 1998.

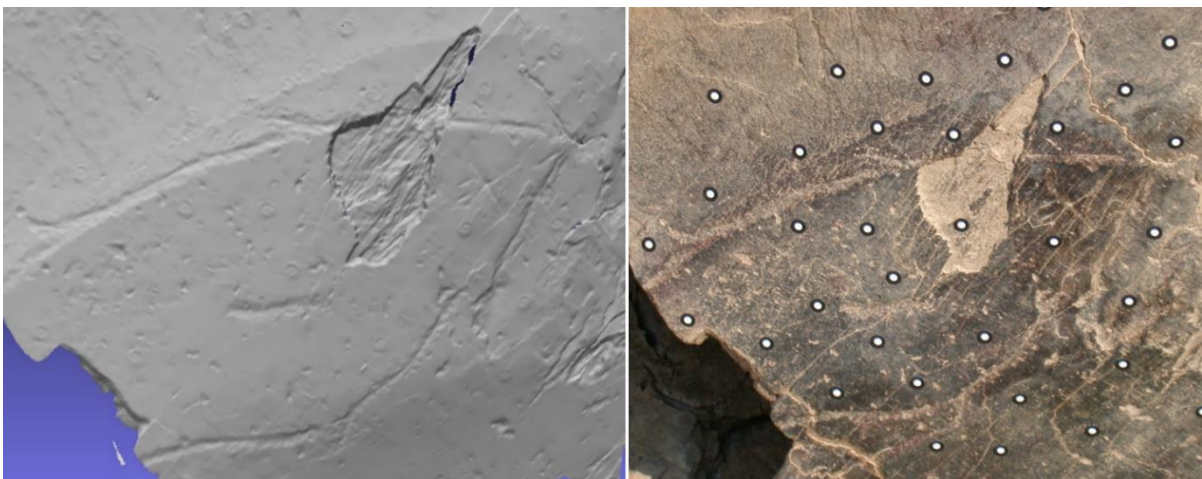
⁶¹ Baptista, 1999.

Penacosa, häll nr 4: har skadats över tid vilket gör ristningarna svåra att tyda. På övre delen av hällen finns cirka fem ristningar, troligtvis föreställer de getter och andra boskapsdjur. Den nedre delen av hällen var tidigare täckt av jord; dessa ristningar tros vara yngre än de övre.



Figur 29. Till vänster: en 3D-modell av häll nr 4 i Penascosa skapad av Metimur AB på uppdrag av Riksantikvarieämbetet. Till höger: foto på samma hällristning. Foto: S-O Johansson 2001.

Penacosa, häll nr 5a: har figurer i varierande storlek. De föreställer getter, en ox och hästar – varav en i nästan naturlig storlek. På panelen finns även en ovanligare fiskfigur (se figur 30).⁶²



Figur 30. Till vänster: en 3D-modell av häll nr 5a i Penascosa skapad av Metimur AB på uppdrag av Riksantikvarieämbetet. Till höger: foto på hällristningen med vita referenspunkter. Foto: S-O Johansson 2001.

⁶² Ibid.

Penacosa, häll nr 5c: har tre ristningar, även här föreställer de djur eller delar av djur, som get och häst.⁶³



Figur 31. Till vänster: en 3D-modell av häll nr 5c i Penacosa skapad av Metimur AB på uppdrag av Riksantikvarieämbetet. Till höger: foto på samma hällristning. Foto: S-O Johansson 2001.

Val Camonica

Val Camonica i provinsen Brescia i norra Italien är en av Centralalpernas största dalgångar. Den är cirka 80 km lång i nord-sydlig riktning och innehåller en av världens störta koncentrationer av hällristningar, som fördes upp på Unescos världsarvslista 1979. Människor har huggit in bilder i över 8000 år i Val Camonica och där finns idag cirka 140 000 figurer spridda på 2500 glaciärpolerade sandstenshällar. De ristade hällarna ligger vanligen nära varandra och merparten är samlade i mitten av dalen (i närheten av Capo di Ponte).⁶⁴

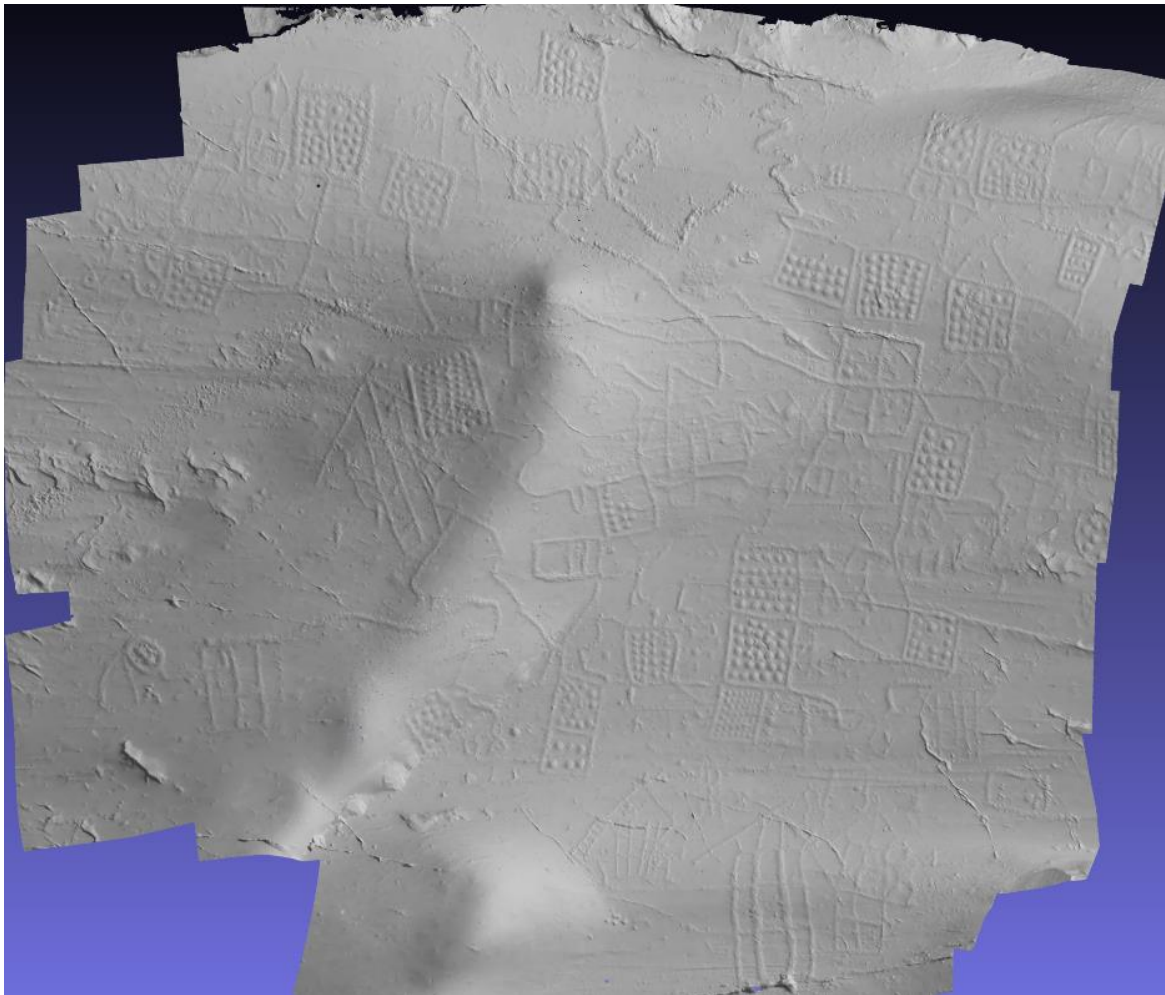
Dokumentationen av fyra hällristningslokaler i närområdet runt Capo di Ponte utfördes i början av september 2001.⁶⁵

Bedolina, häll nr 1: ligger i kommunen Capo di Ponte nära byn Pescarzo. Sandstenshällen är 9 meter lång och 4 meter bred och full av ristade figurer. Till största del består dessa av linjer sammankopplade med kvadrater och rektanglar fyllda med rader av punkter. Ristningen, som kallas "Bedolinakartan", anses vara en av de äldsta kända topografiska kartorna i världen och ska enligt arkeologer föreställa odlade tomter, bergstigar och byar.

⁶³ Ibid.

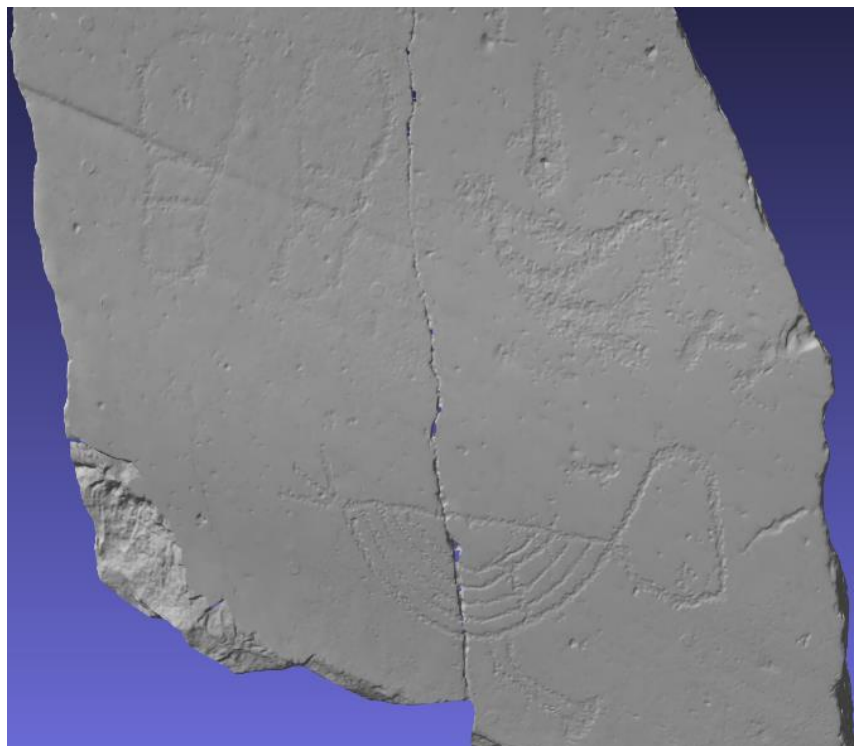
⁶⁴ Maretta, 2013.

⁶⁵ Johansson, 2002b.



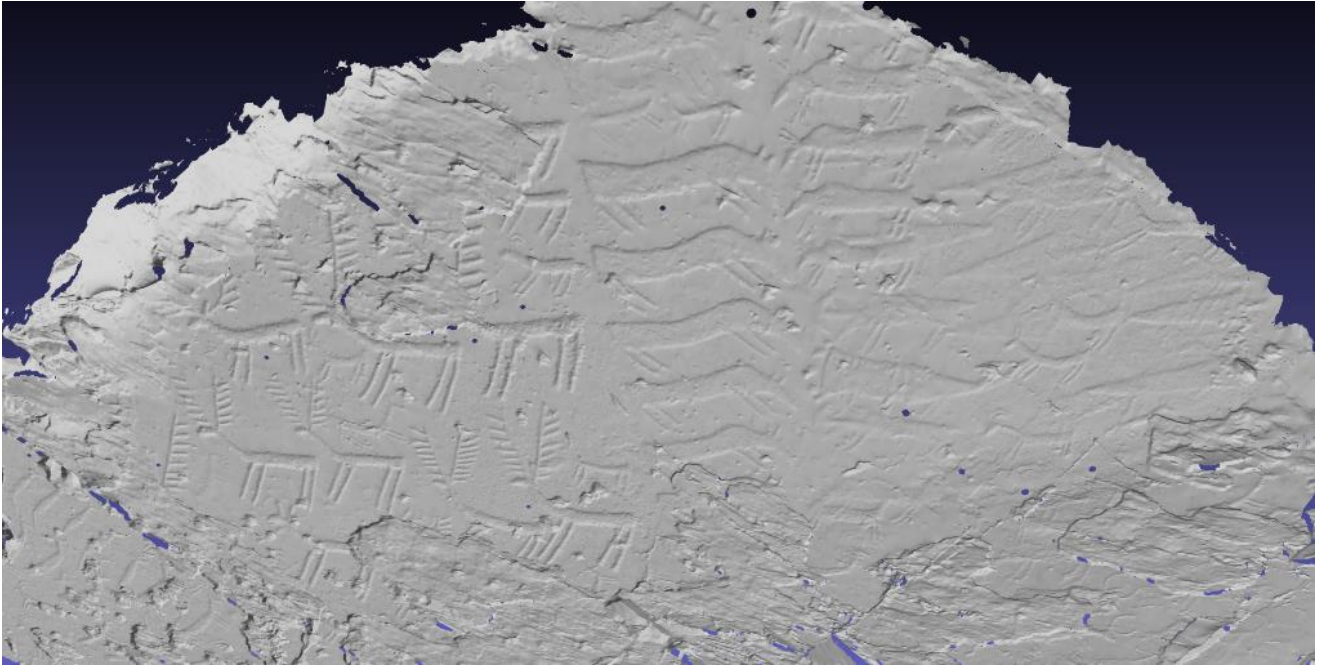
Figur 32. 3D-modell av hällristningen på häll nr 1 i Bedolina. Skapad av Metimur AB på uppdrag av Riksantikvarieämbetet.

Stenblocket vid CCSP: är ett flyttat block med ristningar som finns inne på gården vid CCSP (Centro Camuno di Studi Preistorici i Capo di Ponte).



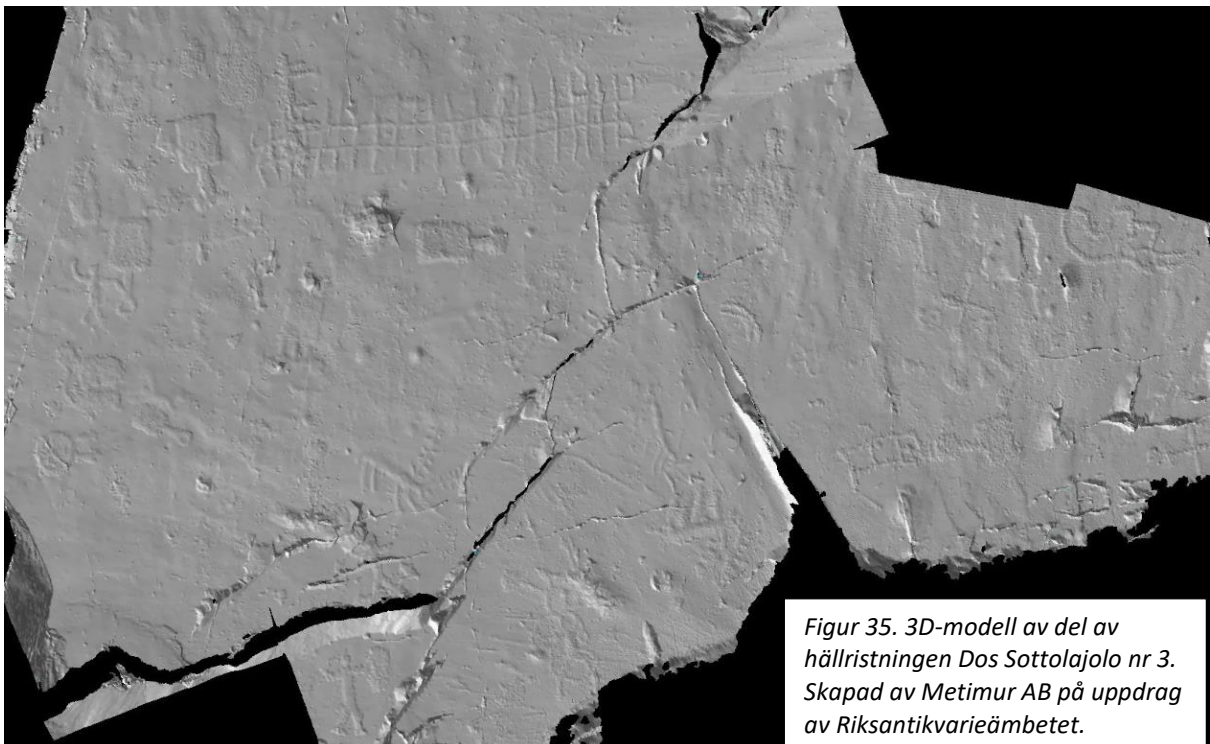
Figur 33. 3D-modell av den flyttade hällristningen som finns inne på gården vid CCSP i Capo di Ponte. Skapad av Metimur AB på uppdrag av Riksantikvarieämbetet.

Cemmo 1: är belägen på ett 2,6 meter högt och 3,10 meter brett flyttblock av sandsten vid byn Cemmo öster om Capo di Ponte på slätten Pian delle Greppe. På hällen finns omkring 150 figurer; på den släta sidan av blocket finns 118 figurer bestående av solar, yxor, dolkar, djur och plöjarscener.⁶⁶



Figur 34. 3D-modell av hällristningen Cemmo 1. Skapad av Metimur AB på uppdrag av Riksantikvarieämbetet.

Paspardo - Dos Sottolajolo, del av häll nr 3: är en av flera hällristningslokaler i bergsområdet i kommunen Paspardo. Sandstenshällen är 3 meter lång, 2 meter bred belägen vid byn Paspardo. På hällen finns 171 figurer bestående av krigare, cirklar, djur, båt, kors, grupper av punkter och linjer.⁶⁷

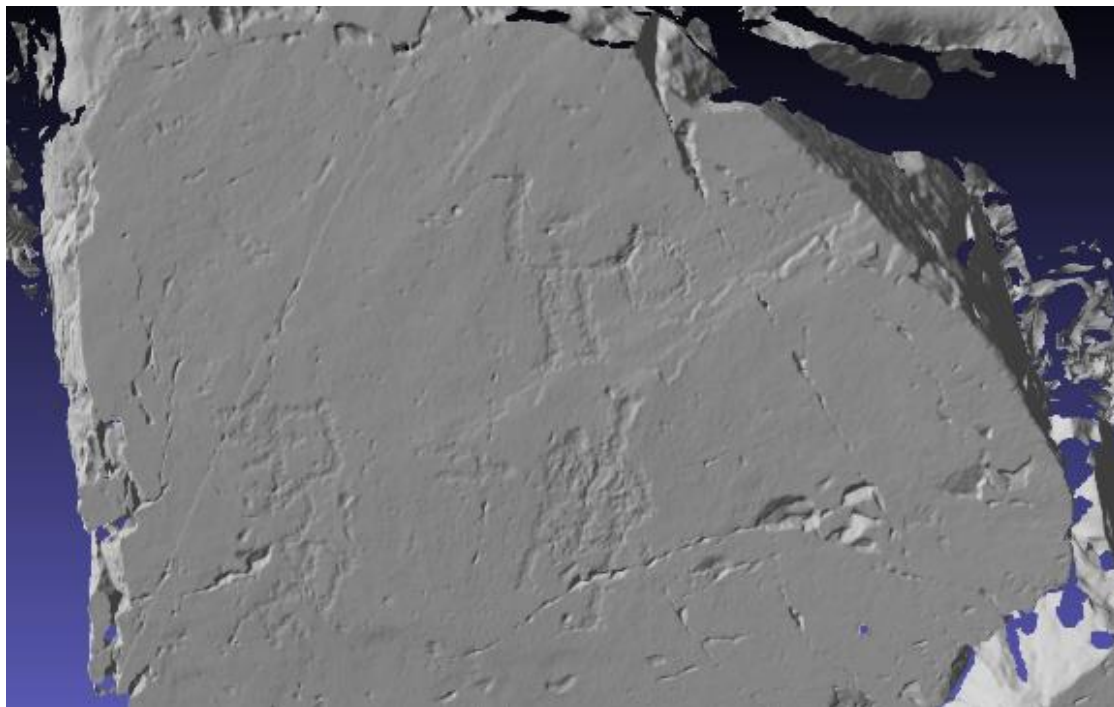


Figur 35. 3D-modell av del av hällristningen Dos Sottolajolo nr 3. Skapad av Metimur AB på uppdrag av Riksantikvarieämbetet.

⁶⁶ Archeocamuni, Cemmo's Boulder n. 1, 2012.

⁶⁷ Rupestre.net, Valcamonica, Dos Sottolajolo, rock 4, 2001.

Paspardo - Dos Sottolajolo, del av häll nr 2: utgörs av en 4,8 meter lång och 4,5 meter bred sandstenhäll belägen vid byn Paspardo. På hällen finns 319 figurer i form av krigare, skyfflar, cirklar och djur. Metimur AB dokumenterade enbart en liten del av lokalen.⁶⁸



Figur 36. 3D-modell av en del av häll 2 Dos Sottolajolo. Skapad av Metimur AB på uppdrag av Riksantikvarieämbetet.

3D-dokumentation inom EU-projektet Rock Art in Northern Europe (RANE)

År 2002 fortsatte Metimur AB att dokumentera hällristningar med 3D-teknik inom projektet Rock Art in Northern Europe (RANE), som var en del av EU:s Östersjöprogram.⁶⁹ Länsstyrelsen i Västra Götalands län drev projektet mellan åren 2000–2006 tillsammans med 45 andra internationella aktörer. Denna gång dokumenterades en hällristning vid Karlberg utanför Vagnhärad, delar av hällristningslokalen i Gärde i Jämtland och hällristningar i Alta i Nordnorge. Även delar av de hällristningar i Tanums världsarv som dokumenterades år 2000 och 2001 skulle kontrolleras för att mäta eventuell vittring.

Karlberg, Vagnhärad - Södermanlands län

Hällristning L1983:3978 (RAÄ-nr Trosa-Vagnhärad 434:1) är 150 kvadratmeter stor och består av cirka 1400 figurer, varav 1150 är skålgropar och resten är figurer i form av skepp, människor, djur, fotsulor med mera (se figur 37). Redan då hällristningen upptäcktes 2002 stod det klart att berget, som består av omkristalliserad kalksten, marmor, var vittringsbenäget och känsligt.⁷⁰

Dokumentationsarbetet utfördes av Metimur under maj 2004. Utöver dokumentationen av hällristningen utfördes även en specialdokumentation av ett 40 x 40 centimeter stort område utanför hällristningen för uppföljning, monitoring, av vittringshastigheten över tid.⁷¹

⁶⁸ Rupestre.net, Valcamonica, Dos Sottolajolo, rock 2, 2001.

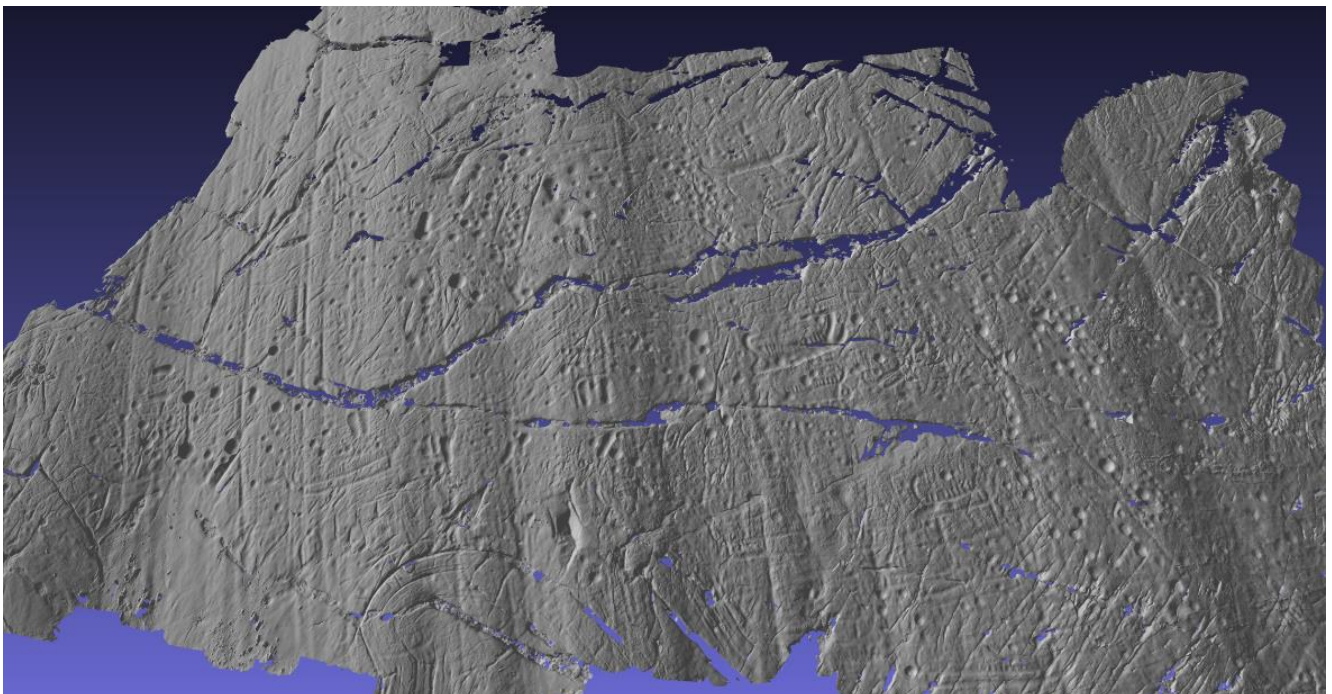
⁶⁹ Keep.eu, 2021. RANE.

⁷⁰ Strömer, 2016, s. 8 ff.

⁷¹ Johansson, 2004.



Figur 37. Foto i samband med dokumentation av ristningen L1983:3978 (RAÄ-nr Trosa-Vagnhärad 434:1) vid Karlberg, 2003. Foto: S-G Broström. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 38. 3D-modell av hällristning L1983:3978 (RAÄ nr Trosa-Vagnhärad 434:1). Skapad av Metimur AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Södermanland.

Gärde - Jämtland

Hällristning L1946:2996 (RAÄ-nr Offerdal 1:1) är ett 8 x 3 meter stort hällristningsområde bestående av 19 figurer, fördelade på tre olika områden. Delar av hällristningslokalen dokumenterades av Metimur mellan den 16–18 juni 2004 (se figur 39).⁷²



Figur 39. Dokumentation av hällristning L1946:2996 (RAÄ-nr Offerdal 1:1). Foto: S-O Johansson, Metimur AB 2004.

Kåfjord - Alta

Hällristningen ligger på stranden till Altafjorden och sluttar ned mot vattnet. Bergets struktur gör att vatten lätt kommer in i sprickor och vid frost sprängs det bort stora stycken av hällen.

Dokumentationen av hällristningen vid Kåfjord utfördes vid två tillfällen. Första gången var i augusti och september 2002. För att klara av att dokumentera den stora hällen med ATOS-systemet delades hällen in i delområden som dokumenterades systematiskt med både skanning och stereofotografering. Sistnämnda insats resulterade i 432 bilder och gick relativt snabbt. Skanningen fördröjdes på grund av regn, och att det efter regnet rann vatten över hällarna i flera dagar. Det fanns heller inte tillräckligt med personella resurser som kunde bistå med att leda bort vatten från hällristningen. Trots vädret dokumenterades den övre delen av hällristningen, totalt 115 kvadratmeter, enligt plan. Efter själva datafångsten bearbetades rådata till det öppna filformatet STL. De stereofotograferade bilderna överfördes till TIF-format med 2650 dpi (9.6 micron/pixel). Ett ortofoto togs också fram över den dokumenterade delen av hällen.⁷³

I juni 2004 återvände Metimur till Alta för att slutföra dokumentationen av hällristningen vid Kåfjord. Då 3D-skannades och stereofotograferades 185 kvadratmeter av den totala ytan på 300 kvadratmeter (se figur 40).⁷⁴

⁷² Johansson, 2004a.

⁷³ Johansson, 2004b.

⁷⁴ Ibid.



Figur 40. Skanning av den spruckna lerskifferhällen vid Kåfjord 2004. Foto: S-O Johansson, Metimur AB.

Nordby Köpcenter - Strömstad

År 2003 utförde Metimur även ett uppdrag åt Skanska Sverige AB i samband med att köpcentret vid Nordby, 13 kilometer norr om Strömstad, skulle utökas. Där dokumenterades hållristning L1969:3571 (RAÄ-nr Hogdal 205:1) som en säkerhetsåtgärd, ifall den eventuellt skulle skadas vid de planerade arbetena.⁷⁵



Figur 41. Den skadade hällen L1969:3571 (RAÄ-nr Hogdal 205:1) under bygget av köpcentret vid Nordby, 2004. Foto: Lasse Bengtsson, källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

⁷⁵ Metimur AB, 2003.

3D som uppföljningsteknik

Under åren 2001–2004 skannade Metimur på nytt de tidigare dokumenterade hållristningarna i Tanum, delar av hållristning L1967:2564 (RAÄ-nr Tanum 255:1) och hela L1968:7401 (RAÄ-nr Tanum 21:1).⁷⁶ Syftet var att kunna jämföra med de tidigare skanningarna för att på så sätt undersöka om det gick att se tecken på materialförlust till följd av vittring.⁷⁷ Resultatet presenterades som vittringskartor där olika färger visade materialförlust. Det finns tyvärr ingen rapport som beskriver arbetet med analysen av eventuell nedbrytning av de ovannämnda hållristningarna. Länsstyrelsen Västra Götaland har Metimurs 3D-filer från de olika dokumentationerna och kan med hjälp av dem utföra jämförande analyser.

3D-skanning efter RANE-projektet

Efter RANE-projektet skulle det dröja flera år innan nya 3D-skanningar av hållristningar utfördes i Norden. Detta trots att resultaten varit över förväntan och Riksantikvarieämbetets första kravspecifikation för dokumentationen uppfyllts med råge.

Som resultat av den 3D-data som Metimur tog fram tillverkades en kopia i betong av hållristning L1968:7550 (RAÄ-nr Tanum 151:1), vilken idag ligger på gården bakom Vitlyckemuseet (se figur 42). En kopia gjordes även av den bortmejslade delen av hållristning L1970:5075 (RAÄ-nr Askum 44:1; stenen finns på Göteborgs stadsmuseum). Kopian frästes ut ur ett hårt plastmaterial (Uriol) som uppblandats med aluminium.



Figur 42. Betongkopian av L1968:7550 (RAÄ-nr Tanum 151:1) som finns vid Vitlycke museum. Foto: Fredrik Andersson, Tanums kommun 2022.

Varför tekniken slutade användas är oklart. Dokument och rapporter från RANE-projektet ger ingen förklaring. Ett rimligt antagande är att det inte längre fanns finansiering för fortsatt 3D-skanning, då metoden var dyr i förhållande till de traditionella dokumentationsmetoderna. I artikeln *Developing new techniques for 3D documentation of rock art* från 2004 skriver Sven-Olav Johansson och Jan Magnusson att en kvadratmeter, beroende på upplösning, kostade mellan 300–800 Euro att dokumentera med ATOS-systemet.⁷⁸ Omräknat i svensk valuta motsvarade det 2004 mellan 2 724–7 264 kronor. I kostnaden ingick lönen för två mättekniker plus hyra för ATOS-skannern samt tillhörande efterarbete. En annan möjlig förklaring är att det fanns ett visst motstånd mot den nya

⁷⁶ Johansson och Magnusson, 2004, s. 131 ff.

⁷⁷ Johansson, 2002c.

⁷⁸ Johansson och Magnusson, 2004.

tekniken, då det redan fanns upparbetade rutiner för traditionella analoga dokumentationstekniker. Hur dokumentationen av hållristningarna kunde ha sett ut idag om 3D-tekniken använts och vidareutvecklats inom hållristningsforskningen från 2005 och framåt får förbli en intressant tanke.

Den 3D-data som genererades mellan 2000–2005 kom över tiden på villovägar och försvann från Länsstyrelsen och Riksantikvarieämbetet. Av en ren händelse meddelade Sven-Olav Johansson 2015 att all 3D-data som Metimur skapat på uppdrag av Länsstyrelsen fanns kvar. På så sätt kunde data återföras till myndigheten och även om 3D-filerna är decimerade med lägre upplösning än originalen, är de ett viktigt referensmaterial till hjälp för framtida forskning om och förvaltning av ristningarna. Ett pågående arbete med att öka upplösningen av 3D-filerna ska förhoppningsvis leda till att de får ännu större betydelse i dessa sammanhang.

Digital fotogrammetri gör sitt intåg

3D-dokumentationen återupptogs 2011 då digital fotogrammetri i form av Structure-from-Motion (SfM) började användas inom arkeologin i Sverige och Norge. Tekniken blev snabbt populär eftersom 3D-modeller med hög precision kunde tas fram till ett rimligt pris med hjälp av en vanlig digitalkamera och en 3D-mjukvara, till skillnad mot den tidigare 3D-skanningen som var dyr och krävde specialutrustning.

Ett av de första projekten som använde sig av Structure-from-Motion vid dokumentation av hållristningar var *Bronze Age rock art along the Baltic coast of Sweden* som drevs av Joakim Goldhahn vid Linnéuniversitetet.⁷⁹ År 2011 dokumenterade Christopher Sevara (från Ludwig Boltzmann Institute (LBI)) och Joakim Goldhahn en hållristning i Törnsfall socken och konstaterade att tekniken var snabb och detaljerad, interoperabel, skalbar, tillgänglig och demokratisk.⁸⁰

I maj 2014 höll Christopher Sevara en utbildning i Structure-from-Motion för personal från *Svenskt Hållristnings Forsknings Arkiv* (SHFA, som drivs av Göteborgs Universitet) och *Stiftelsen för dokumentation av Bohusläns hållristningar*.⁸¹ Den första hållristningen som dokumenterades under utbildningen var L1968:7148 (RAÄ-nr Tanum 12:1), vilket resulterade i över 1500 fotografier. Slutsatserna efter utbildningen var positiva och det konstaterades att dokumentationsmaterialet uppfyllde de krav som Structure-from-Motion kunde förväntas ge. I jämförelse med traditionella metoder var tekniken dessutom tidsmässigt effektiv och resultatmässigt säker. En stor fördel var också att metoden inte bidrog till onödigt slitage på berget och hållristningen.⁸²

Pilotprojekt: Hållristningar och 3D

Det dröjde till 2015 innan 3D-skanning åter började användas inom dokumentation och uppföljning av hållristningar. Länsstyrelsen Västra Götaland startade då ett pilotprojekt för att ta fram en modern och digital dokumentationsmetod för hållristningarna i Tanums Världsarv. Bakgrunden till projektet var artikel 4 i världsarvskonventionen som bland annat säger att *”Varje stat som är part i konventionen erkänner att skyldigheten att säkerställa identifiering, skydd, bevarande, levandegörande och överlämnande till kommande generationer /.../ främst tillkommer denna stat”*.⁸³

För att kunna svara upp mot detta fordrades en fullständig dokumentation av hållristningarna inom världsarvsområdet. Det handlade både om att avbilda de cirka 600 kända hållristningspanelerna och att fastställa bevarandetillståndet.

⁷⁹ Goldhahn, J., Sevara, C., 2011, s. 253.

⁸⁰ Ibid, 260 ff.

⁸¹ Bertilsson et al. 2014, s. 6 ff.

⁸² Ibid, s. 99.

⁸³ UNESCO, 2002, s. 25.

Pilotprojektets syfte var att via omvärldsanalys ta fram möjliga moderna och digitala dokumentations- och uppföljningsmetoder som skulle uppfylla tre kriterier:

- 1) en så exakt avbild av ristningarna som möjligt,
- 2) data ska kunna användas i uppföljning och vård av hållristningar och
- 3) dokumentationen ska kunna levandegöra ristningarna samt kunna visa ristningar som vittrat bort för kommande generationer.

Utfallet blev tre olika 3D-tekniker: handhållen laserskanning (rödlaser), handhållen optisk skanning (vitljus) och fotogrammetri. Dessa metoder testades inom världsarvsområdet under en vecka i augusti 2015, då 17 hållristningspaneler dokumenterades. Målet var att jämföra och utvärdera dem utifrån noggrannhet, tidsåtgång och användarvänlighet. För att få en god grund att stå på i det fortsatta arbetet skulle testningen ske på hållristningar med olika bevarandegrad. Därigenom skulle det vara möjligt att bedöma om någon dokumentationsmetod fungerade bättre eller sämre på välbevarade respektive vittrade och nedbrutna hållristningar.

Efter testet med handhållen vitljusskanner stod det klart att metoden inte var lämpad för dokumentation i fält eftersom dagsljuset störde skanningen. Tekniken var också mer tidskrävande och fordrade mer data- och batterikraft än de två andra metoderna. Därför lades huvudfokus på att jämföra rödlaser och fotogrammetri (SfM). För att ytterligare effektivisera fältarbetet valdes åtta hållristningspaneler som redan dokumenterats med hjälp av fotogrammetri i kombination med 11 hållristningslokaler som hade olika bevarandestatus, storlekar och figurtyper.

Den genomsnittliga storleken på hållristningspanelerna i världsarvet är 8,5 kvadratmeter. För att få en uppfattning om hur lång tid det skulle ta att dokumentera världsarvets cirka 600 hållristningar testades flera lokaler.

I september 2015 hölls en workshop på Göteborgs Universitet för att jämföra och utvärdera de tre ovannämnda metoderna. Deltagarna företrädde SHFA (som några år tidigare börjat dokumentera hållristningar med fotogrammetri och nått bra resultat), Göteborgs Universitet, Länsstyrelsen Västra Götaland, företagen Maskin & Laser Teknik AB samt Metimur HB. Det senare representerades av Sven-Olav Johansson, en av de mest erfarna och kunniga inom området som i många år arbetat med analog och digital fotogrammetri samt mätning med laser (se mer under rubrikerna Rock Art in Northern Europe och RANE).

Efter workshopen stod det klart att 3D-skanningstekniken är noggrannare, effektivare och mer användarvänlig än dokumentationsmetoden digital fotogrammetri. Fördelen med rödlaser är att resultatet kan ses i realtid när hållen skannas. Metoden har en mycket hög noggrannhet med en ISO 10360-standard som möjliggör monitoring av en och samma håll figurvis, och över tid vad gäller nedbrytning. Vidare är tekniken både effektiv och snabb samtidigt som det är mindre risk för felberäkningar. Skannerns mjukvara är också spårbar och användarvänlig.

Dokumentationsprojektet i Tanums världsarv med start 2016

Följande år startade Länsstyrelsen i Västra Götaland ett dokumentationsprojekt i Tanums världsarv, vars syfte är att med hjälp av 3D-teknik och fotografier enhetligt dokumentera samtliga 616 registrerade hållristningar i världsarvet. Dokumentationen är tänkt att användas av Länsstyrelsen i samband med vård och bevarande av ristningarna.

Projektet har pågått två månader om året och beräknas vara klart 2024. Dokumentationen har bidragit till att flera figurer som inte gick att se med blotta ögat har återfunnits på tidigare dokumenterade hållristningslokaler.

Målet är att dokumentera världsarvets hållristningar samt långtidslagra inskannade data hos SHFA. På så sätt kan data över de skannade hållristningarna bli tillgängliga även för allmänheten och forskarvärlden.

För att genomföra skanningen i fält införskaffades en HandySCAN 700, en handhållen 3D-skanner tillverkad av det kanadensiska företaget Creaform, som används (inomhus) inom industrin, samt en tillhörande bärbar prestandator. Skannern väger 850 gram och har en mätnoggrannhet upp till 0,030 millimeter och en högsta upplösning på 0,050 millimeter. 3D-skannern använder rödlaser för att mäta avståndet och den registrerar 480 000 mätpunkter per sekund inom ett område av 275 x 250 millimeter.

I början av projektet var det viktigt att ha tillgång till el och internetuppkoppling för snabb support om något inte fungerade. Arbetet påbörjades därför på hållristningar i närheten av Vitlycke museum där hållristningspanelerna redan var framgrävda och rensade från gräs och jord.

Fältperioden 2016 var mycket solig, vilket försvårade dokumentationen. Trots försök att skugga med svarta paraplyer stördes skanningen. För att skärma av det starkaste solljuset användes därför en presenning.

Ett annat problem som visade sig tidigt i projektet var mätfel eller störningar i 3D-data. Störningarna visade sig som räfflade kors i 3D-modellen. Ingen hade tidigare skannat så pass stora ytor med HandySCAN, vilket gjorde det svårt för Creaform att förstå varför dessa fel uppstod. Det visade sig dock att projektet dokumenterade alldeles för stora hållristningsytor (>3 kvadratmeter) i en och samma skanning. De räfflade korsen i 3D-modellen var mätfel eftersom samma ristningsytor skannats alltför många gånger på ett ostrukturerat sätt. Efter första säsongen skannades därför betydligt mindre delar av en hållristningspanel och dessa sattes sedan samman till en helhet i skannerns mjukvara. Under de år som dokumentationsprojektet pågått har det blivit tydligt att detta är den bästa metoden att skanna stora hållristningar.

Vid dokumentationen av hållristningar i Bohuslän 2022 har den handhållna laserskannern uppgraderats till Creaforms modell Black Elite. Triangulering sker genom att skannerns lasersensorer projicerar en mängd laserpunkter i form av 13 laserkors på skanningsytan.

3D-dokumentation i SAMHELL

I projektplanen för SAMHELL framgår det att 30 hållristningslokaler i Norge och Sverige ska 3D-dokumenteras under projektperioden samt att resultaten ska jämföras med tidigare traditionell dokumentation. I bilaga 1 finns en sammanställning av tidigare dokumentationsmetoder, utförare samt plats.

I följande text kommer de olika delarna i arbetet med 3D-dokumentation att redovisas: metodbeskrivning och -begränsning, dokumenterade ristningar i Sverige och Norge, jämförelseanalys och skadedokumentation.

På svensk sida har Länsstyrelsen Västra Götaland 3D-dokumenterat hållristningar och runstenar med handhållen 3D-skanner sedan dokumentationsprojektet i Tanums världsarv startade 2016. Dessa år har givit stor utdelning vad gäller erfarenheter om lämpligast skanningsteknik och upplösning av data (avståndet mellan mätpunkterna) samt editering, redigering och efterbearbetning av 3D-data. Kunskapen från det tidigare projektet har byggts på och strukturerats i SAMHELL-projektet.

Metodbeskrivning av 3D-dokumentation av hållristningar

Innan en hållristning dokumenteras krävs några förberedande åtgärder. Hällen måste rensas fram så att ytan inte täcks av jord, skräp, mossa eller annat. Är hällen bevuxen med lav bör denna skonsamt avlägsnas. I vissa fall med rik påväxt av lav måste hällen behandlas med etanol och/eller långtidstäckas för att ta död på laven. Om hållristningen varit övertäckt med jord bör ytan sköljas ren med vatten från närområdet eller av naturligt regn. Om hällen bara är täckt av lösa blad och barr

används med fördel en lövblås som är mer skonsam för hällen än borstar. Vegetation i kanten av hällen avlägsnas med såg eller sekator.

Vid dokumentation och framrensning av en hållristning i Sverige är det viktigt att komma ihåg att det krävs tillstånd från Länsstyrelsen. Två viktiga frågor som alltid måste kunna besvaras är varför hållristningen ska friläggas samt vad som är syftet med friläggningen.

Hållristningens storlek

Skanningsförfarandet beror på hur stor hällen är, överstiger den tre kvadratmeter så är det bättre att dela upp skanningen av hällen i mindre ytor som sedan sätts samman till en hel hållristning i en skannerprogramvara eller fristående 3D-mjukvara. Även om det är möjligt att dokumentera en hållristning som är större än tre kvadratmeter i en tagning är det olämpligt eftersom det lätt uppstår irreparabla mätfel, samtidigt som batterikapaciteten på datorn och skannern förbrukas snabbt.

Upplösning

Hållristningarna skannas med en upplösning på 1 millimeter mellan mätpunkterna. Då går dokumentationen och efterarbetet med att redigera och hantera 3D-modellerna relativt snabbt. Upplösningen är vald för traditionellt huggna eller inknackade hållristningar då dokumentationen blir tydlig och då det går att sätta samman en relativt stor hållristning till en hel.

Om ändamålet med dokumentationen kräver en högre detaljrikedom så kan upplösningen höjas till 0,4–0,3 millimeter mellan mätpunkterna. Detta gäller när mindre hållristningar (under tre kvadratmeter) eller delar i en större hållristning dokumenteras. Högre upplösning än 0,3 millimeter skapar stora och tunga filer, vid sådana tillfällen ska ristningen inte vara större än cirka 90 kvadratcentimeter?

Företaget Creaform har sedan 2020 introducerat en ny teknik som möjliggör att upplösningen på ett 3D-dokumenterat objekt går att höja från 1 millimeter till exempelvis 0,40 millimeter. För att kunna utföra en sådan höjning krävs att själva datafångsten av det skannade objektet utförts på ett noggrant och riktigt sätt. Bland annat måste skannern samla tillräckligt med data över hela hållristningen vilket i praktiken innebär att skannern ska föras långsamt över ytan med lugna och följsamma rörelser enligt spider-web-tekniken (se figur 2).

Anläggande av ett koordinatsystem

För att underlätta skanning av hållristningspaneler större än tre kvadratmeter anläggs ett lokalt koordinatsystem över den ristade ytan. Koordinatsystemet markeras löst på hällen med krita eller med snören (det är inte lämpligt att använda krita om det finns risk för svårigheter att få bort den från berget, till exempel om ytan är skrovlig till följd av vittring). Därefter fotograferas systemet i lod med drönare eller ritas in på en äldre dokumentation när en sådan finns.

Koordinatsystemet fyller flera funktioner vid dokumentationen. De utritade rutorna underlättar själva skanningen av hållristningen och ger en bra överblick över dokumentationsprocessen då varje fil döps i enlighet med koordinaterna i systemet. Koordinatsystemet är också ett bra stöd när delarna av den stora hållristningen ska sättas samman.

Placering av targetpoints/markörer

När koordinatsystemet är utritat och dokumenterat är det dags att sätta ut targetpoints (6 millimeter i diameter runda klistermärken) i ett oregelbundet mönster med ett inbördes avstånd av 10–13 centimeter. Dessa targetpoints läses in av 3D-skannern och fungerar som referenspunkter så att instrumentet vet var det har varit.

För att underlätta placeringen av targetpoints markeras konturerna av de ristade figurerna löst med krita (är hållristningarna tydliga behövs inte kritikonturerna). Anledningen är att markörerna helst inte ska sättas i ristade delar av hällen. Vid stora, helt uthuggna figurer finns inget alternativ, utan där

placeras de i figurerna, dock så sparsamt som möjligt. Om det kan bli svårt att få bort kritan är det bättre att försöka sätta markörer där bergytan är lite högre. Har hällen flera olika nivåer är det viktigt att förtäta med markörer i de stigande övergångarna.

Vid skanningen av hållristningen dokumenteras de olika delarna i koordinatsystemet bit för bit med överlapp på cirka 30 centimeter åt alla håll. Överlappet gör att 3D-programvaran med hjälp av targetpoints kan foga samman de olika delarna av hållristningen till en helhet.

Skapandet av en targetmodell

Om hållristningen är stor kan det vara en fördel att först göra en targetmodell över ytan som ska dokumenteras. Det innebär att samtliga targetpoints först skannas in och sparas som en egen modell, vilken kan liknas vid en karta över hällen. Targetmodellen laddas sedan in vid varje dokumentationstillfälle vilket gör att skannern inte behöver läsa in targetpoints under tiden den dokumenterar hållristningen. Fördelarna är att det går fortare att skanna ristningen och förfarandet sparar batteritid för datorn. Används en targetmodell vid skanningen hamnar också de skannade delarna rätt vid hopsättningen i skannerprogramvaran/3D-mjukvaran.

3D-dokumenterade Hållristningar i Norge

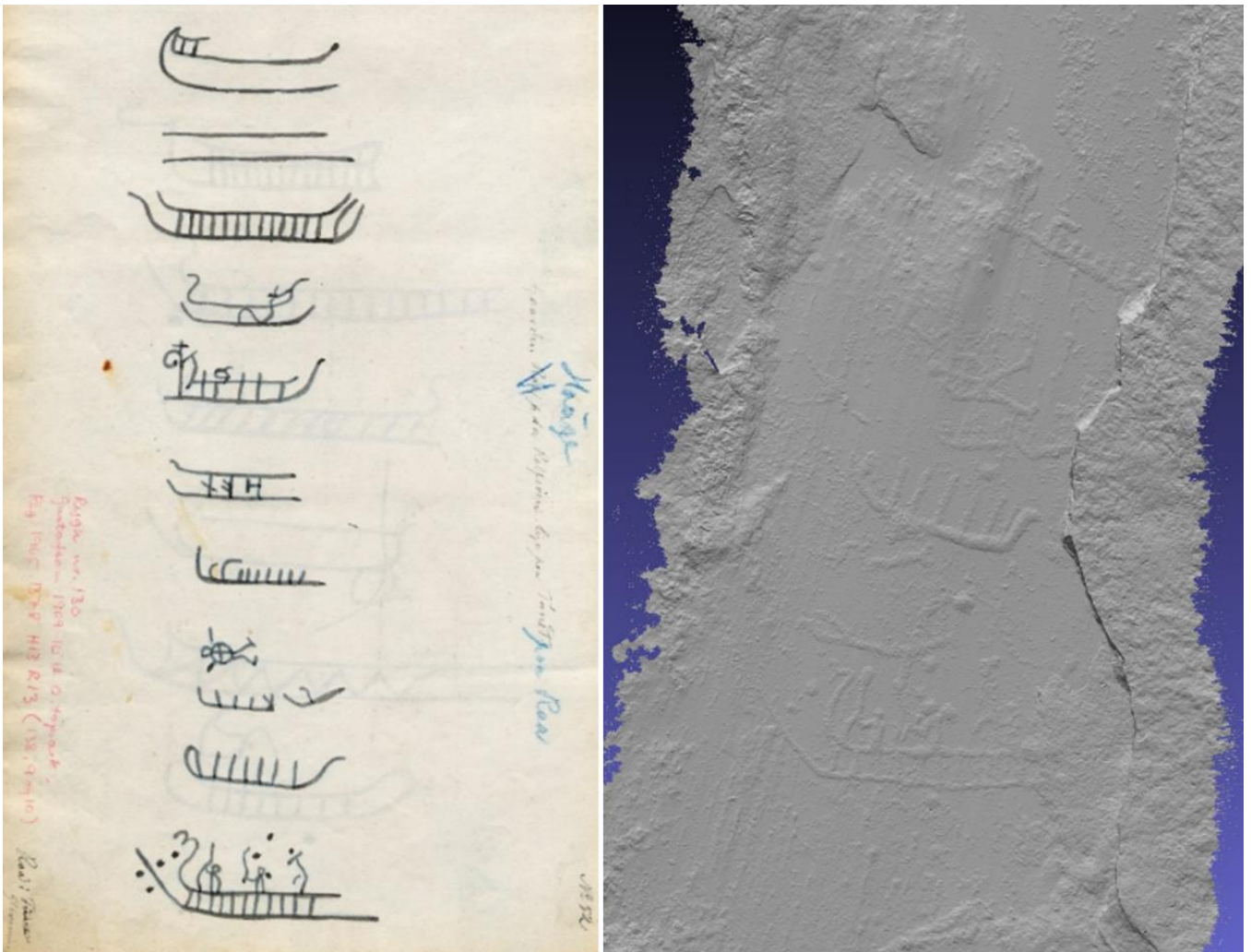
Nedan redogörs för tio av de 3D-dokumenterade hållristningslokalerna i Norge. Dokumentationen har genomförts från maj 2019 och fram till september 2022. Majoriteten av dokumentationen utfördes med Creaforms 3D-skanner HandyScan Black Elite med en upplösning på 1 millimeter mellan varje mätpunkt.

Under sensommaren 2022 skulle hållristningar i Östfold 3D-dokumenteras. Dessvärre kunde inte dokumentationen genomföras som planerat på grund av regnväder.

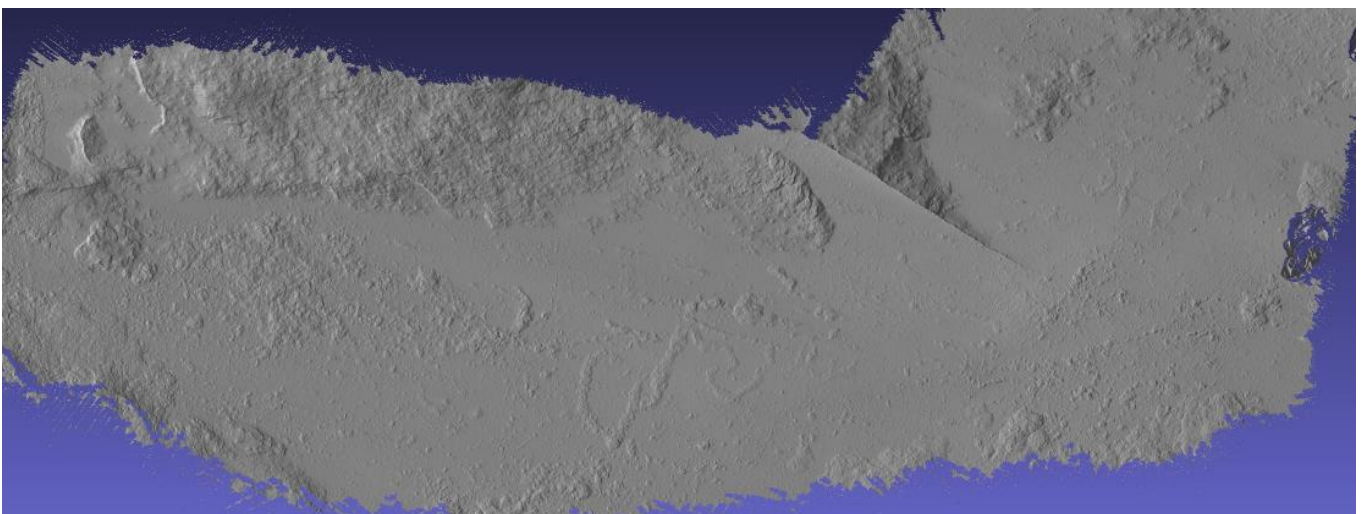
Viken: Rå drosjeholdeplassen 1, ID 75161

Läge	Rå drosjeholdeplassen 1, Fredrikstad. WGS84: N 10.982509748218, E 59.245210864041
Antal figurer och figurtyp	<p>Gruppe A: Figurene ligger tett samlet lengst NV på feltet, og dekker et område på 265x70 cm. Ø for figurene er det en dyp og omfattende avskalling, som har tatt med seg ytterkanten av flere av figurene, og trolig flere figurer som ikke er kjent. Figurgruppa omfatter minst 7 skip, 1 menneskefigur, 8 skålgroper og flere fragmentariske/udefinerte figurer.</p> <p>Gruppe B ligger 4,4 m SSV for A, like S for et eldre informasjonsskilt som har stått ved figurgruppe A. Konsentrasjonen består av 1 skip, 1 menneskefigur og flere ufullstendige/udefinerte figurer og strekker seg over et 155x30 cm stort område.</p> <p>Gruppe C ligger 4,6 m ØSØ for A og består av 2-6 skålgroper innenfor et 78x25 cm stort område. Det er flere skader i berget her som gjør at det er vanskelig å definere sikkert hva som faktisk er skålgroper.</p> <p>Gruppe D er den største konsentrasjonen, og omfatter spredte figurer over et område som strekker seg ca. 10 m Ø-V og 4 m N-S. Totalt er det 14-15 skipsfigurer, 2-3 fotsåler, 1 dyrefigur, 2 sirkler, 1 menneskefigur, 8 skålgroper og flere furer og udefinerte figurer.⁸⁴</p>
Äldsta avbildning	Martin Arnesen på slutten av 1860-tallet eller begynnelsen av 1870-tallet.
Övrig dokumentation	Kalkering på plast: Elisabeth Jansen i 1998
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2021

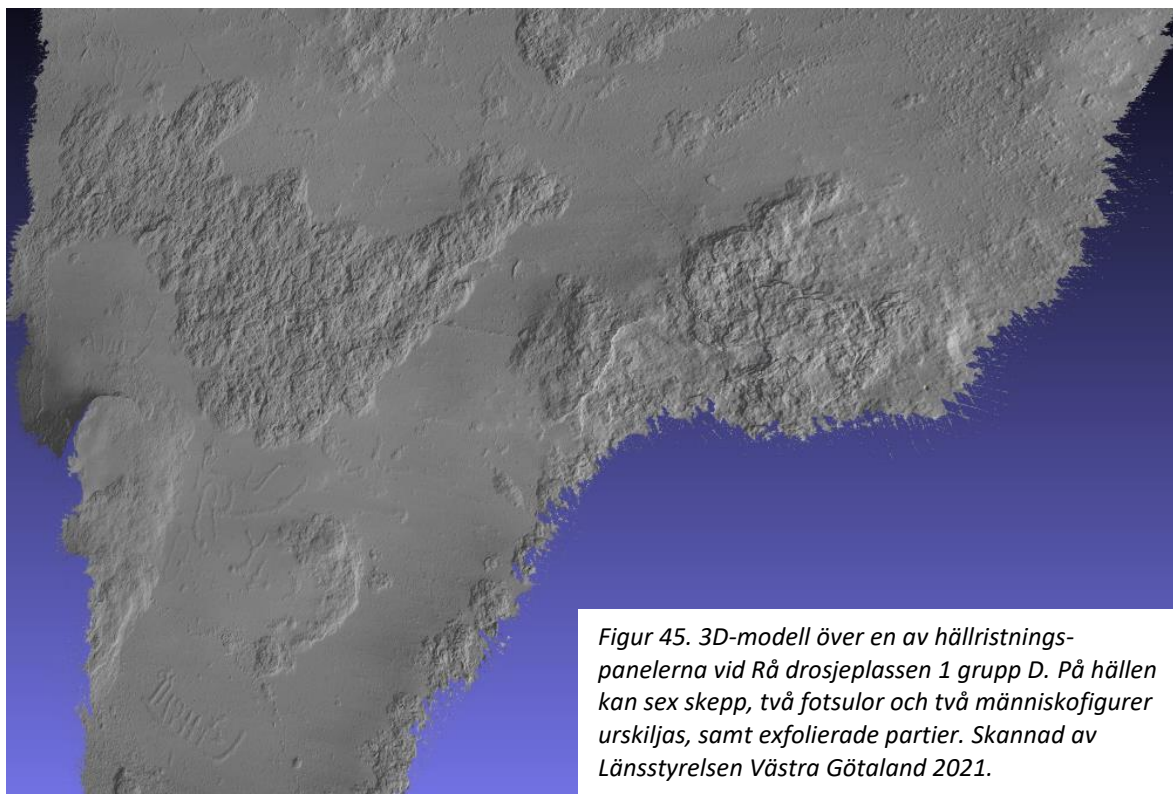
⁸⁴ Kulturminnesök: Rå drosjeholdeplassen 1, Bergkunst, 2017 [Hämtad 2022-08-08].



Figur 43. Dokumentation av hällristningarna vid Rå drosjeplassen 1 i grupp D. Till vänster: teckning av Martin Arnesen (1860–1870-talet), källa: Vogt 2012 (s. 255). Till höger: 3D-modell av hällristningar i grupp D, skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland 2021.



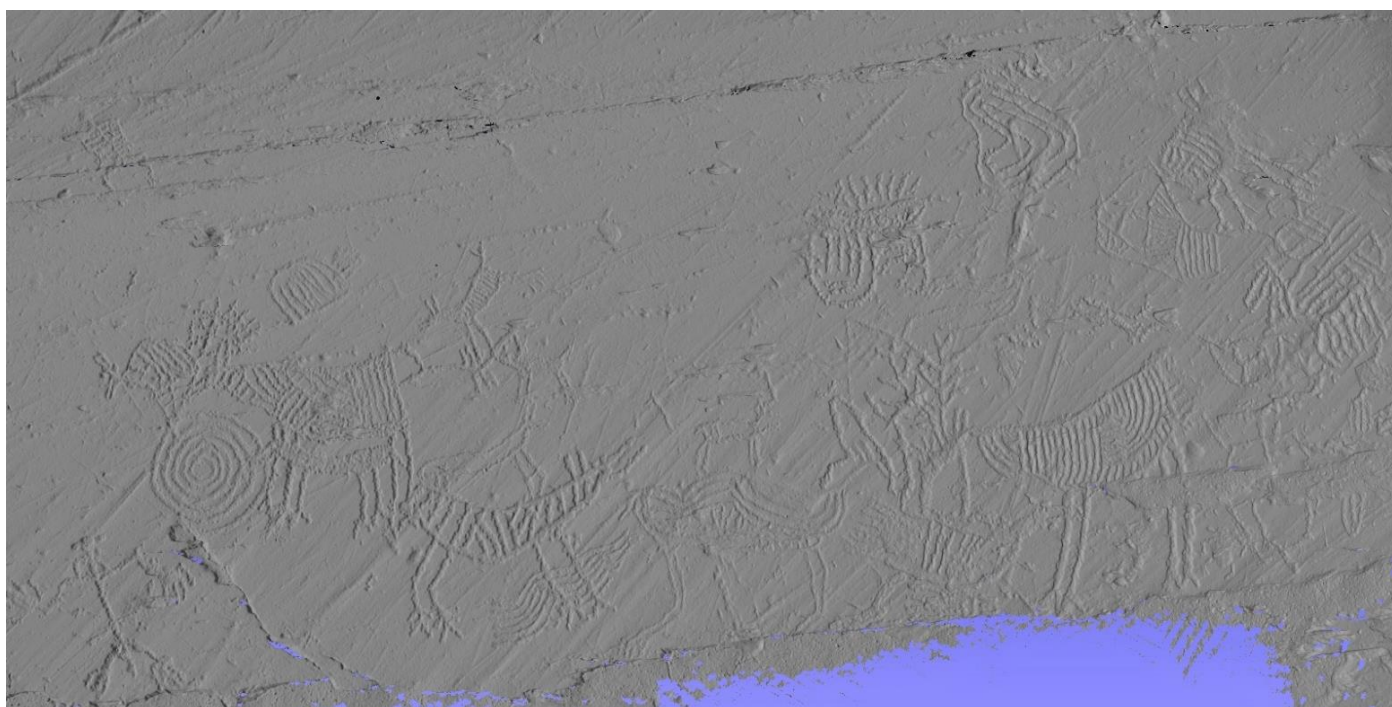
Figur 44. 3D-modell över en av hällristningspanelerna vid Rå drosjeplassen 1 grupp D. Till höger syns en människofigur och till vänster en påbörjad ristning på en fotsula. Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland 2021.



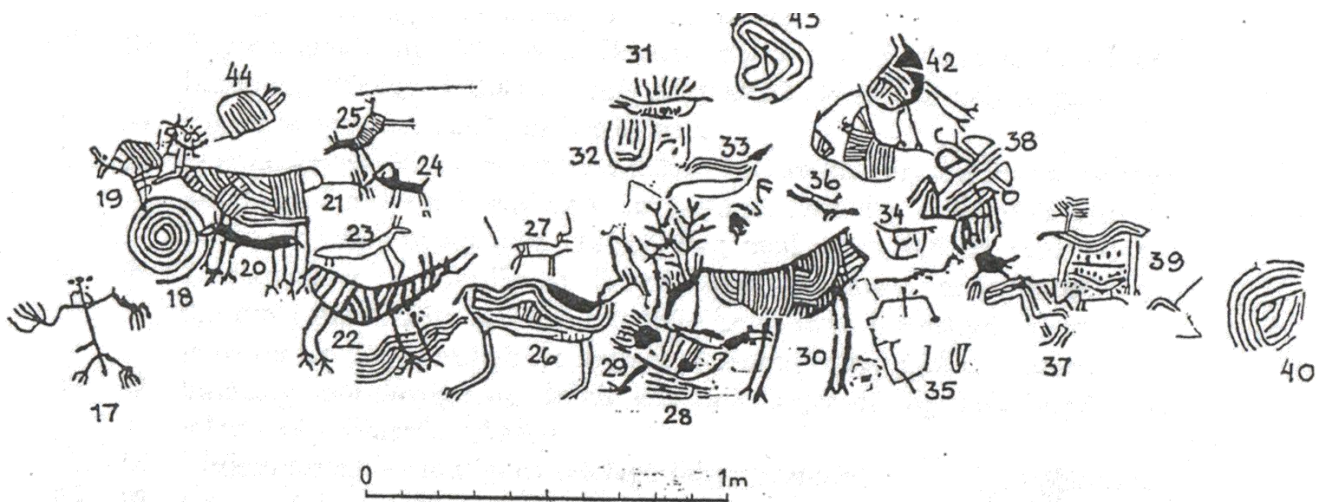
Figur 45. 3D-modell över en av hällristningspanelerna vid Rå drosjeplassen 1 grupp D. På hällen kan sex skepp, två fotsulor och två människofigurer urskiljas, samt exfolierade partier. Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland 2021.

Vestlandet Ausevik: del av felt II 25845-2

Läge	Ausevik, WGS84: N 61.541292060266, E 5.2765977869759
Antal figurer och figurtyp	Lokaliteten har 37 figurer
Avbildning	Kalkering: Anders Hagen 1969
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2019
Kulturminnessök	Länk till ID 25845-2 Ausevik , u.å. [Hämtad 2022-08-08]



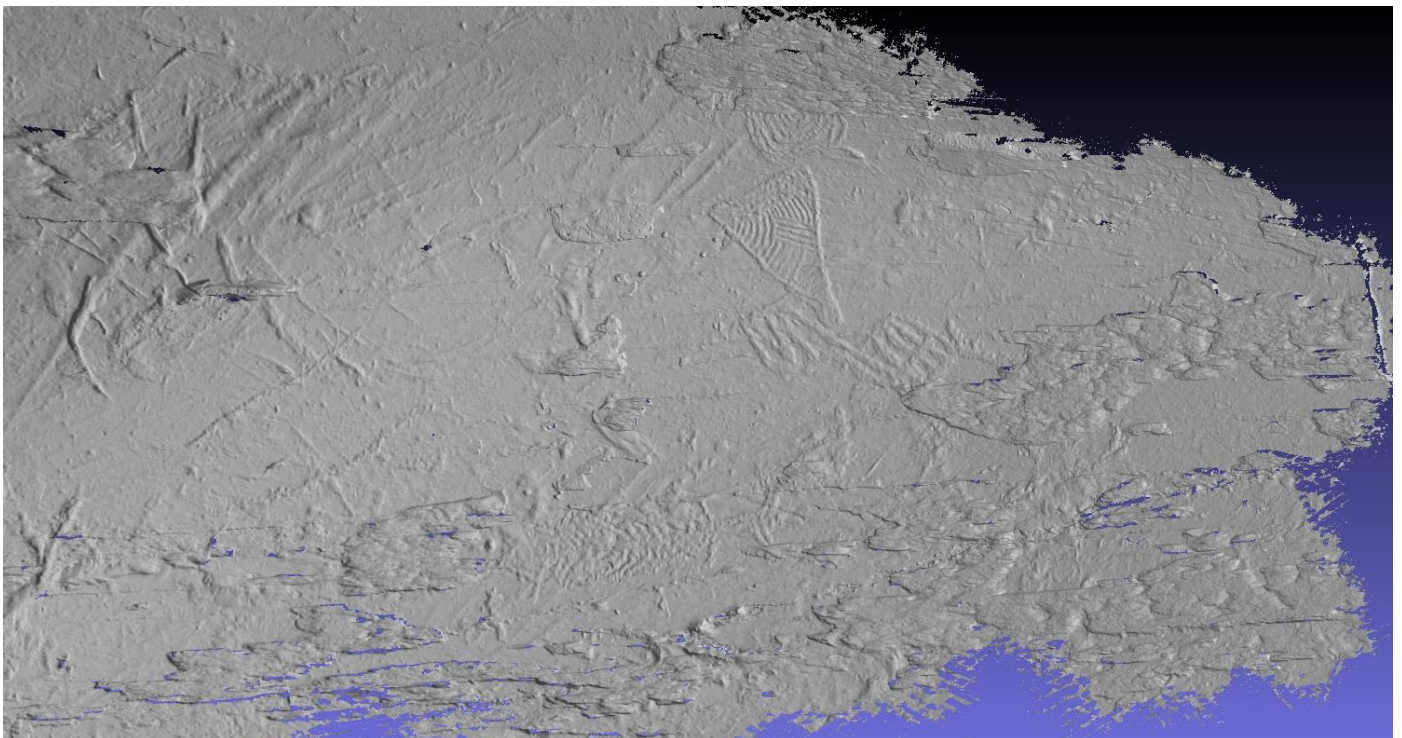
Figur 46. 3D-modell över en del av fält 2 i Ausevik, skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland 2019.



Figur 47. Dokumentation (renritad kalkering) (del av fält 2) utförd av Anders Hagen 1969. Källa: A. Hagen, *Studier i vestnorsk bergkunst*.

Vestlandet Ausevik: del av felt III 25845-3

Läge	Ausevik, WGS84: N 61.541363036958, E 5.2763630833983
Antal figurer och figurtyp	134 figurer
Avbildning	Teckning: Anders Hagen 1969
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2019
Kulturminnessök	Länk till ID 25845-3 Ausevik , u.å. [Hämtad 2022-08-08]



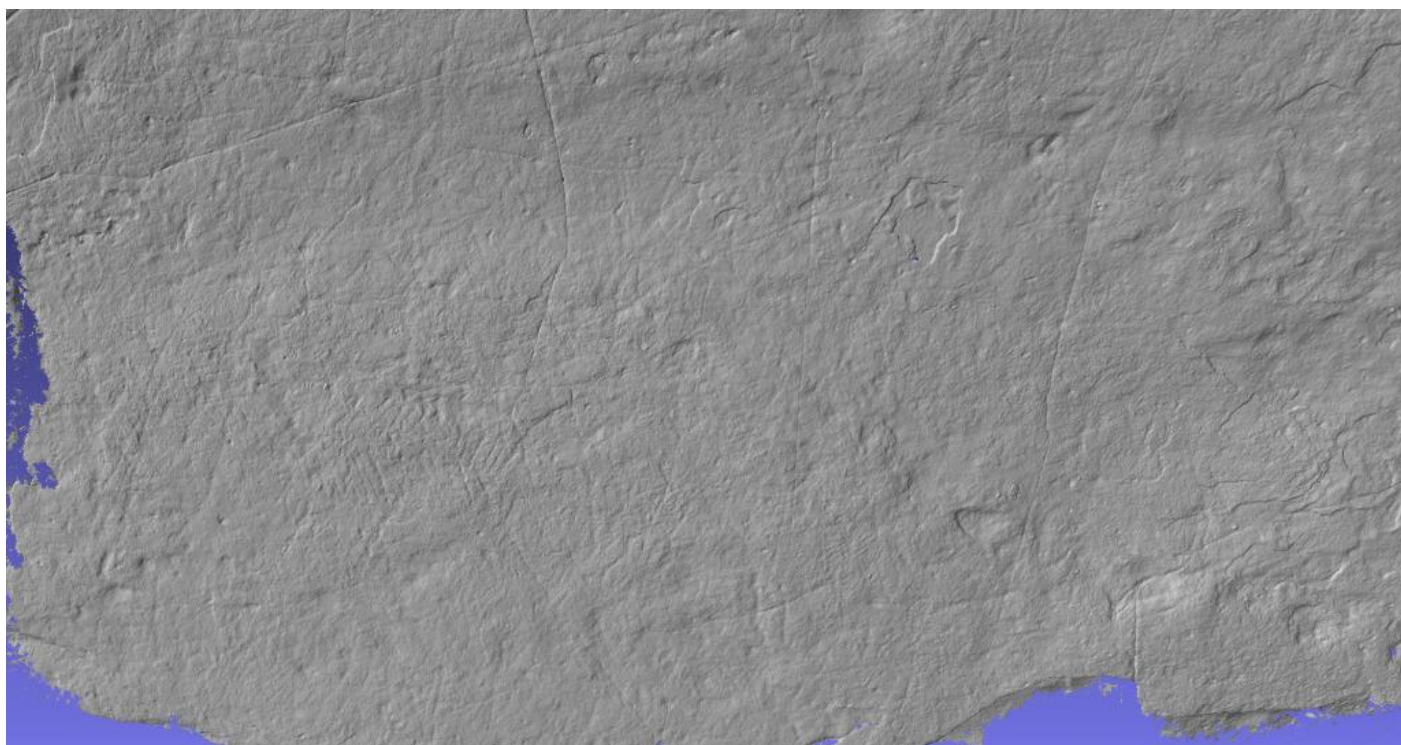
Figur 48. 3D-modell över en del av fält 3 i Ausevik, skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland 2019.

Vestlandet Vingen: Bakkane 3 (Kålrabisteinen), ID145526-3

Läge	Vingen, Bremanger. WGS84: N 61.827821853171, E 5.317785075206
Antal figurer och figurtyp	Dyr og menneskefigurer (tils. 46 figurer).
Äldsta avbildning	Hallström 1913 (publisert 1938)
Övrig dokumentation	Bøe 1925 (publisert 1932); Bakka1976
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2019
Kulturminnessök	Länk till ID 145526-3 (Bakkene 3) , u.å. [Hämtad 2022-08-08]



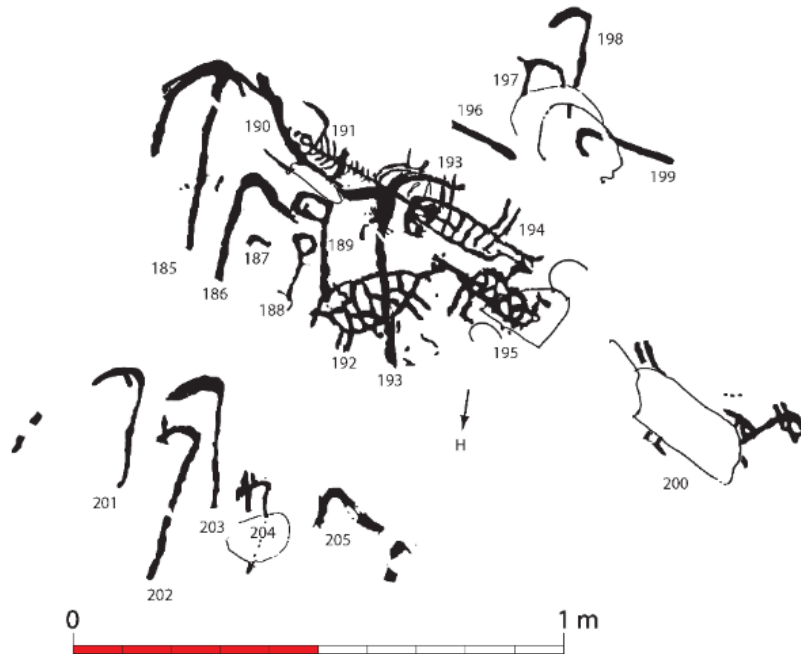
Figur 49. Kalkering över djur- och människofigurer på Bakkane 3 "Kålrabisteinen" av Johannes Bøe. Källa: Lødøen och Mandt, 2012.



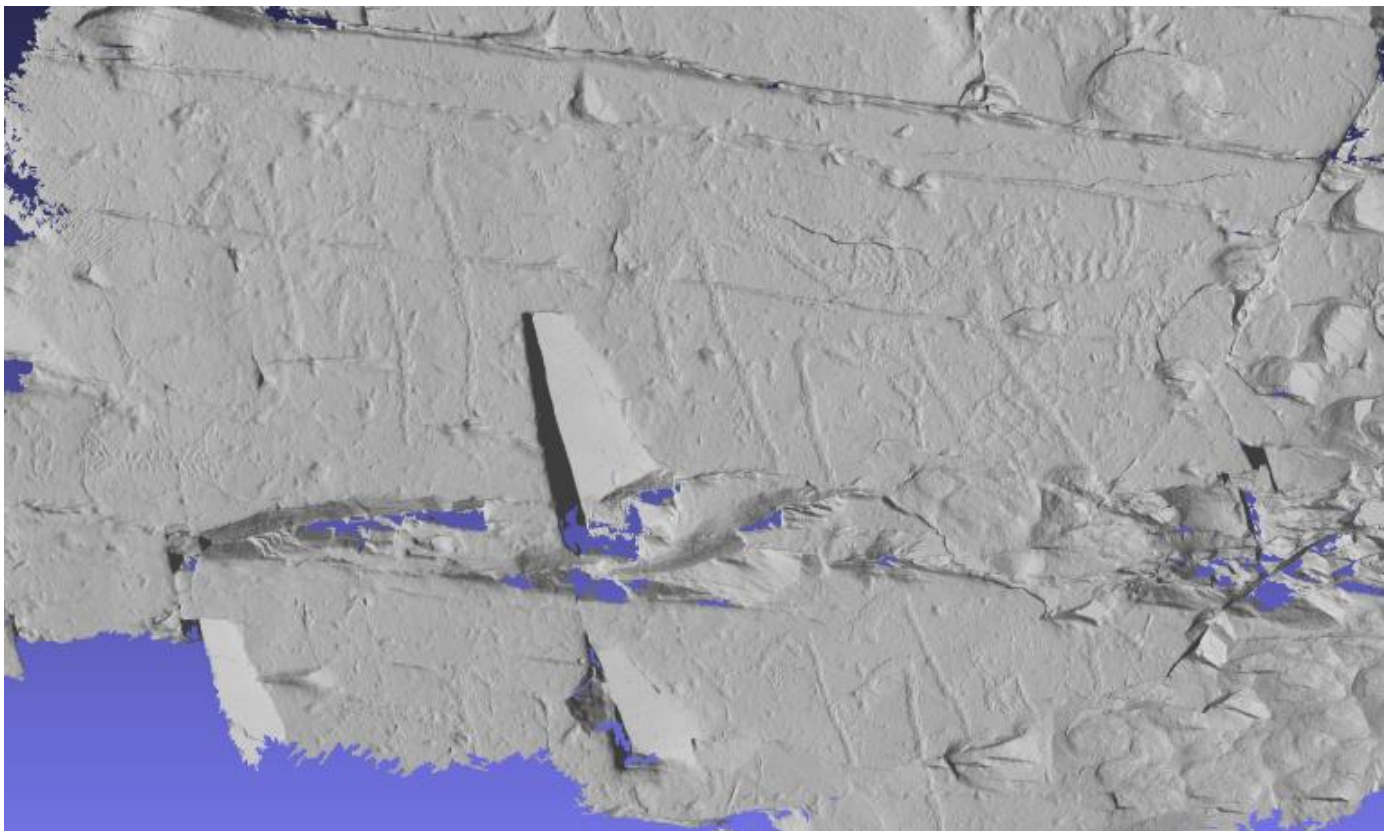
Figur 50. 3D-modell över en av hällristningspanelerna Bakkene 3 "Kålrabisteinen". Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland 2019.

Vestlandet, Vingen: Leitet 8 A och B, ID 145526-8

Läge	Vingen, Bremanger. WGS84: N 61.82721104, E 5.31599667
Antal figurer och figurtyp	Dyr, skjelettmennesker, kroker o.a. (tils. 45 figurer).
Avbildning	Kalkering av Egil Bakka 1973
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2019
Kulturminnessök	Länk till ID 145526 (Leitet 8) , u.å. [Hämtad 2022-08-08]



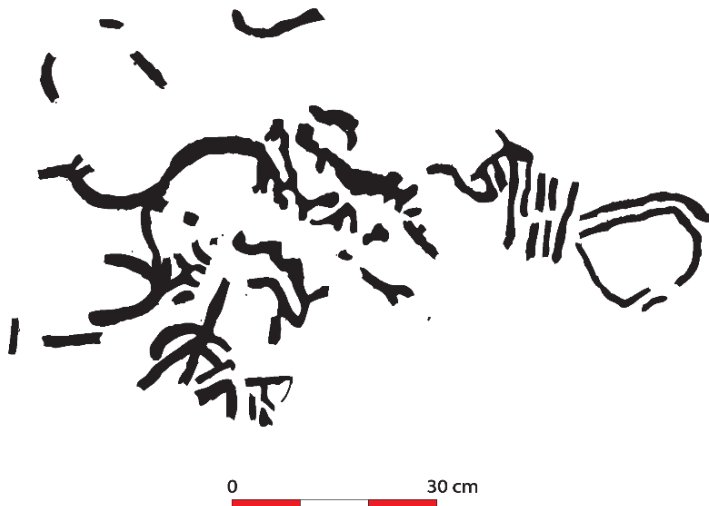
Figur 51. Kalkering över Leitet 8B utförd av Egil Bakka 1973.
Källa: Løddøen och Mandt, 2012.



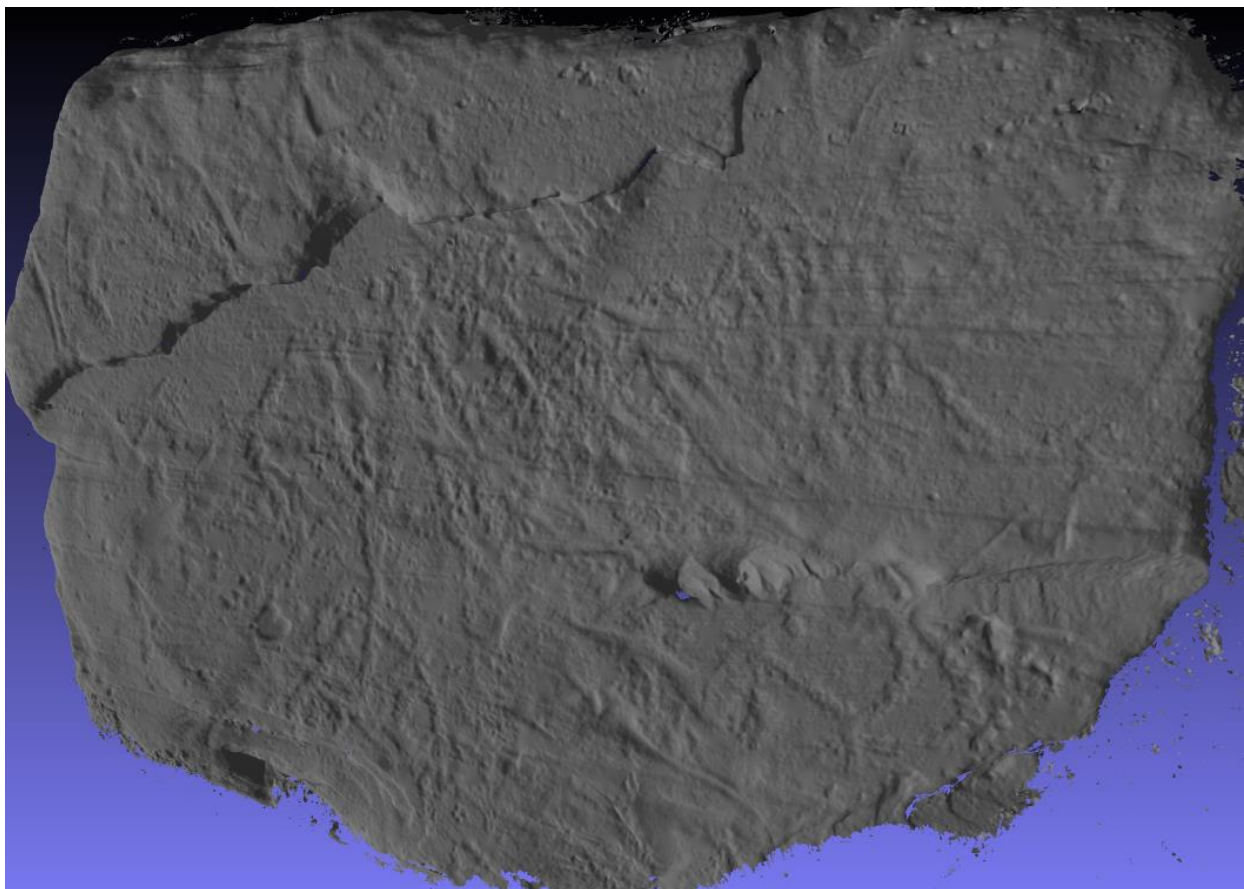
Figur 52. 3D-modell över en av hållristningspanelerna 8 A och B. Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland 2019.

Vestlandet Vingen: Teigen 4, ID 145528-4

Läge	Vingen, Bremanger WGS84: N 61.827443014322, E 5.3153061530897
Antal figurer och figurtyp	Menneskefigur (?), krokar, linjemønster og linjestumper (tils. åtte figurer).
Avbildning	Kalkering: Bakka 1976; Mandt 1995. Frottage: Gundersen 1996.
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2019
Kulturminnessök	Länk till ID 145528-4 (Teigen) , u.å. Vingen Teigen, Bergkunst, u.å., [Hämtad 2022-08-08]



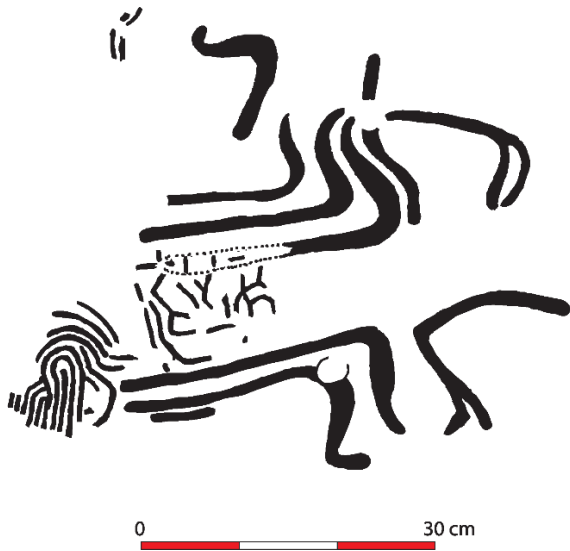
Figur 53. Kalkering över eventuella människofigurer, krokar och linjer på Teigen 4. Utförd av Johannes Bøe. Källa: Løddøen och Mandt, 2012.



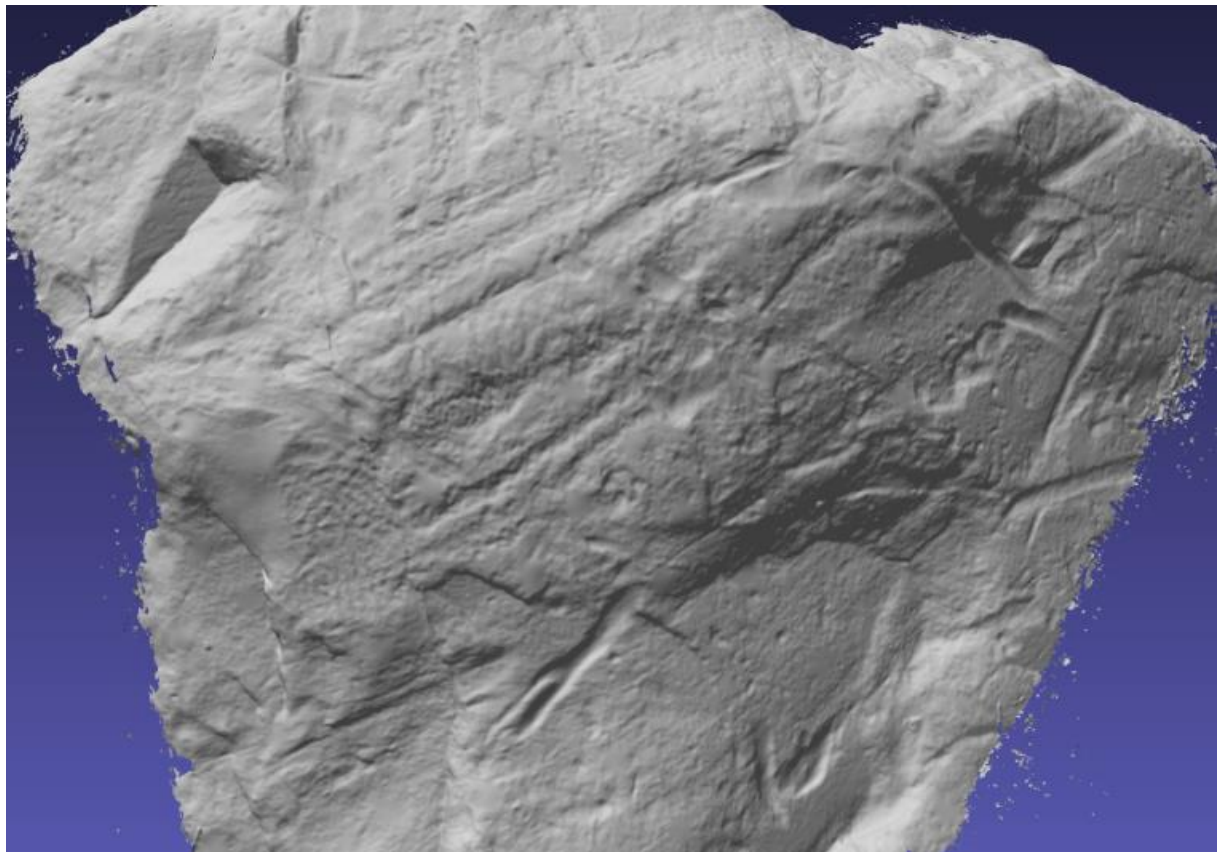
Figur 54. Figur 38. 3D-modell över en av hållristningspanelen Teigen 4. Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland 2019.

Vestlandet, Vingen: Teigen 6, ID 145528-6

Läge	Mellan Hardbakken og Vindbakken, Vingen, Bremanger. WGS84: N 61.827452895248, E 5.3155124329079
Antal figurer och figurtyp	Kroker og parallele buelinjer (tils. 13 figurer).
Avbildning	Kalkering Bakka 1976
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2019
Kulturminnessök	Länk till ID 145528-6 (Teigen) , u.å. Vingen Teigen, Bergkunst, u.å., [Hämtad 2022-08-08]



Figur 55. Kalkering föreställande abstrakta linjefigurer på Teigen 6. Utförd av Egil Bakka 1976. Källa: Lødøen och Mandt, 2012.



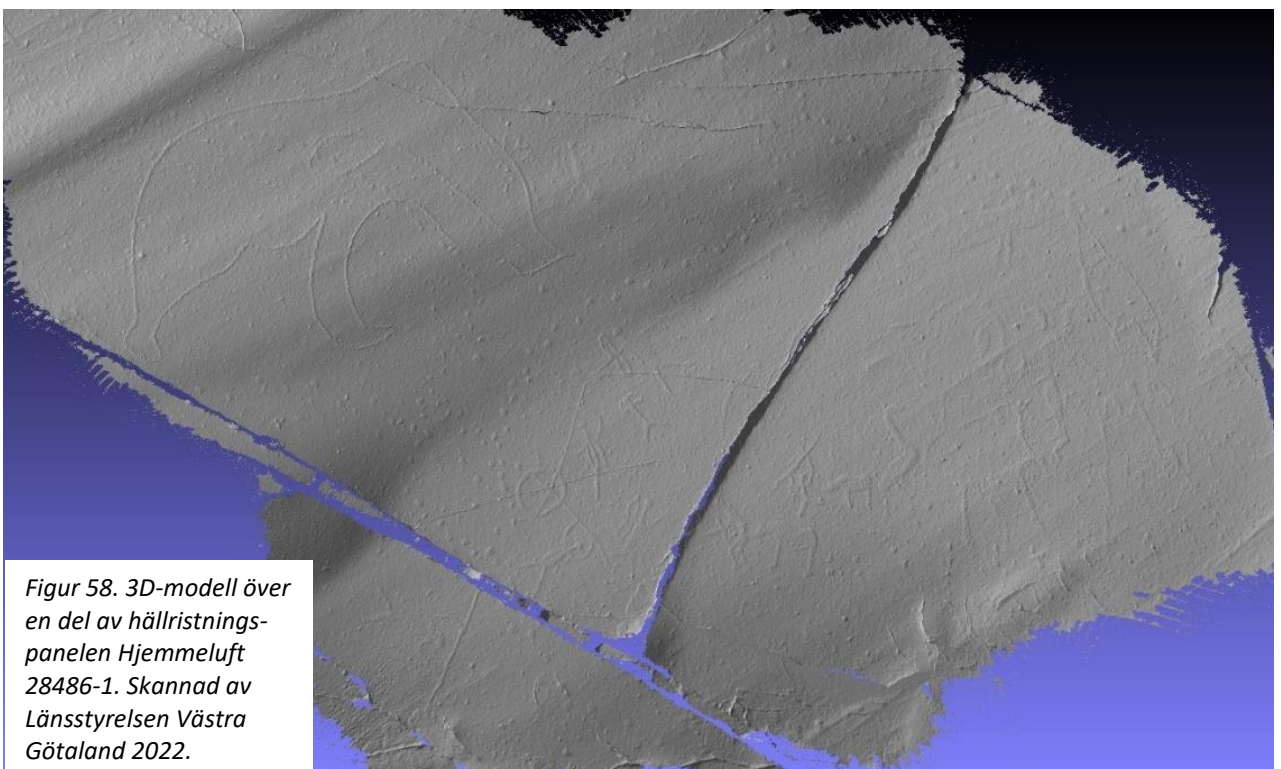
Figur 56. 3D-modell över en av hållristningspanelen Teigen 6. Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland 2019.

Finnmark, Alta: del ett av Hjemmeluft 28486-1

Läge	22–25 meter över havet. WGS84: N 69.951685450654, E 23.194478098528
Antal figurer och figurtyp	En stor bjørnefigur, komplekse jaktscener, hval, fugl, båter, reingjerder, rein samt adskillige bjørner og bjørnespor.
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2022
Kulturminnessök	Länk till ID 28486-1 (Hjemmeluft) , u.å. Hjemmeluft – Ole Pedersen, Bergkunst, u.å. [Hämtad 2022-08-08]



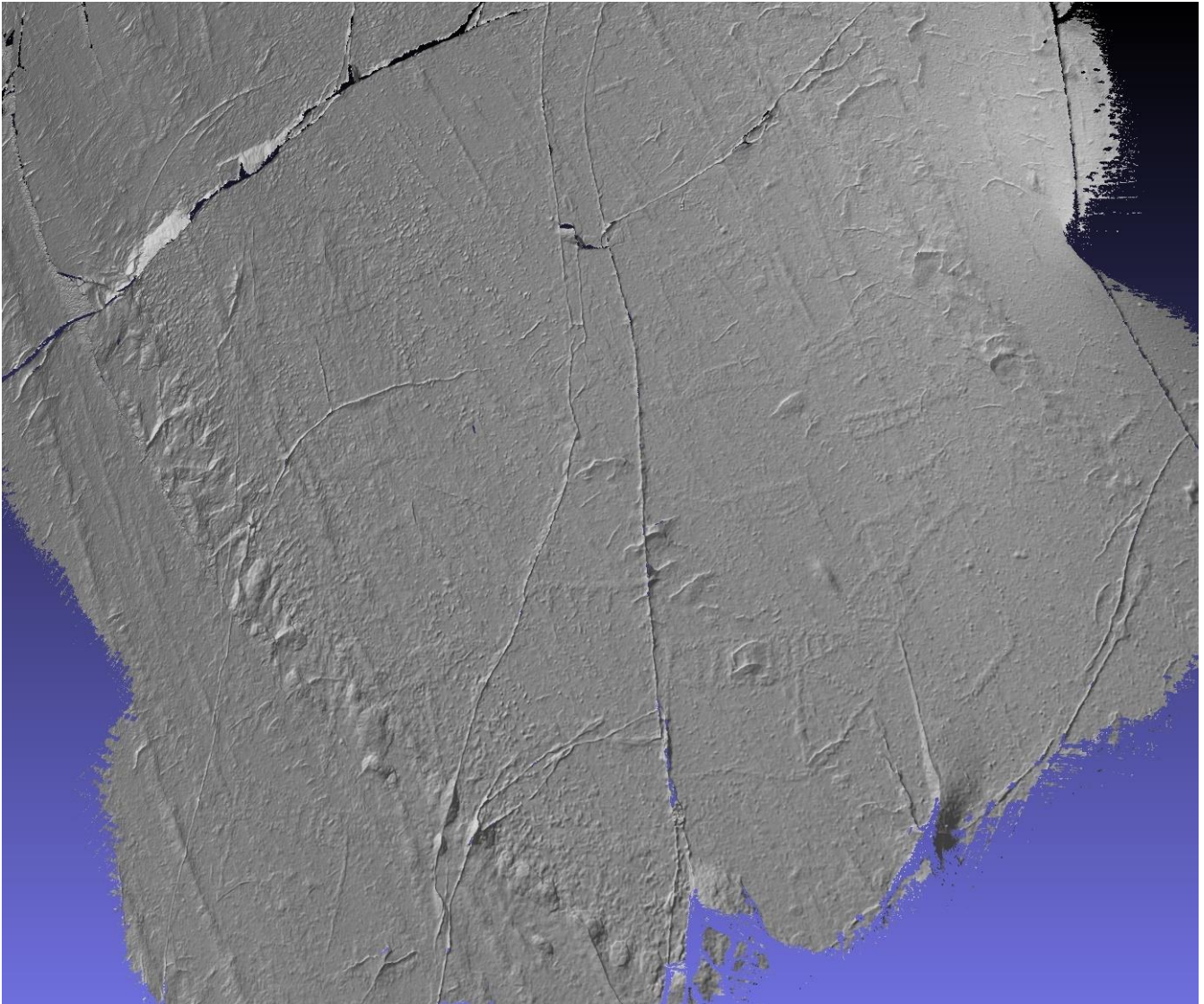
*Figur 57.
Hällristning
Hjemmeluft 28486-1.
Foto: E-K Granberg,
Länsstyrelsen Västra
Götaland 2022.*



*Figur 58. 3D-modell över
en del av hällristnings-
panelen Hjemmeluft
28486-1. Skannad av
Länsstyrelsen Västra
Götaland 2022.*

Finnmark, Alta: del två av Hjemmeluft 28486-1

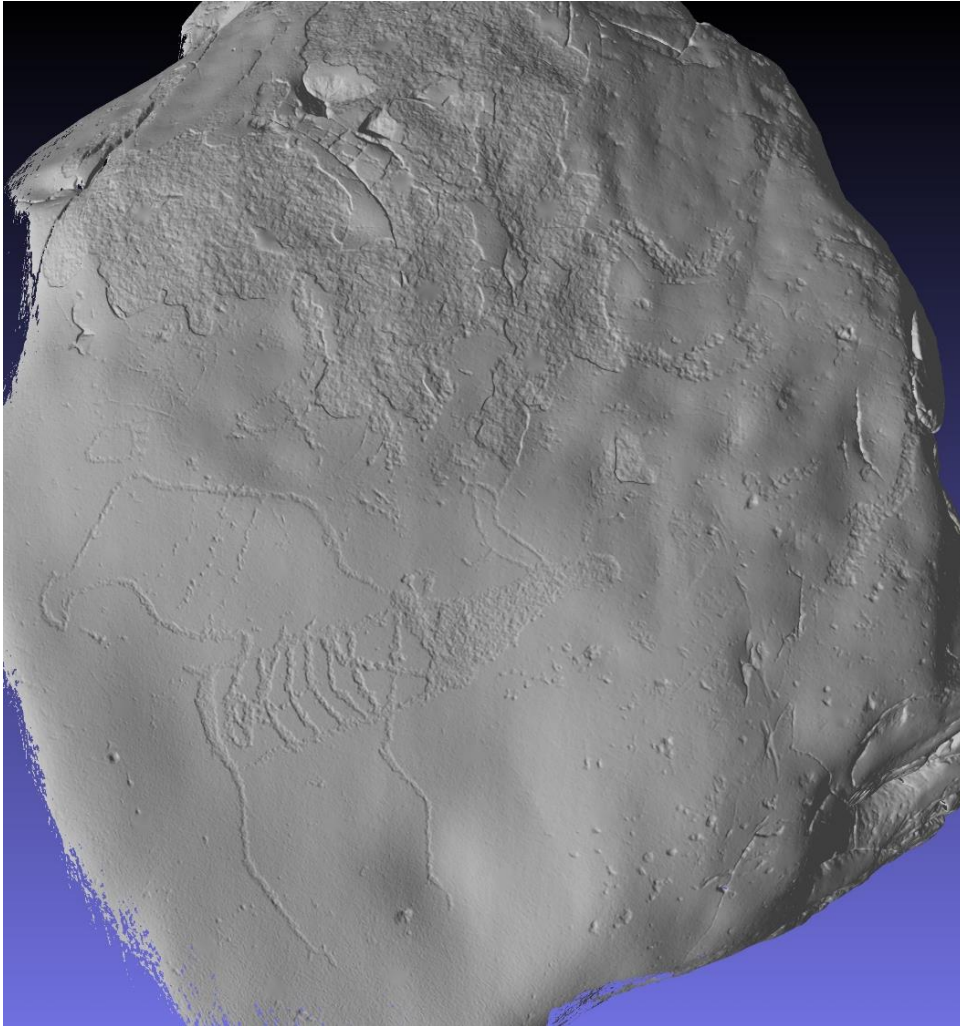
Läge	22–25 meter över havet. WGS84: N 69.951685450654, E 23.194478098528
Antal figurer och figurtyp	Komplekse jaktscener, hval, fugl, båter, reingjerder, rein samt adskillige bjørner og bjørnespor.
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2022
Kulturminnessök	Länk till ID 28486-1 (Hjemmeluft) , u.å. Hjemmeluft – Ole Pedersen, Bergkunst, u.å. [Hämtad 2022-08-08]



Figur 59. 3D-modell över en del av hällristningspanelen Hjemmeluft 28486-1. Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland 2022.

Finnmark, Alta: Isnestoften 6 ID 230593

Läge	WGS84: N 22.984467261879, E 70.138033067568
Antal figurer och figurtyp	Motivene er rein, bjørn og fire bjørnespor med antydning til klør på labbene.
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2022
Kulturminnessök	Länk till ID 230593 (Isnestoften) , u.å. Hjemmeluft – Ole Pedersen, Bergkunst, u.å. [Hämtad 2022-08-08]



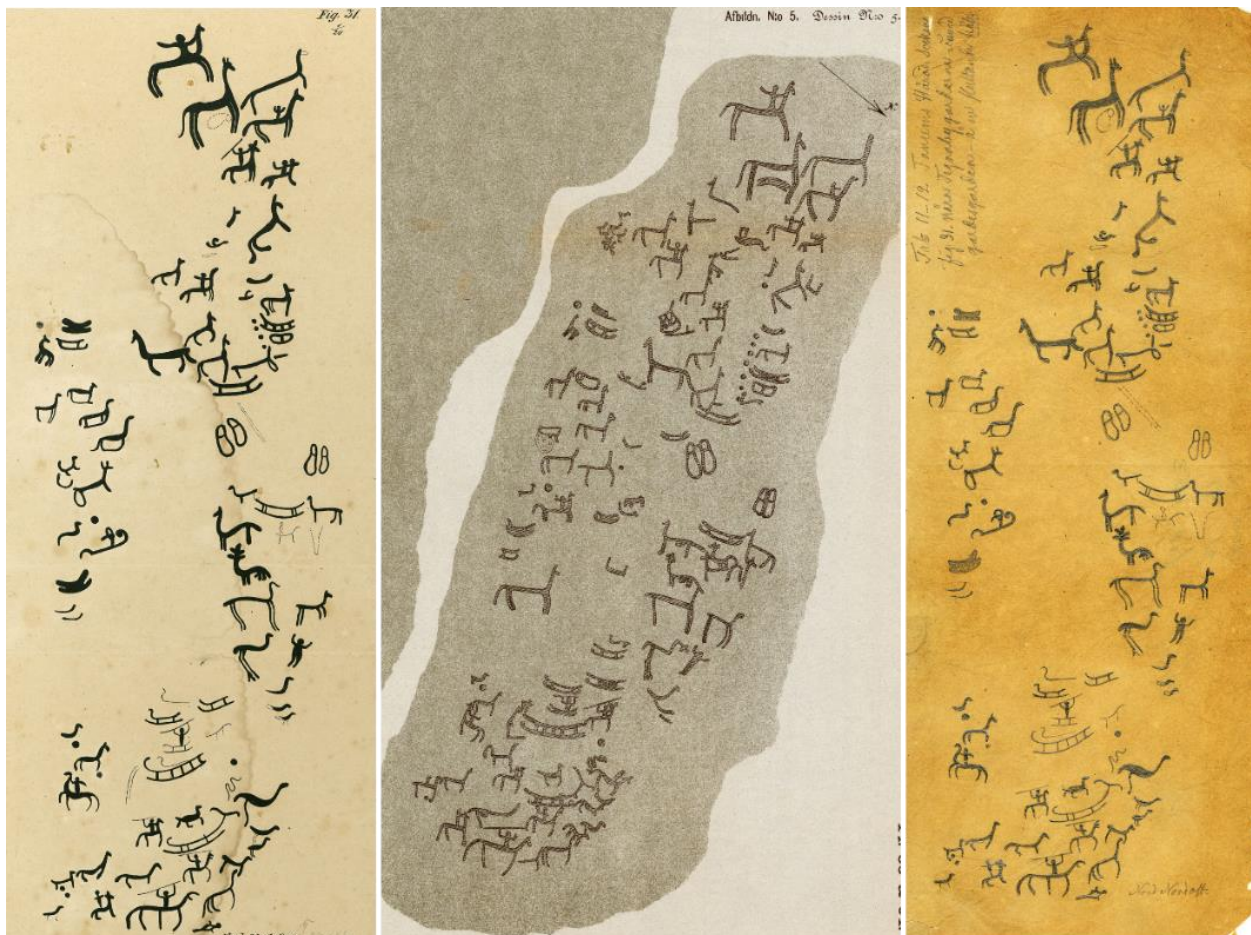
Figur 60. 3D-modell över en del av hällristningspanelen Isnestoften 6 som finns i en monter på Alta museum. Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland 2022.

3D-dokumenterade hällristningar i Sverige

Nedan redogörs för tio av de 3D-dokumenterade hällristningslokalerna i världsarvet Tanum samt en gravhäll från Sagaholmsgraven i Jönköping. Dokumentationen har genomförts från maj 2019 och fram till september 2022. Majoriteten av dokumentationen utfördes med Creaforms 3D-skanner HandyScan Black Elite med en upplösning på 1 millimeter mellan varje mätpunkt. Vissa av hällristningarna valdes ut eftersom de dokumenterats vid flertalet tillfällen sedan slutet av 1800-talet.

L1968:7849 (RAÄ-nummer Tanum 33:1)

Läge	Vid gården Tegneby. SWEREF 99 TM: N 6511462, E 287884
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1969
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 6,6x2,8 m (NÖ-SV), bestående av 21 skepp, 21 människofigurer, 59 djurfigurer, 17 fågelfigurer, 7 fotsulor, 2 årderfigurer, 2 nätfigurer, 13 obestämbara figurer, 4 avlånga figurer och 34 skålgropar. ⁸⁵
Äldsta avbildning	Avteckning: Axel Emanuel Holmberg 1848 i avhandlingen <i>Skandinaviens hällristningar</i> . ⁸⁶
Övrig dokumentation	Avteckning: Nils Månsson Mandelgren 1869; Lauritz Baltzer 1884 i boken <i>Hällristningar från Bohuslän I-II</i> , 1881–1908. Frottage: Tanums Hällristningsmuseum 2012. ⁸⁷
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2021
Kommentar 3D	I arbetet delades hällristningen in i sex mindre delar som sattes samman i 3D-skannerns programvara. Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1968:7849 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].



Figur 61. Tidigare dokumentation av L1968:7849 (Tanum 33:1). Vänster: Axel Emanuel Holmbergs teckning från 1848. Mitten: Lauritz Baltzers teckning från 1884. Höger: Nils Månsson Mandelgrens teckning från 1869. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

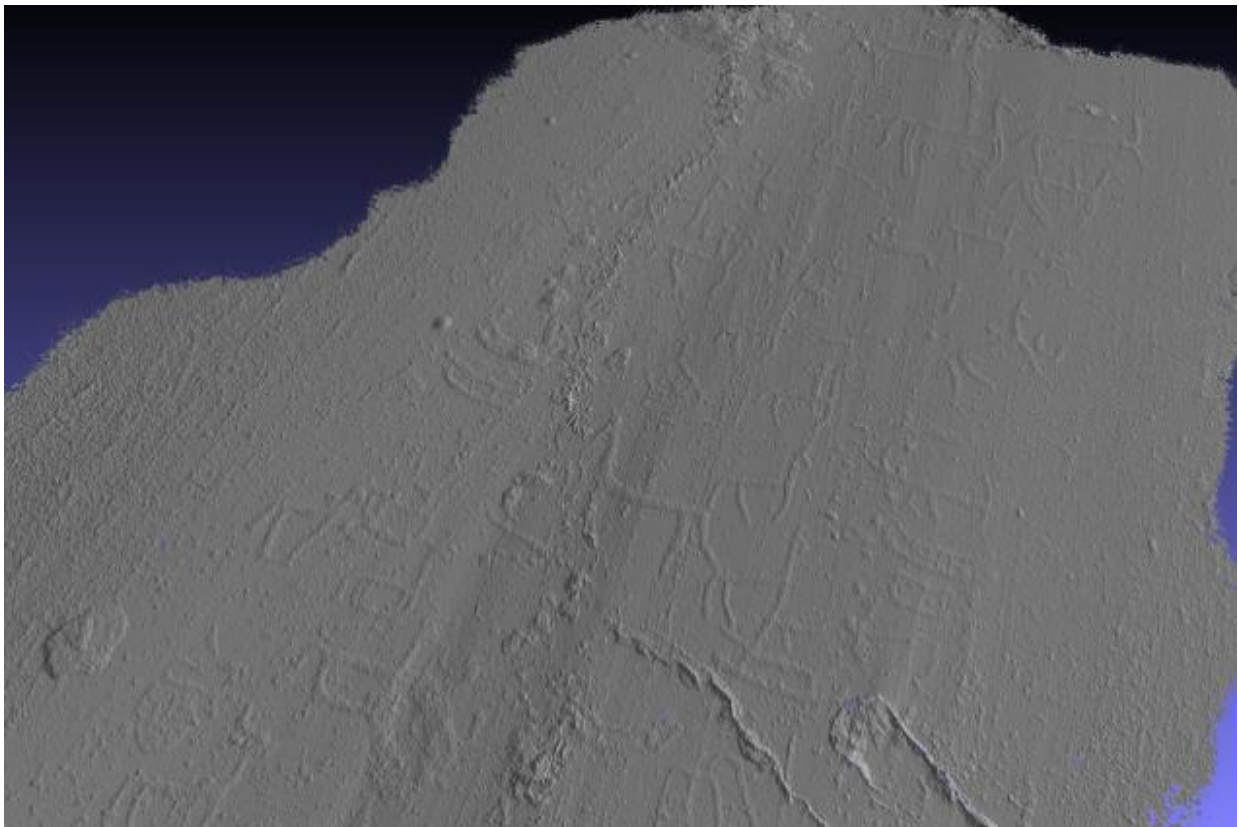
⁸⁵ RAÄ, Fornsök: L1968:7849, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

⁸⁶ SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 33:1 [Hämtad 2022-09-21].

⁸⁷ Ibid.



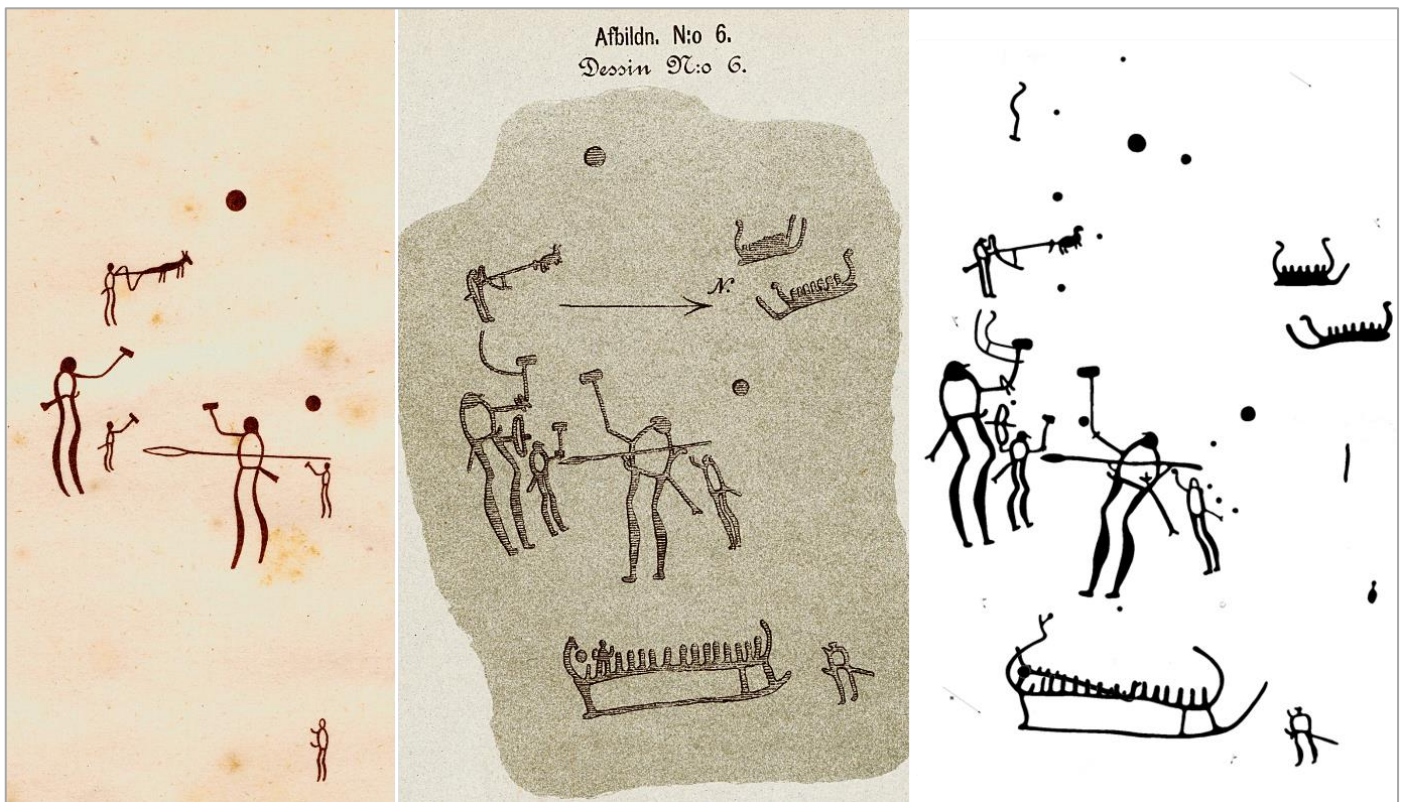
Figur 62. Vänster: foto på L1968:7849 (RAÄ-nummer Tanum 33:1), foto: Gerhard Milstreu 2011. Höger: del av frottage utfört av Tanums hällristningsmuseum 2012. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 63. 3D-modell av L1968:7849 (RAÄ-nummer Tanum 33:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021.

L1968:7768 (RAÄ-nummer Tanum 51:1)

Läge	Norr om Litsleby.SWeref 99 TM: N 6511587, E 287136
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1969
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 2,5x1,8 m (ÖNÖ-VSV), bestående av 4 skepp, varav 2 otydliga, 6 människofigurer varav en plöjare med årder och tre yxbärare samt 3 älvkvarnar. ⁸⁸
Äldsta avbildning	Avteckning: Carl Georg Brunius 1868 ⁸⁹
Övrig dokumentation	Avteckning: Lauritz Baltzer 1884 i boken <i>Hällristningar från Bohuslän I-II</i> , 1881–1908. Frottage: Tanums Hällristningsmuseum 2011 och 2019; Sören Larsen 1982. Kalkering papper: Torsten Högberg 1980. Kalkering plast: RockCare 2000. ⁹⁰
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2021
Kommentar 3D	Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1968:7768 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].

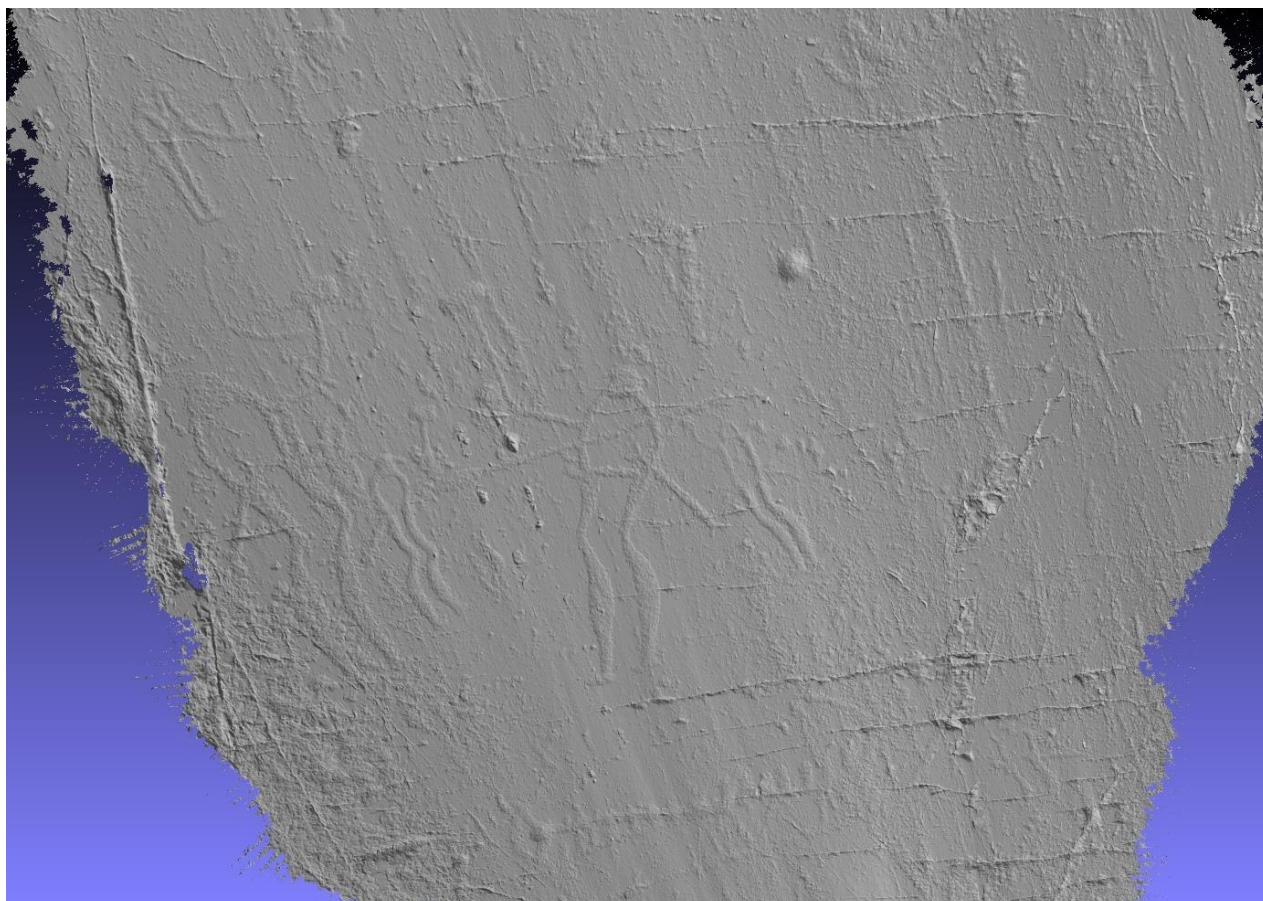


Figur 64. Tidigare dokumentation av L1968:7768 (RAÄ nr Tanum 51:1). Vänster: Carl Georg Brunius teckning från 1868. Mitten: Lauritz Baltzers teckning från 1884. Höger: frottage av Torsten Högberg 1980. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

⁸⁸ RAÄ, Fornsök: L1968:7768, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

⁸⁹ SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 51:1 [Hämtad 2022-09-21].

⁹⁰ Ibid.



Figur 65. 3D-modell av L1968:7768 (RAÄ-nummer Tanum 51:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021.

L1968:7298 (RAÄ-nummer Tanum 57:1)

Läge	NÖ om Litsleby. SWEREF 99 TM: N 6511590, E 286908
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1969
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 4.8x3 m (NNÖ-SSV), bestående av 3 skepp, 5 människofigurer, 1 ryttare med stor hand (fyrfingrad), 11 fyrfotadjur, 1 fågel, 2 ormliknande figurer, några streck och linjer samt 1 älvkvarn. ⁹¹
Äldsta avbildning	Avteckning: Lauritz Baltzer 1884 i boken <i>Hällristningar från Bohuslän I-II</i> , 1881–1908. ⁹²
Övrig dokumentation	Frottage: Rock Care 2001; Tanums Hällristningsmuseum 2004. ⁹³
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2021
Kommentar 3D	Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1968:7298 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].

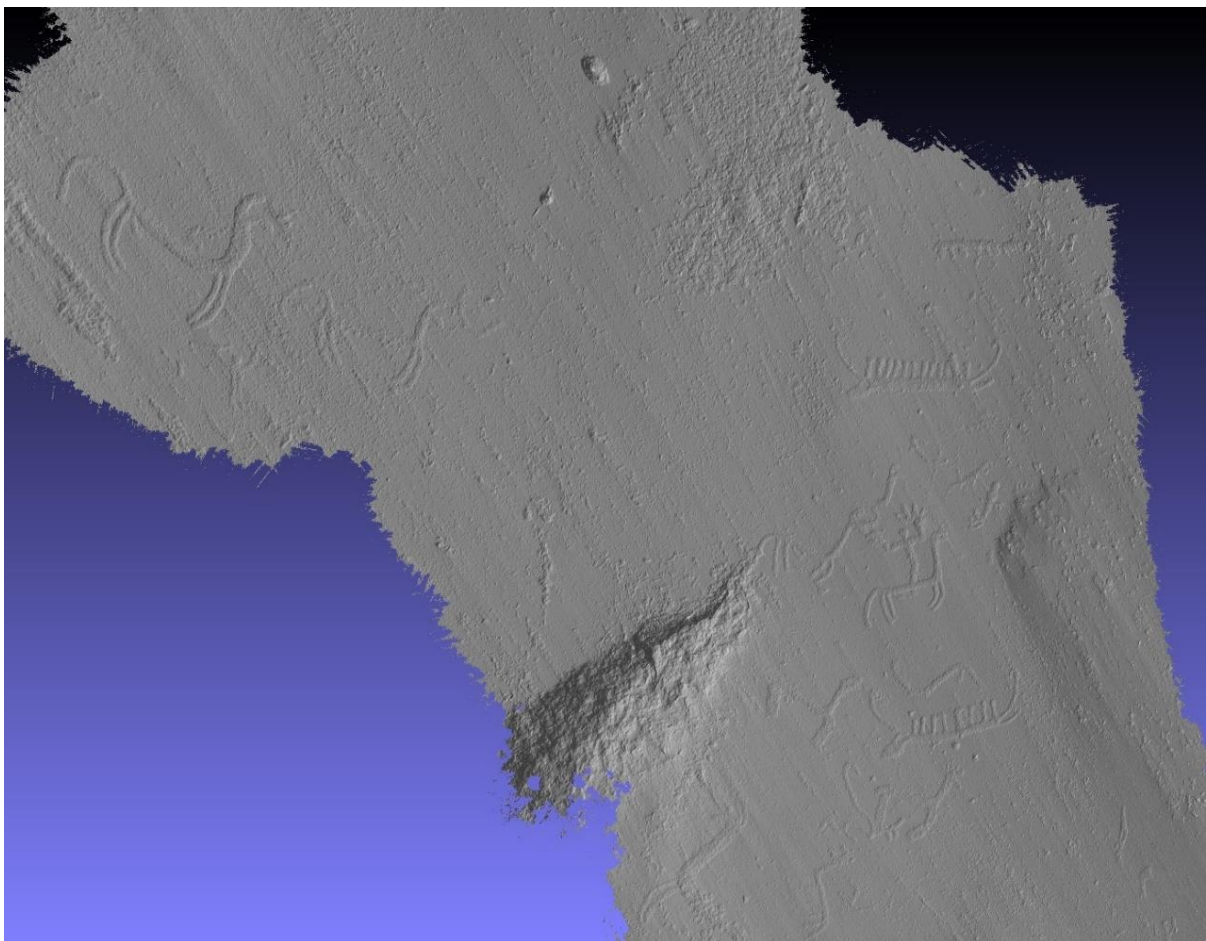
⁹¹ RAÄ, Fornsök: L1968:7298, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

⁹² SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 57:1 [Hämtad 2022-09-21].

⁹³ Ibid.



Figur 66. Tidigare dokumentation av L1968:7298 (RAÄ-nummer Tanum 57:1). Vänster: frottage utfört under Rock Care 2001. Höger: Lauritz Baltzers teckning från 1884. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 67. 3D-modell av L1968:7298 (RAÄ-nummer Tanum 57:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021.

L1968:7765 (RAÄ-nummer Tanum 76:1)

Läge	Vid gården Litsleby. SWEREF 99 TM: N 6511262, E 287042
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1969
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 5,1x2,2 m (NÖ-SV), bestående av 21 skeppsfigurer, 1 människofigur, 1 djurfigur, 1 fotsula, 1 spårstämpel, 1 slingfigur, 13 obestämbara figurer, 11 avlånga fördjupningar och 13 älvkvarnar. ⁹⁴
Äldsta avbildning	Avteckning: Axel Emanuel Holmberg 1848 i avhandlingen <i>Skandinaviens hällristningar</i> . ⁹⁵
Övrig dokumentation	Avteckning: Lauritz Baltzer 1884 i boken <i>Hällristningar från Bohuslän I-II</i> , 1881–1908. Frottage: Tanums Hällristningsmuseum 2014. Plastkalkering u.å. ⁹⁶
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2020
Kommentar 3D	I arbetet delades hällristningen in i två delar som sattes samman i 3D- skannerns programvara. Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1968:7765 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].

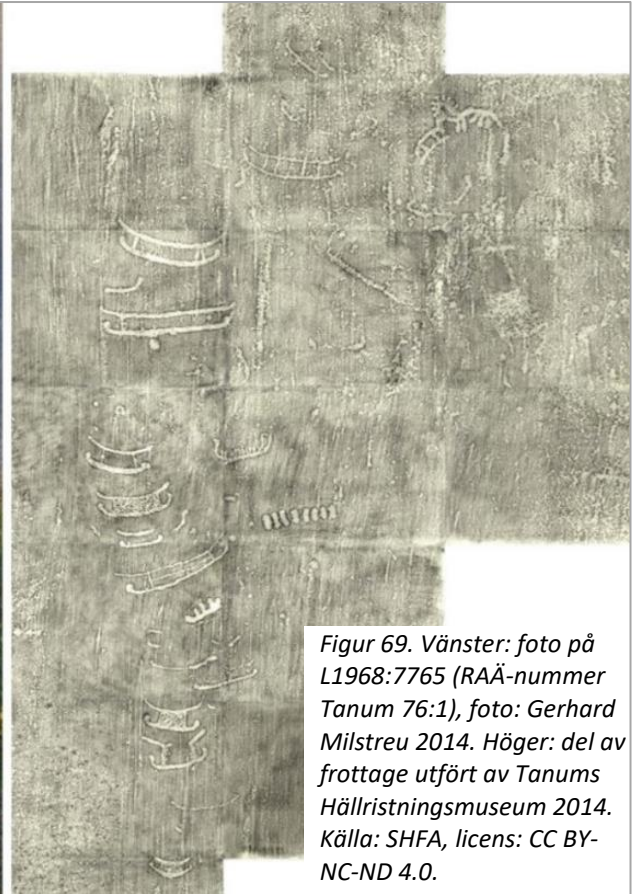


Figur 68. Tidigare dokumentation av L1968:7765 (RAÄ-nummer Tanum 76:1). Vänster: teckning av Axel Emanuel Holmberg 1848. Höger: teckning av Lauritz Baltzer 1885. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

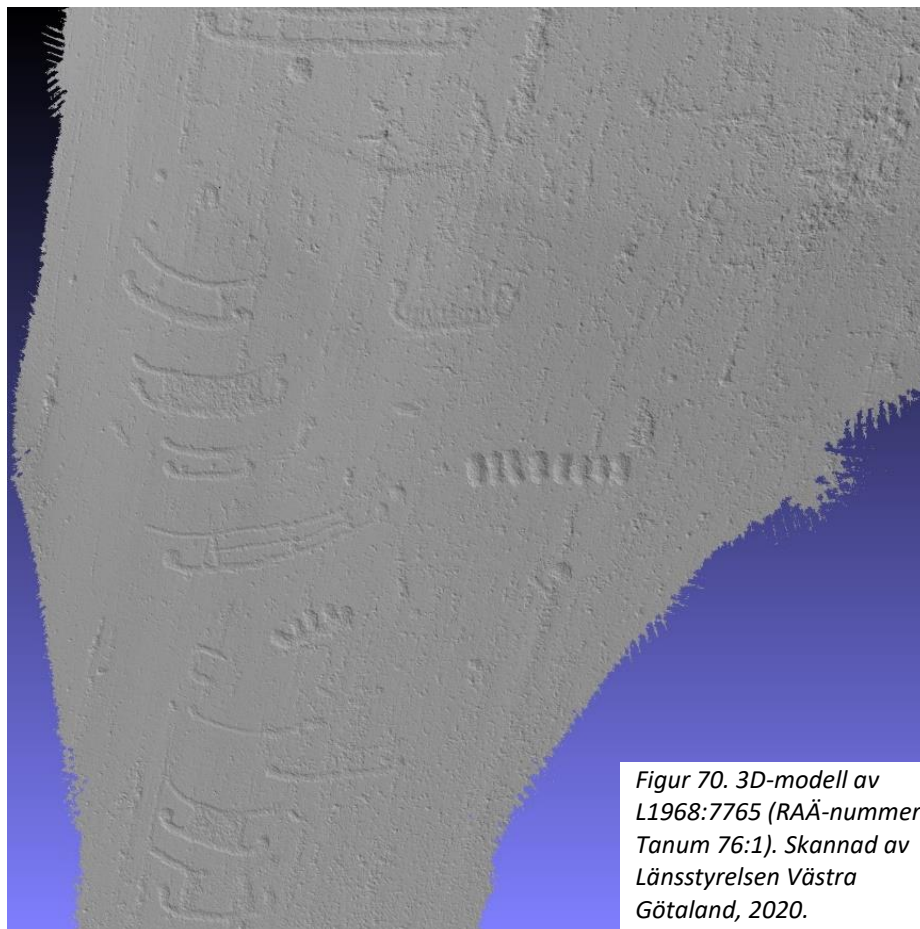
⁹⁴ RAÄ, Fornsök: L1968:7765, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

⁹⁵ SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 76:1 [Hämtad 2022-09-21].

⁹⁶ Ibid.



Figur 69. Vänster: foto på L1968:7765 (RAÄ-nummer Tanum 76:1), foto: Gerhard Milstreu 2014. Höger: del av frottage utfört av Tanums Hällristningsmuseum 2014. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 70. 3D-modell av L1968:7765 (RAÄ-nummer Tanum 76:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland, 2020.

L1968:7613 (RAÄ-nummer Tanum 81:1)

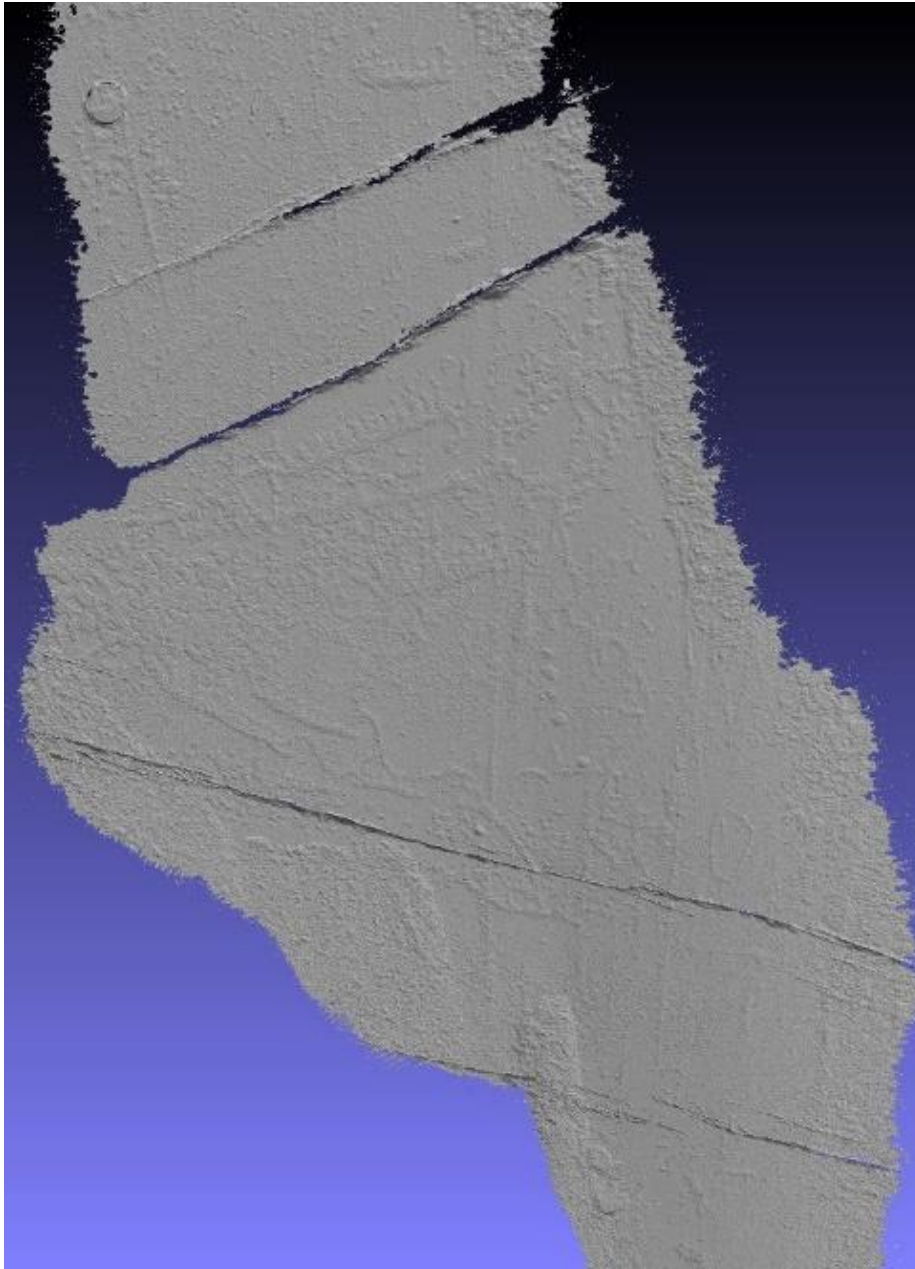
Läge	Vid Smedtorpet. SWEREF 99 TM: N 6511078, E 287322
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1969
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 3.3x1.6 m (NÖ-SV), bestående av 7 skepp, 3 människofigurer, 3 djurfigurer, 2 fotsulor (e.v 3), ett par inristade linjer samt 6 älvkvarnar. ⁹⁷
Övrig dokumentation	Plastkalkering 2000, Tanums Hällristningsmuseum. ⁹⁸
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2021
Kommentar 3D	Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1968:7613 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].



Figur 71. Tidigare dokumentation av L1968:7613 (RAÄ-nummer Tanum 81:1) Vänster: foto på, foto: Gerhard Milstreu 2004. Höger: plastkalkering utförd 2000 i samband med RockCare-projektet. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

⁹⁷ RAÄ, Fornsök: L1968:7613, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

⁹⁸ SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 81:1 [Hämtad 2022-09-21].



Figur 72. 3D-modell av L1968:7613 (RAÄ-nummer Tanum 81:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021.

L1968:7344 (RAÄ-nummer Tanum 94:1)

Läge	Vid Finntorp. SWEREF 99 TM: N 6513126, E 287160
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1969
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 1.6x1.6 m (NÖ-SV), bestående av 1 skepp, 7 människofigurer, 11 parallellt placerade streck och 1 älvkvarn. Skeppet är 130 cm lång. ⁹⁹
Äldsta avbildning	Frottage: Torsten Högberg 1985 för Vitlycke museum. ¹⁰⁰
Övrig dokumentation	Frottage: RANE 2004-2003; Tanums hällristningsmuseum 2005. ¹⁰¹

⁹⁹ RAÄ, Fornsök: L1968:7344, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

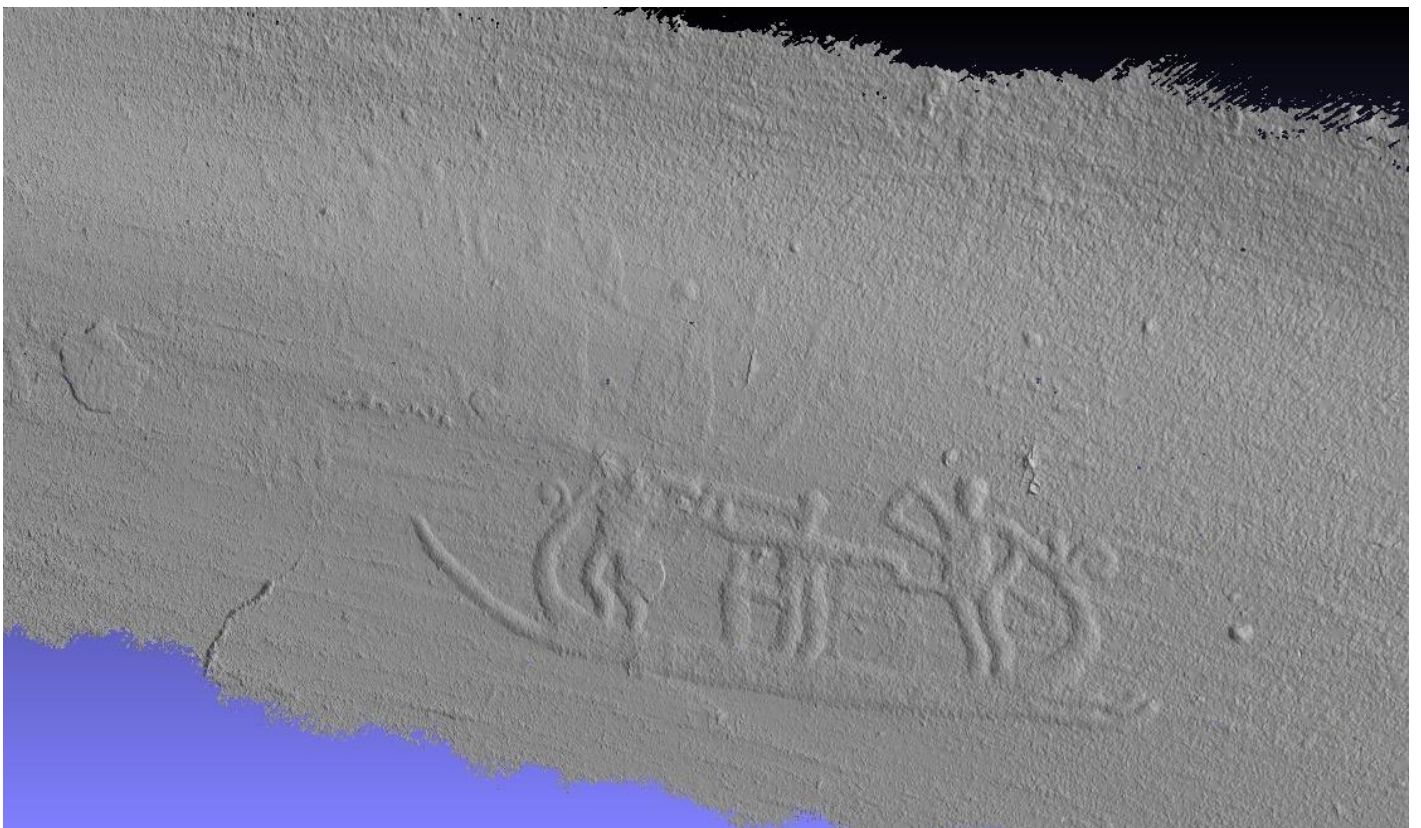
¹⁰⁰ SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 94:1 [Hämtad 2022-09-21].

¹⁰¹ Ibid.

3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2020
Kommentar 3D	Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1968:7344 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].



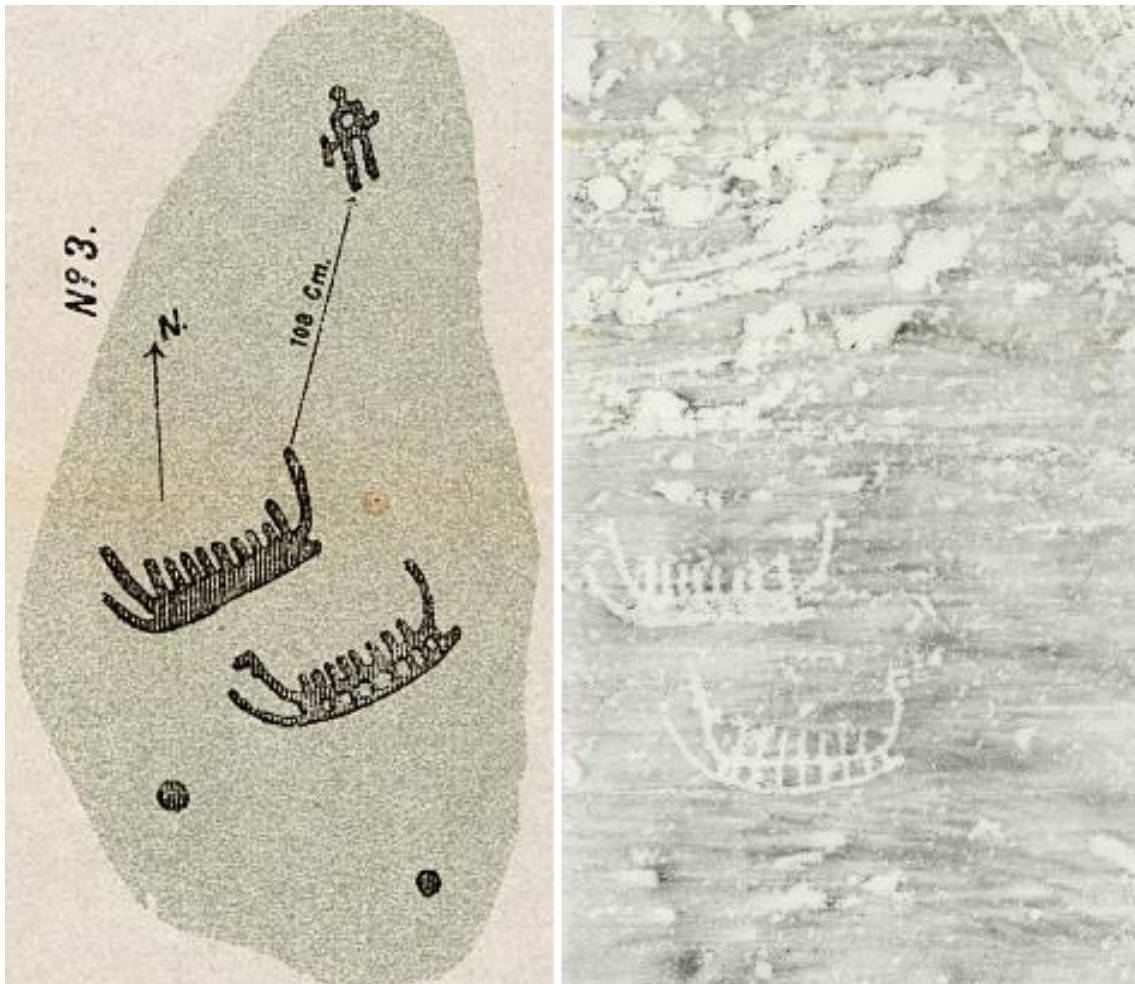
Figur 73. Frottage över L1968:7344 (RAÄ-nummer Tanum 94:1) av Torsten Högberg 1985. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 74. 3D-modell av L1968:7344 (RAÄ-nummer Tanum 94:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021.

L1968:7397 (RAÄ-nummer Tanum 163:1)

Läge	NÖ om Tanums satellitstation, Ö om E6. SWEREF 99 TM: N 6513158, E 290267
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1971
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 3.0x2.5 m (NNV-SSÖ), bestående av 4 skepp, 1 människofigur och 5 Älvkvarnar. ¹⁰²
Äldsta avbildning	Avteckning: Lauritz Baltzer 1889 i boken <i>Hällristningar från Bohuslän I-II</i> , 1881–1908. ¹⁰³
Övrig dokumentation	Frottage: Torsten Högberg 1979 för Vitlycke museum. ¹⁰⁴
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2020
Kommentar 3D	I arbetet delades hällristningen in i två delar som sattes samman i 3D- skannerns programvara. Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1968:7397 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].

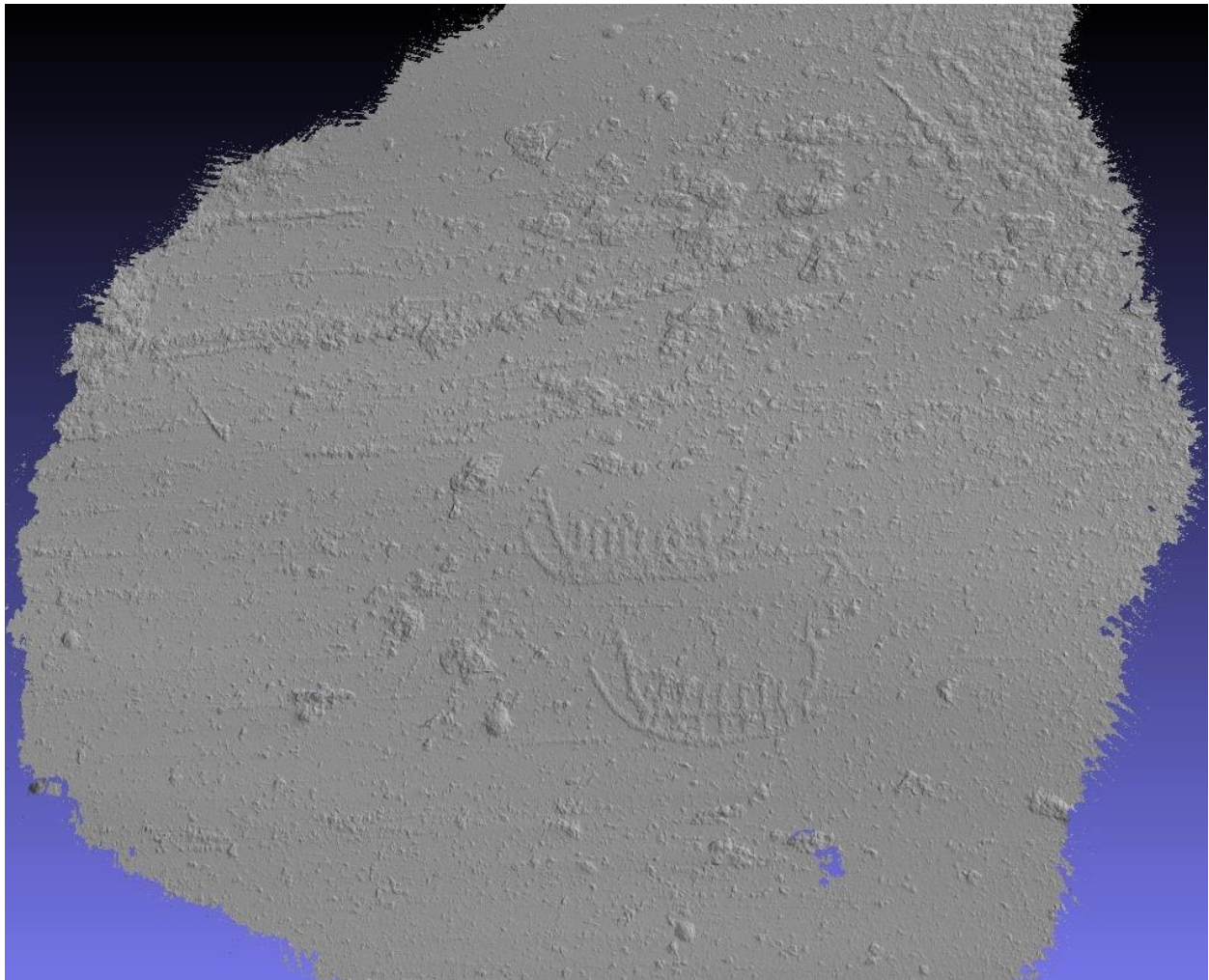


Figur 75. Tidigare dokumentation av L1968:7397 (RAÄ-nummer Tanum 163:1). Vänster: teckning av Lauritz Baltzer från 1889. Höger: del av Torsten Högbergs frottage från 1979. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

¹⁰² RAÄ, Fornsök: L1968:7397, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

¹⁰³ SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 163:1 [Hämtad 2022-09-21].

¹⁰⁴ Ibid.



Figur 76. 3D-modell av L1968:7397 (RAÄ-nummer Tanum 163:1). Källa: Länsstyrelsen Västra Götaland, 2020.

L1967:2585 (RAÄ-nummer Tanum 224:1)

Läge	Vid gården Haga söder om torpet Spräckelbäck. SWEREF 99 TM: N 6509397, E 288254
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1982
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 1.09x0.35 m (VNV-ÖSÖ), bestående av 1 skeppsstäv och 1 människofigur. ¹⁰⁵
Äldsta avbildning	Avteckning: Lauritz Baltzer 1886 i boken <i>Hällristningar från Bohuslän I-II, 1881–1908</i> . ¹⁰⁶
Övrig dokumentation	Frottage: Tanums Hällristningsmuseum 2005, ¹⁰⁷
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2019
Kommentar 3D	Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1967:2585 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].

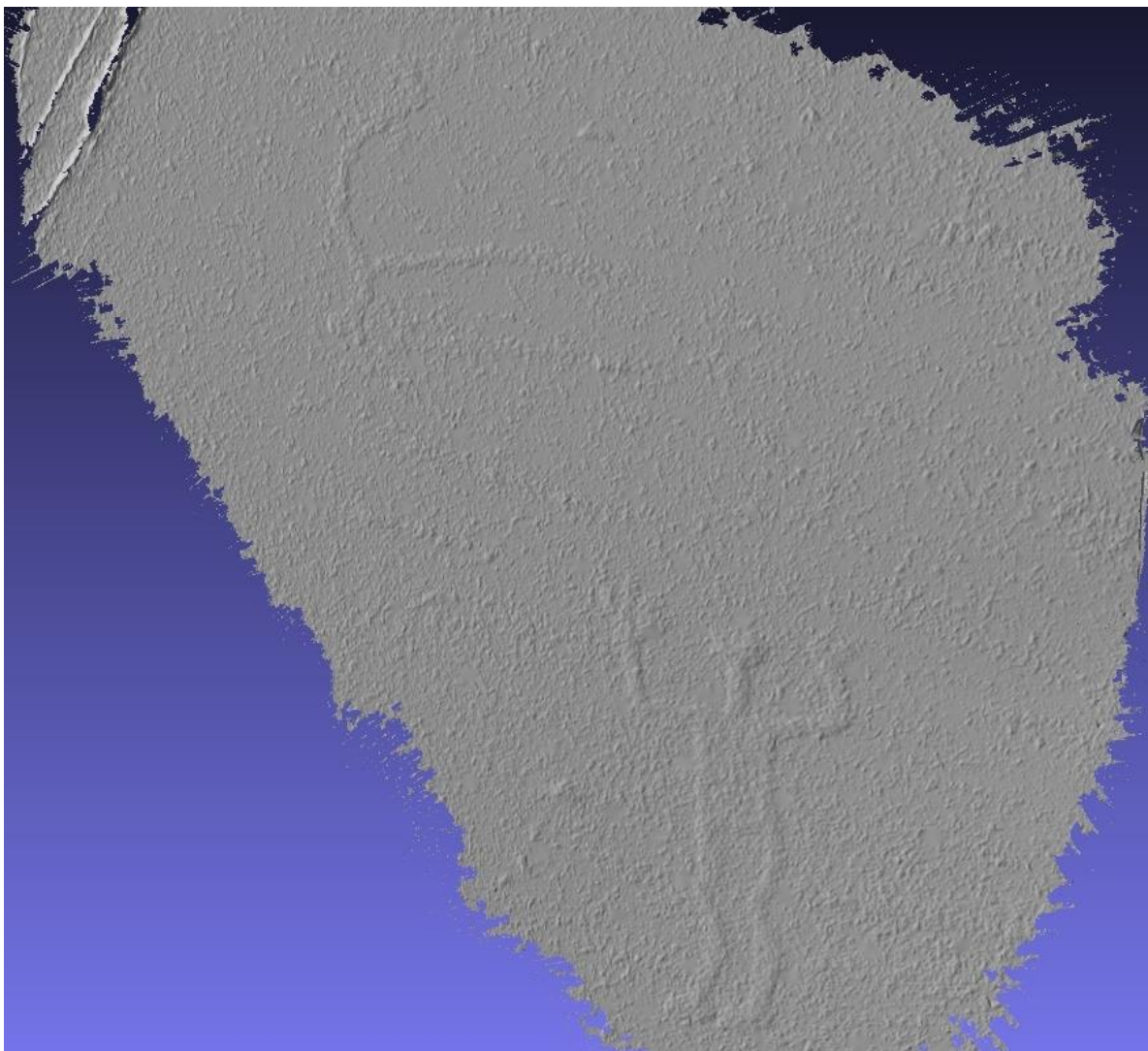
¹⁰⁵ RAÄ, Fornsök: L1967:2585, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

¹⁰⁶ SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 224:1 [Hämtad 2022-09-21].

¹⁰⁷ Ibid.



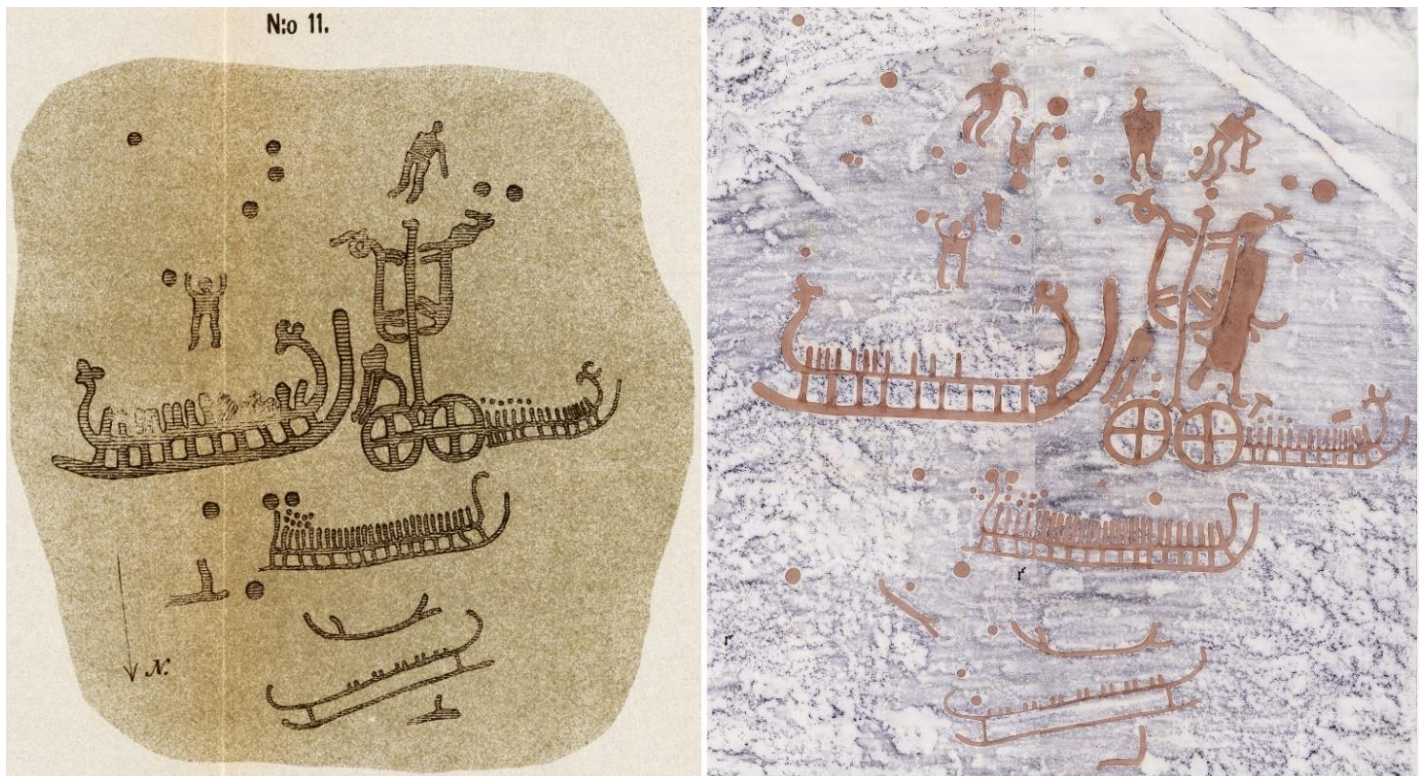
Figur 77. Tidigare dokumentation av L1967:2585 (RAÄ-nummer Tanum 224:1). Vänster: teckning av Lauritz Baltzer från 1886. Mitten: del av frottage, utfört 2005 av Tanums Hällristningsmuseum. Höger: foto på Tanum 224:1, taget av Gerhard Milstreu 2005. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 78. 3D-modell av L1967:2585 (RAÄ-nummer Tanum 224:1). Källa: Länsstyrelsen Västra Götaland, 2019.

L1967:2639 (RAÄ-nummer Tanum 225:1)

Läge	SÖ om Smedtorpet. SWEREF 99 TM: N 6509330, E 291241
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1969
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 4.10x2.10 m (N-S), bestående av 7 skepp, 8 människofigurer, 2 djurfigurer, 4 stävliknande figurer, 1 tvåhjulig vagn, 1 fotsula, 1 halvmåneformad figur, minst 54 älvkvarnar samt en del otydliga figurer. ¹⁰⁸
Äldsta avbildning	Avteckning: Lauritz Baltzer 1886 i boken <i>Hällristningar från Bohuslän I-II</i> , 1881–1908. ¹⁰⁹
Övrig dokumentation	Foto: Bertil Almgren 1955. Frottage: Torsten Högberg för Vitlycke museum 1983. Papperskalkering: Torsten Högberg för Vitlycke museum, u.å. ¹¹⁰
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2020
Kommentar 3D	I arbetet delades hällristningen in i 2 delar som sattes samman i 3D- skannerns programvara. Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1967:2639 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].

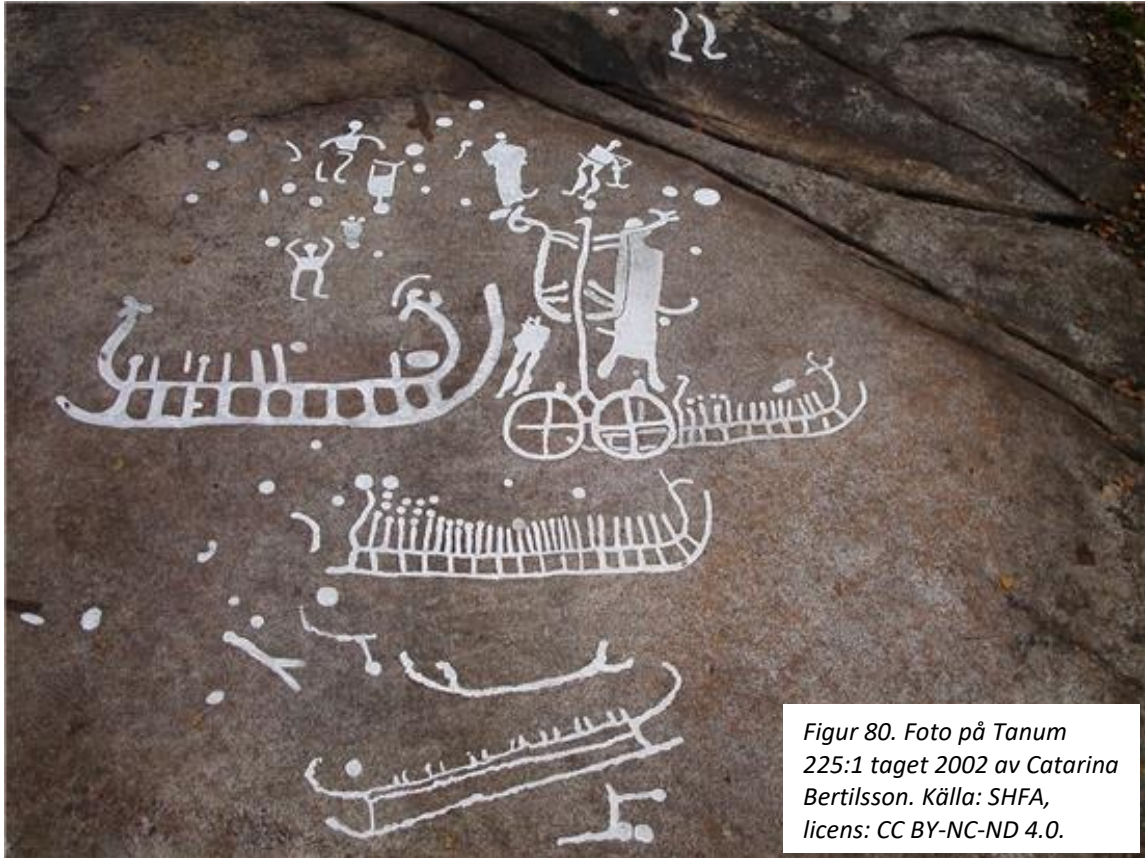


Figur 79. Tidigare dokumentation av L1967:2639 (RAÄ-nummer Tanum 225:1). Vänster: Teckning av Lauritz Baltzer, 1886. Höger: frottage utfört av Torsten Högberg 1983. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

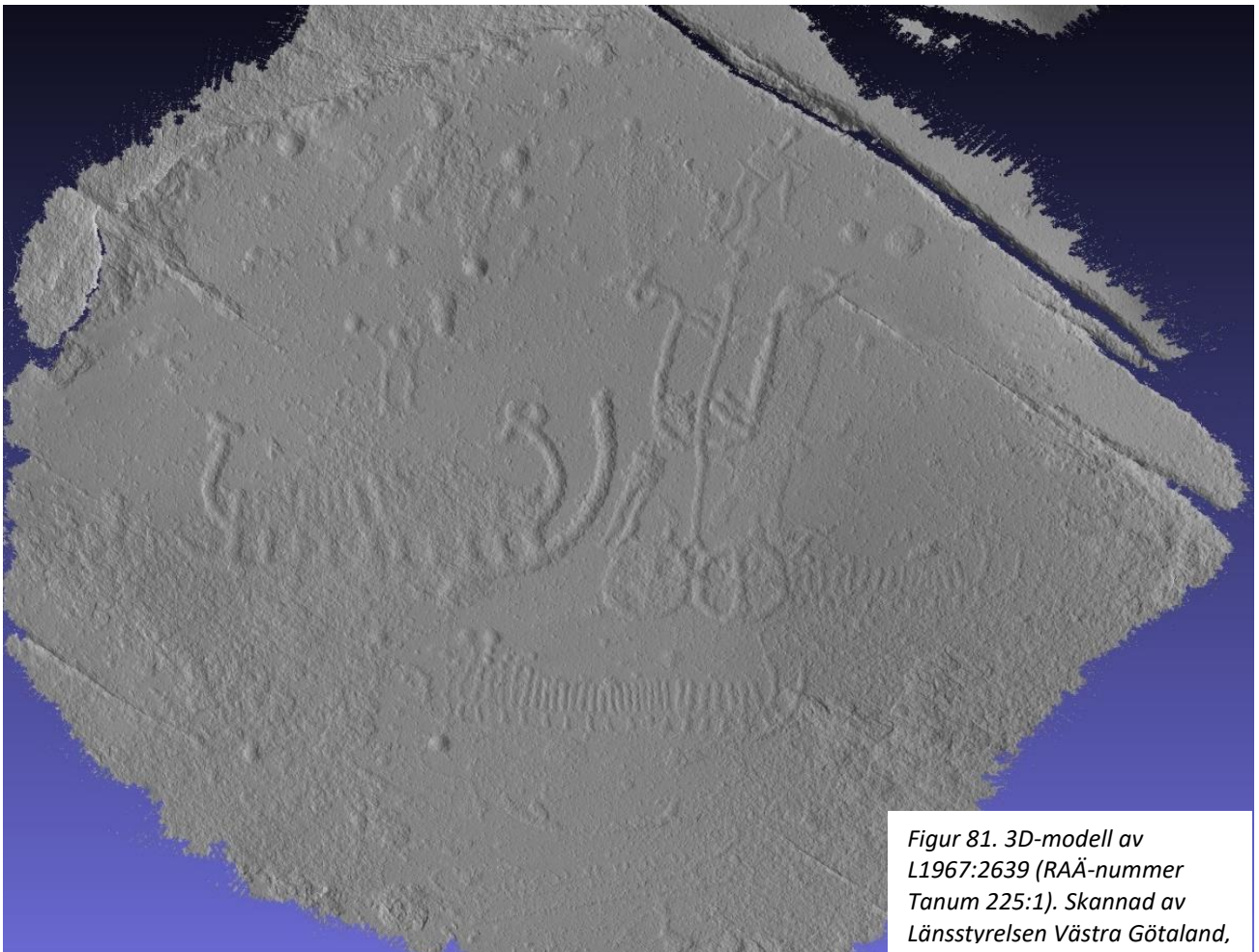
¹⁰⁸ RAÄ, Fornsök: L1967:2639, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

¹⁰⁹ SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 225:1 [Hämtad 2022-09-21].

¹¹⁰ Ibid.



Figur 80. Foto på Tanum 225:1 taget 2002 av Catarina Bertilsson. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 81. 3D-modell av L1967:2639 (RAÄ-nummer Tanum 225:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland,

L1967:2712 (RAÄ-nummer Tanum 226:1)

Läge	NÖ om gården Hovtorp. SWEREF 99 TM: N 6510170, E 290960
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1971
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 3,1x1,15 m (NNV-SSÖ), bestående av 7 skepp, 3 fotsulor, några otydliga figurer (stävar) samt 25 älvkvarnar. Dessutom finns några otydliga figurer (stävar?). ¹¹¹
Äldsta avbildning	Foto: Nils Niklasson 1937. ¹¹²
Övrig dokumentation	Frottage: Torsten Högberg för Vitlycke museum 1983 ¹¹³
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2020 och 2021
Kommentar 3D	I arbetet delades hällristningen in i 11 delar som sattes samman i 3D- skannerns programvara. Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1967:2712 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].

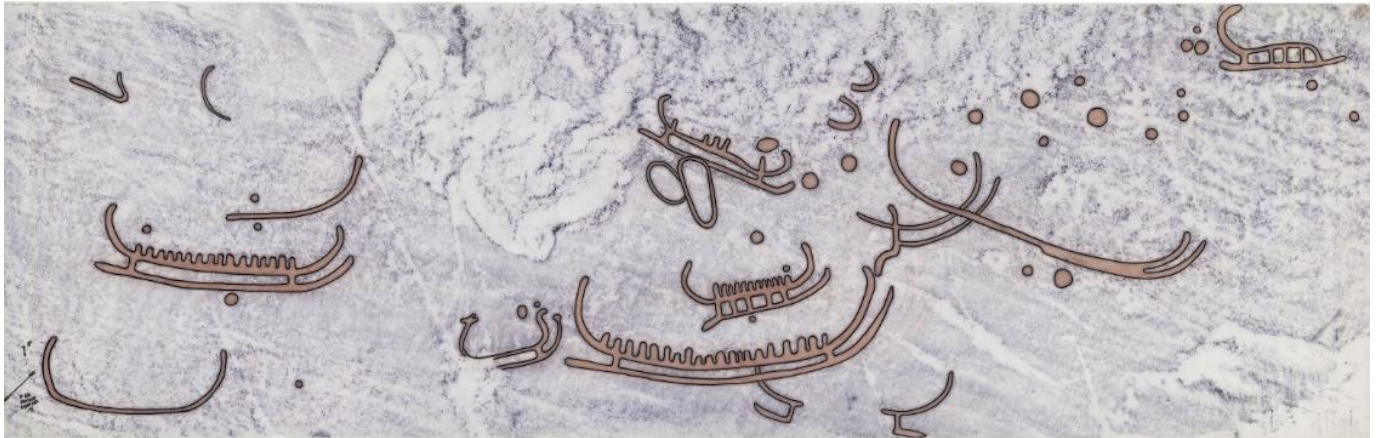


Figur 82. Foto på L1967:2712 (RAÄ-nummer Tanum 226:1) taget av Nils Niklasson 1937. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

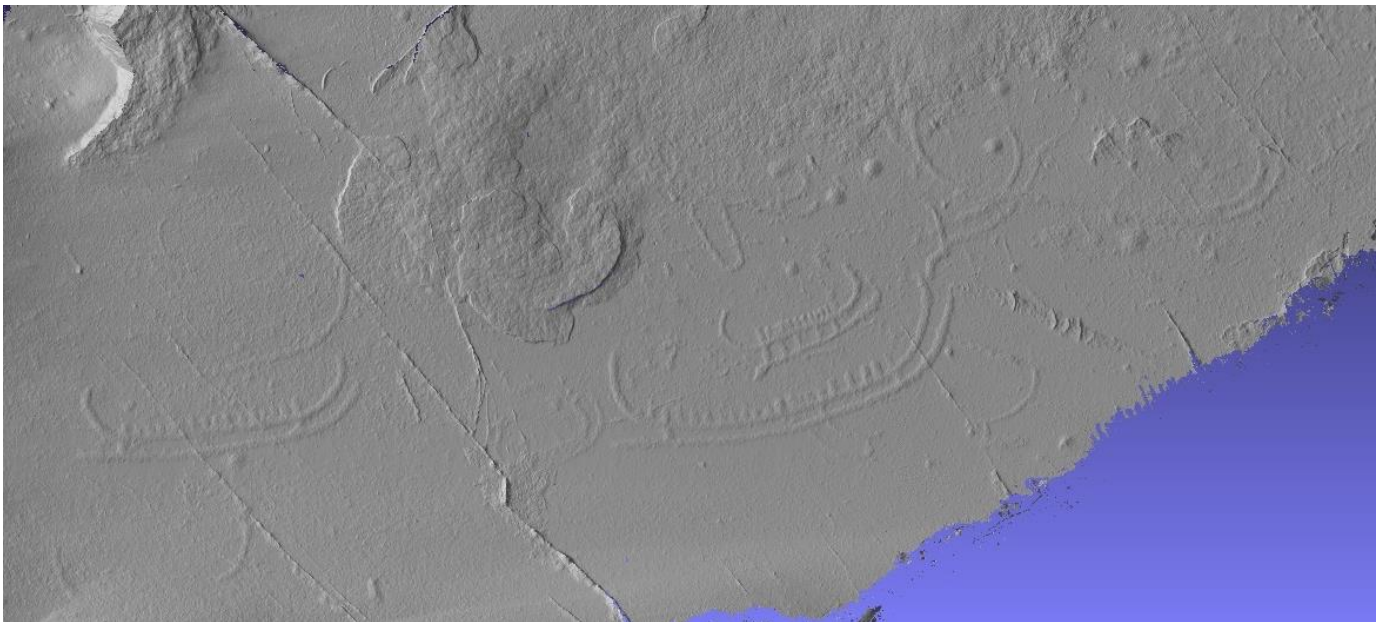
¹¹¹ RAÄ, Fornsök: L1967:2712, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

¹¹² SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 224:1 [Hämtad 2022-09-21].

¹¹³ Ibid.



Figur 83. Frottage över Tanum 226:1 utfört av Torsten Höberg, 1983. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 84. 3D-modell av L1967:2712 (RAÄ-nummer Tanum 226:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021.

L1967:2715 (RAÄ-nummer Tanum 232:1)

Läge	NÖ om gården Hovtorp. SWEREF 99 TM: N 6509520, E 288487
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1971
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 6x2 m (N-S), bestående av 5 skepp, 1 stegliknande figur (Skepp?) och 16 älvkvarnar. ¹¹⁴
Äldsta avbildning	Foto: Nils Niklasson 1937. ¹¹⁵
Övrig dokumentation	Frottage: Tanums Hällristningsmuseum 2011. ¹¹⁶
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2021
Kommentar 3D	Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1967:2715 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].

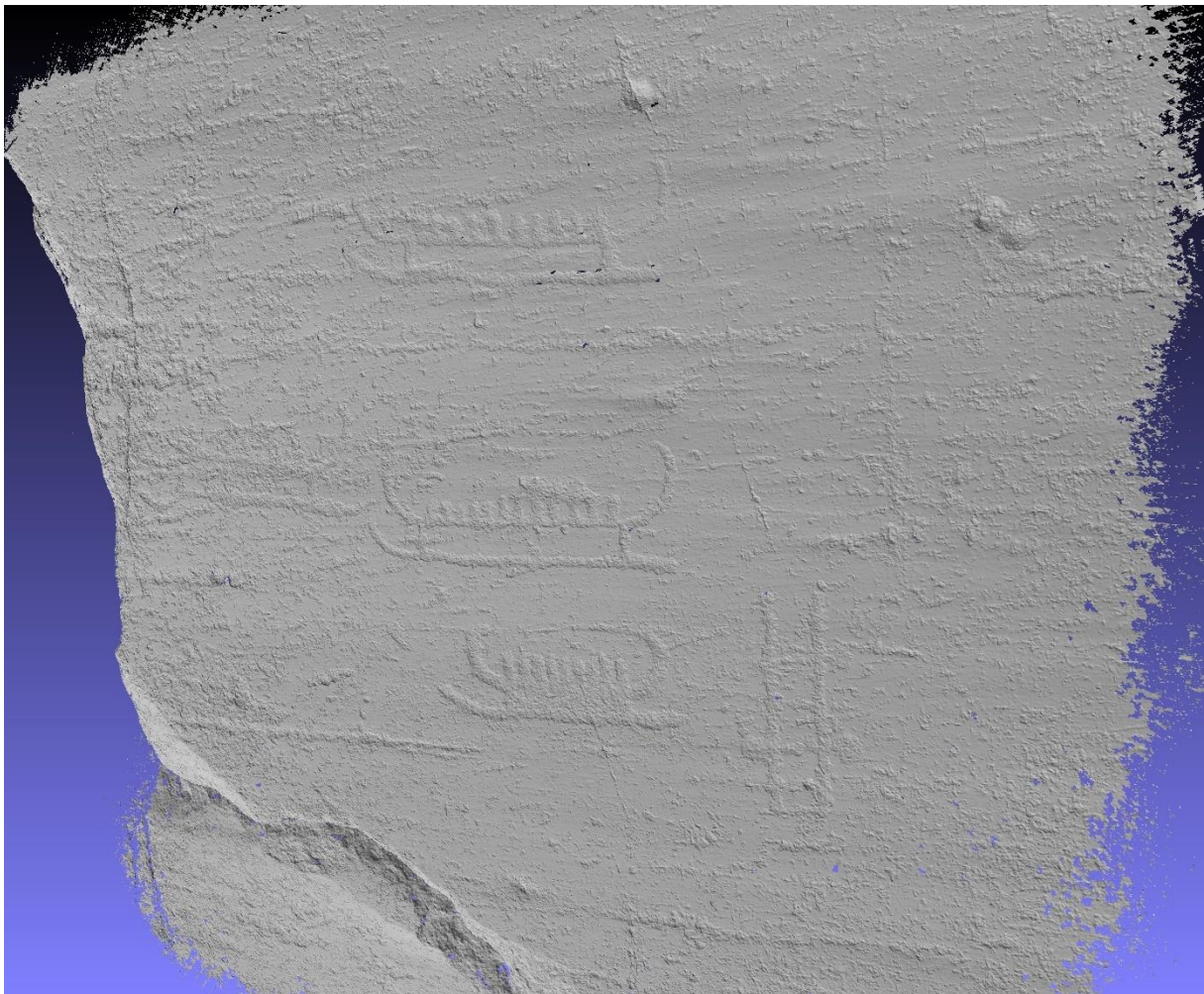
¹¹⁴ RAÄ, Fornsök: L1967:2715, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

¹¹⁵ SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 232:1 [Hämtad 2022-09-21].

¹¹⁶ Ibid.



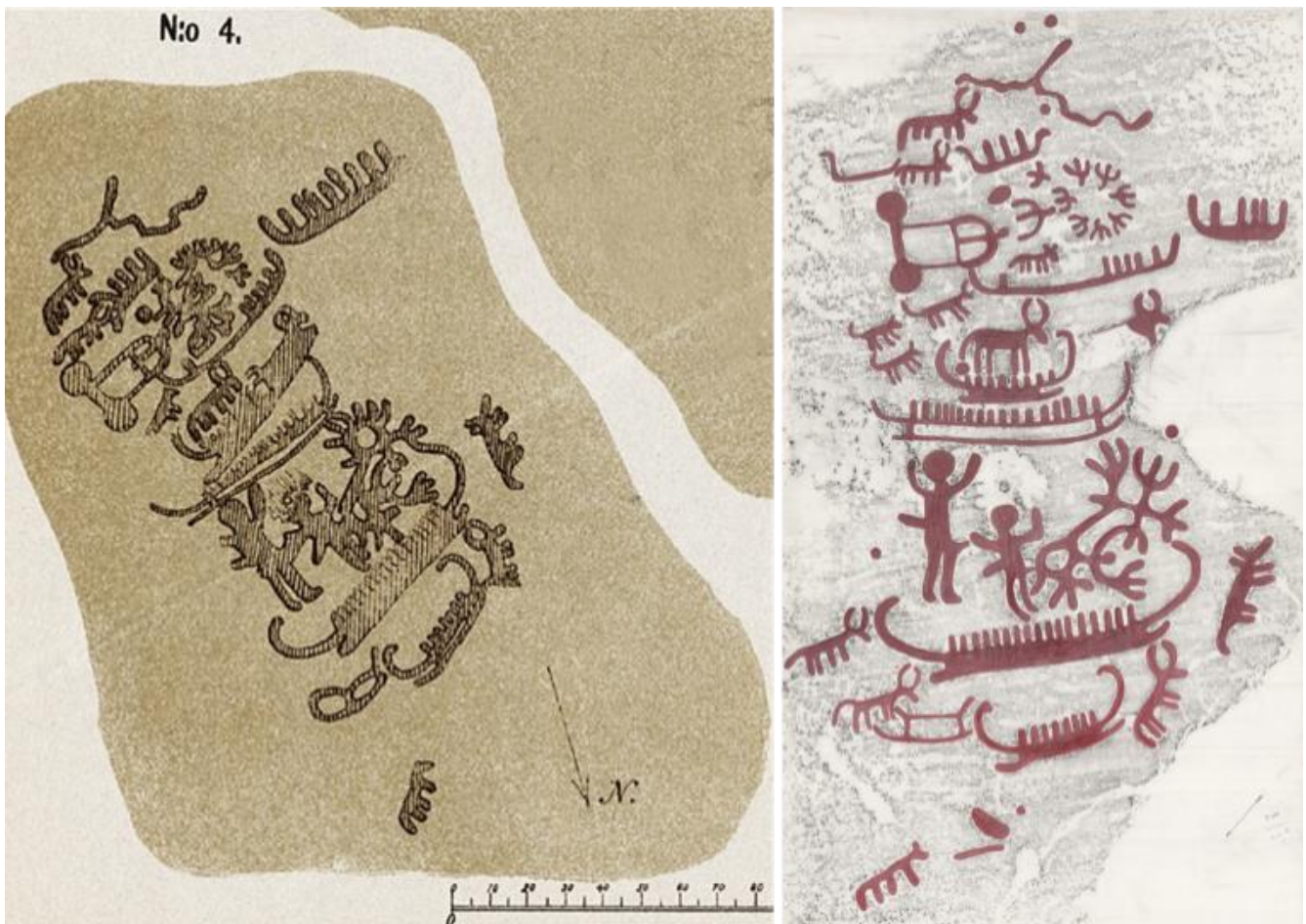
Figur 85. Vänster: foto på L1967:2715 (RAÄ-nummer Tanum 232:1) taget av Gerhard Milstreu 2005. Höger: frottage utfört av Tanums Hällristningsmuseum 2011. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 86. 3D-modell av L1967:2715 (RAÄ-nummer Tanum 232:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland, 2021.

L1967:2492 (RAÄ-nummer Tanum 304:1)

Läge	NÖ om gården Lilla Gerum. SWEREF 99 TM: N 6511790, E 288586
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1970
Beskrivning från Fornsök	Hällristning, 1.85 x 0.95 m (NV-SÖ), bestående av 7 skepp, minst 2 människofigurer, 7 fyrfotadjur och 2 obestämbara figurer. ¹¹⁷
Äldsta avbildning	Avteckning: Lauritz Baltzer 1886 i boken <i>Hällristningar från Bohuslän I-II</i> , 1881–1908. ¹¹⁸
Övrig dokumentation	Frottage: Torsten Högberg för Vitlycke museum 1984. Papperskalkering: Torsten Högberg för Vitlycke museum, u.å. ¹¹⁹
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2020
Kommentar 3D	I arbetet delades hällristningen in i två delar som sattes samman i 3D-skannerns programvara. Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1967:2492 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].

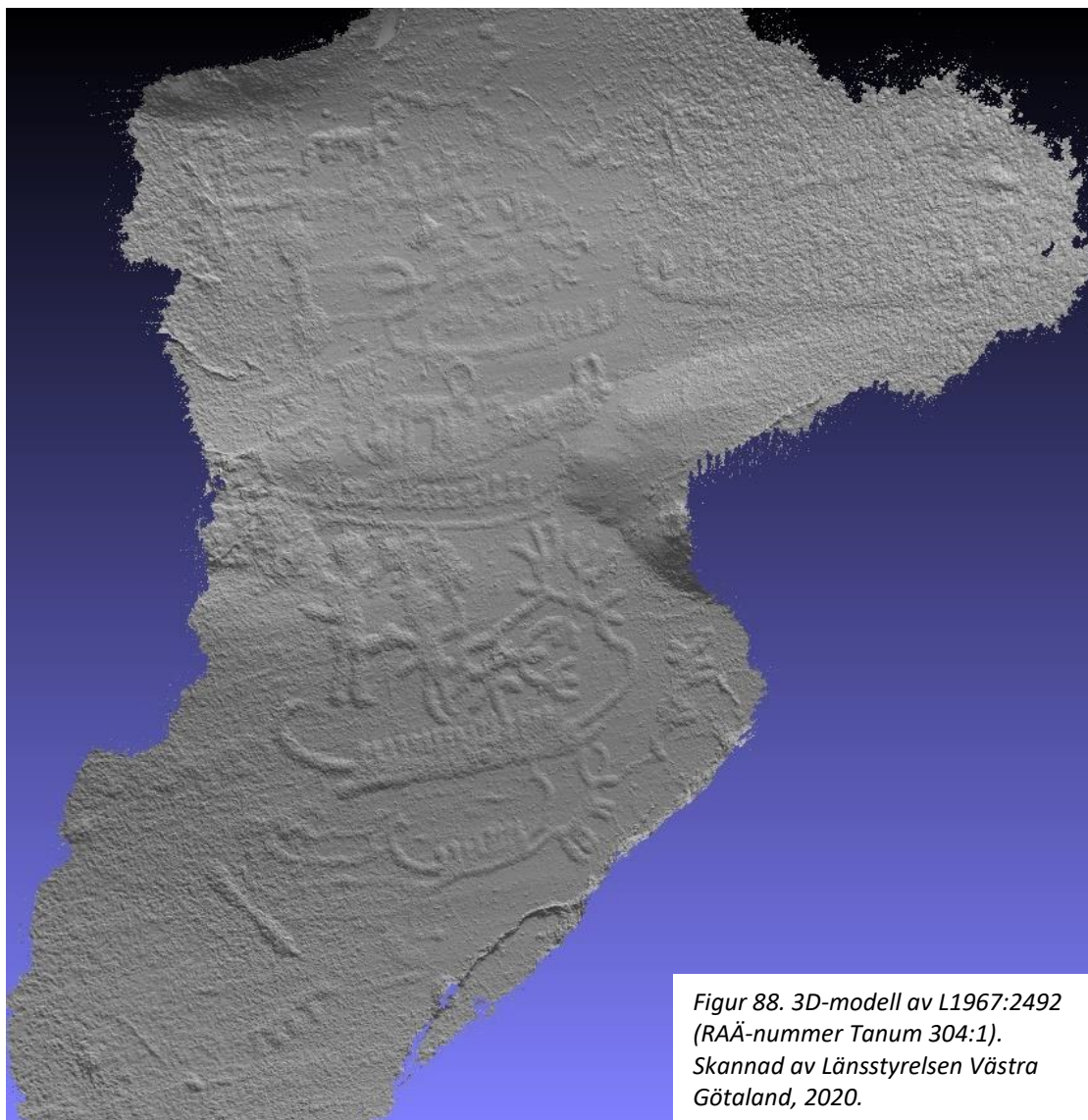


Figur 87. Tidigare dokumentation av L1967:2492 (RAÄ-nummer Tanum 304:1). Vänster: teckning av Lauritz Baltzer, 1886. Höger: Frottage av Torsten Högberg 1984. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

¹¹⁷ RAÄ, Fornsök: L1967:2492, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

¹¹⁸ SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 304:1 [Hämtad 2022-09-21].

¹¹⁹ Ibid.



Figur 88. 3D-modell av L1967:2492 (RAÄ-nummer Tanum 304:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland, 2020.

L1967:2632 (RAÄ-nummer Tanum 325:1)

Läge	Vid Lövåsen väster om gården Kyrkoryk. SWEREF 99 TM: N 6510462, E 288659
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1970
Beskrivning från Forsök	Hällristning, 9x7 m (ÖNÖ-VSV), bestående av ca 52 skepp, ca 25 människofigurer, 1 ben, 2 fotsulor, 10 djurfigurer, 1 hjulkors med handtag, 1 trädfigur, 100 obestämbara figurer och 10 älvkvarnar. ¹²⁰
Äldsta avbildning	Avteckning: Axel Emanuel Holmberg 1848 i avhandlingen <i>Skandinaviens hällristningar</i> . ¹²¹
Övrig dokumentation	Avteckning: Lauritz Baltzer 1884 i boken <i>Hällristningar från Bohuslän I-II</i> , 1881–1908; Nils Månsson Mandelgren 1886. Frottage: Torsten Högberg för Vitlycke museum 1983; Tanums hällristningsmuseum 2010. ¹²²

¹²⁰ RAÄ, Forsök: L1967:2715, 2018 [Hämtad 2022-02-16].

¹²¹ SHFA, u.å. RAÄ-nr sök: Tanum 232:1 [Hämtad 2022-09-21].

¹²² Ibid.

3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2020
Kommentar 3D	Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1967:2632 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].



Figur 89. Tidigare dokumentation av L1967:2632 (RAÄ-nummer Tanum 325:1). Vänster: teckning av Axel Emanuel Holmberg, 1884. Höger: teckning av Lauritz Baltzer, 1886. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 90. Vänster: foto på L1967:2632 (RAÄ-nummer Tanum 325:1) taget av Tanums Hällristningsmuseum 2008. Höger: del av frottage utfört av Tanums Hällristningsmuseum 2010. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 91. 3D-modell av del av L1967:2632 (RAÄ-nummer Tanum 325:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland, 2020.

L1973:2788 (RAÄ nr Jönköping 20:1) häll nummer 30 i Sagaholmsgraven

Läge	Hittades vid SWEREF 99 TM: N 6400767, E 450731
Registrerad i RAÄ:s fornminnesregister	1954
Beskrivning från Fornsök	Häll nr 30 från Sagaholmsgraven, 65x41 cm, tjocklek: 7 cm. I Jönköpings läns museums magasin förvaras 46 sandstenshällar som grävdes fram vid en arkeologisk undersökning av en skadad bronsålderhög 1971. Hällarna var noggrant uppställda i en kantkedja i högens mitt och vid den arkeologiska undersökningen fanns halva antalet kvar. Resterande hällar var sedan länge bortförda från den skadade graven. Det speciella med hällarna är att det finns hällristningar på hälften av dem ¹²³ . Hällristningarna är gjorda med olika tekniker: prickhuggna, ristade, slipade, djuphuggna, konturhuggna med mera. ¹²⁴
Äldsta avbildning	Avteckning: Harry Bergenblad 1972. ¹²⁵

¹²³ Wihlborg, 1974, s. 8 ff; Goldhahn 1999, s. 14 ff; Goldhahn 2005, s. 22 ff.

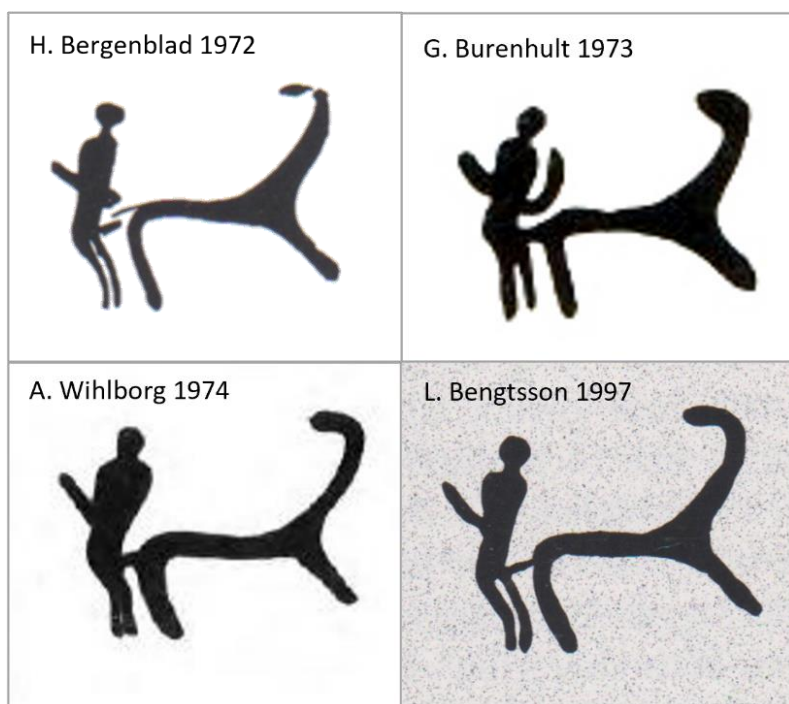
¹²⁴ Wihlborg, 1974, s. 26 ff; Goldhahn 1999, s. 52 ff.

¹²⁵ Bergenblad, H., 1972.

Övrig dokumentation	Avteckning: Anders Wihlborg 1974; ¹²⁶ Göran Burenhult ¹²⁷ ; Lasse Bengtsson 1997. ¹²⁸
3D-dokumenterad	Länsstyrelsen Västra Götaland 2020
Kommentar 3D	Upplösningen på dokumentation var 1 mm.
Fornsök	Länk till L1973:2788 , 2018. [Hämtad 2022-02-16].



Figur 92. Sandstenshällarna nummer 29, 30 och 31 i den resta kantkedjan i Sagaholmsgraven vid undersökningen 1971. Foto: Anders Wihlborg, Jönköpings länsmuseum (CC BY-SA 4.0).

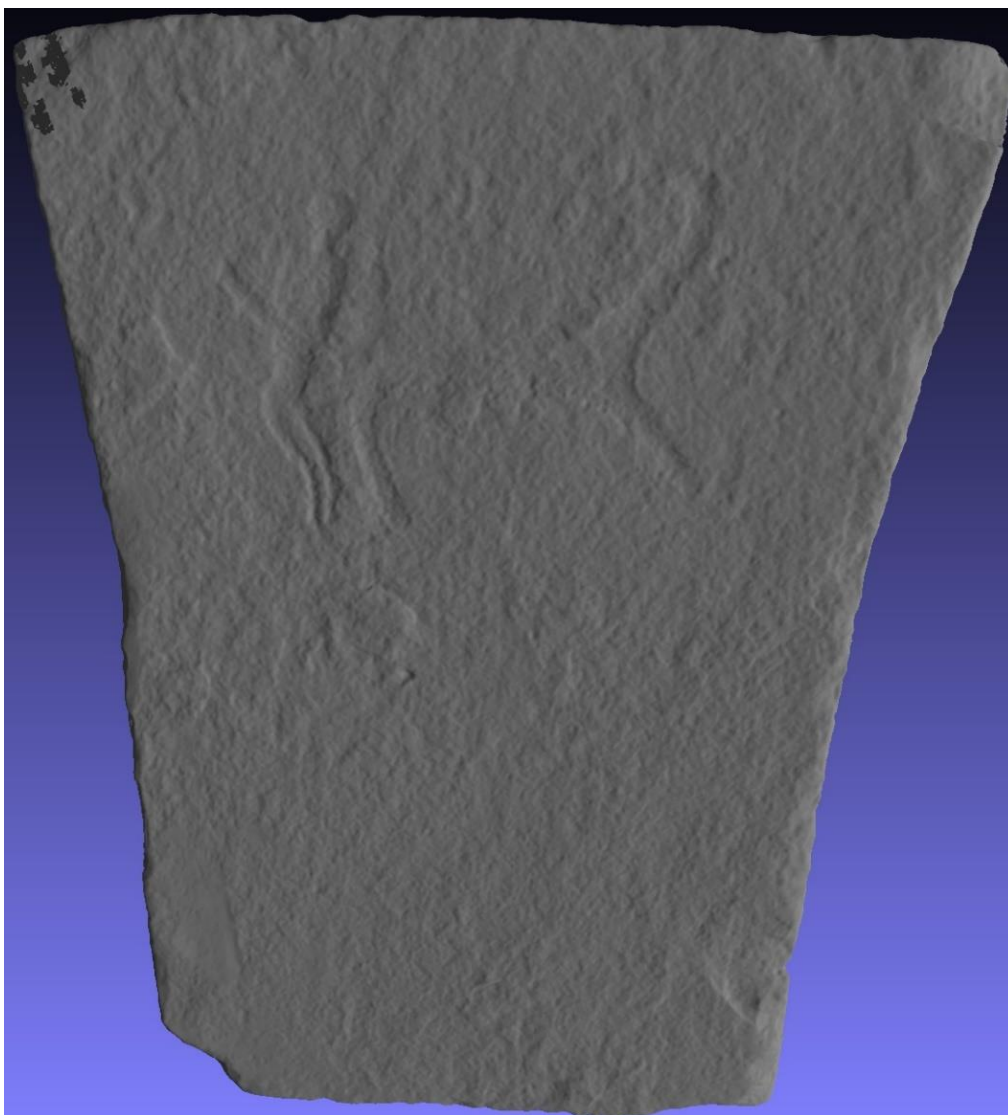


Figur 93. Fyra olika tolkningar av häll nr 30 från Sagaholmsgraven.

¹²⁶ Wihlborg, 1974.

¹²⁷ Burenhult, 1973.

¹²⁸ Goldhahn 1999, s. 64 ff.



Figur 94. 3D-modell av häll nr 30, L1973:2788 (RAÄ nr Jönköping 20:1). Skannad av Länsstyrelsen Västra Götaland, 2020.

Skillnader mellan traditionell dokumentation och 3D-teknik

Den stora skillnaden mellan de traditionella 2D- och de nya 3D-metoderna är den tredje dimensionen, djupet. Genom att skapa en tredimensionell kopia av hällristningen framträder hällens topografi och de ristade figurernas djup. Hällristningen blir mätbar, vilket är en stor fördel för de förvaltande myndigheterna i samband med miljöövervakning (monitoring), exempelvis till följd av skadegörelse och/eller vittring.

Den tredje dimensionen har också möjliggjort för hällristningsforskningen att studera vilka tillverkningstekniker som använts, men även hällristningsfigurernas inbördes djup vid till exempel överhuggningar. Då 3D-tekniken skapar en näst intill identisk kopia av hällristningen, med en hög detaljrikedom, kan den öka förståelsen för stilar, former, figurdetaljer, tillverkningstekniker med mera.

I kapitlet ovan finns exempel på hur dokumentation av hällristningar utförts genom historien och på vilket material som ristningarna avbildats. De traditionella analoga 2D-teknikerna som fotografering, avteckningar, frottage och tracing har använt papper och plast som dokumentationsmaterial. Om dessa tekniker jämförs med 3D-teknik finns det många skillnader; en viktig sådan är att de traditionella dokumentationsteknikerna, på ett glidande plan, låser fast utövarnas tolkningar i

dokumentationen. Dokumentationen blir med andra ord mindre transparent och i en högre grad påverkad av personen som utför den, vilket tydligt gäller avteckning (grafik) och tracing. Om en omtolkning av hällristningen ska göras krävs att ristningen dokumenteras igen.

De andra två traditionella teknikerna frottage och fotografier är mer transparenta och mer objektiva där utövaren inte har möjlighet att manipulera dokumentationen i lika hög grad. En 3D-dokumenterad hällristning är alltså till skillnad mot de äldre dokumentationsmetoderna helt transparent och objektiv. Personen som utför dokumentation låser inte fast någon tolkning utan samma 3D-modell kan granskas och tolkas om och om igen av olika forskare. Ett bra exempel på det är häll nummer 30 från Sagaholmsgraven.



Figur 95. Den arkeologiska utgrävningen av Sagaholmshögen 1971. Foto: A. Wihlborg, Jönköpings länsmuseum.

Exemplet häll nr 30 från Sagaholm

Hällristningarna på sandstenhällarna från Sagaholmsgraven har dokumenterats vid fyra olika tillfällen från 1970-talet och fram till idag. Första dokumentationen utfördes av amatörarkeologen Harry Bergenblad efter utgrävningen av graven 1972.¹²⁹ Bergenblads dokumentation är gjord i tusch och utgår ifrån de släpljusfotografier av Sven Ljung (Jönköpings länsmuseum) som ingick i Anders Wihlborgs utgrävningsrapport. I sin dokumentation avbildar Bergenblad hällristningar från 14 av gravens sandstenhällar.¹³⁰ Bland dessa återfinns häll nr 30.

Bergenblads dokumentation är inte skalenlig och saknar beskrivning men visar på en man som står bakom en djurfigur med erigerad penis medan djuret vänder sitt huvud mot mannen.

År 1973 utförde arkeologen Göran Burenhult en dokumentation av Sagaholmshällarna inför sin avhandling *Götalands hällristningar*. Den använda dokumentationsmetoden hade tagits fram av den italienska hällristningsforskaren Emanuel Anati och var enligt Burenhult fullständigt objektiv. Metoden innebar att den noga rengjorda ytan med hällristningar målades med vit vattenlöslig zinkfärg som fick torka. Därefter torkades färg bort med en svamp från områden som inte var huggna eller ristade. Slutligen gnuggades en svart vattenlöslig färg in på de obearbetade ytorna. Resultatet blev en svartvit bild där hällristningarna var vita och den omkringliggande ytan var svart. Hällristningarna fördes över i skala 1:1 på en plastfilm och filmen i sin tur fotograferades och förminskades till skala 1:10.¹³¹

Mellan åren 1974–1978 utkommer Anders Wihlborg, som ledde den arkeologiska undersökningen av Sagaholmshögen, med sin dokumentation av hällristningarna. På samma sätt som Bergenblad använde Wihlborg de släpljusfotografier som Sven Ljung tagit av hällarna. Genom att placera ett transparent papper över fotografierna ritades de figurer som blev synliga in med svart mot en vit bakgrund. Själva dokumentationen är mest inriktad på hur figurerna har framställts och med vilken teknik.¹³²

Wihlborg beskriver motivet på hällen enligt följande: 1 mansfigur med markerat kön. 1 hästliknande figur med huvudet riktat bakåt och med ett bakben och ett framben.¹³³ I sin sammanfattning konstaterar han att det ständigt återkommande motivet på hällarna är hästliknade figurer. På två av hällarna (nr 23 och 30) finns människofigurer bakom hästarna och djuren har sina huvuden riktade bakåt mot människorna. De båda hällristningsmotiven har tolkats som tidelagsscener men Wihlborg påpekar att människofiguren på häll 23 inte är fullbordad.

Senast hällristningarna dokumenterades med traditionella metoder var av Lasse Bengtsson från och Joakim Goldhahn år 1997. Dokumentationen är utförd med frottage teknik, vilket innebär att ett pappersark eller en pappersduk läggs mot ytan som ska dokumenteras och sedan gnuggas denna med ett upprullat tygstycke omlindat av karbonpapper, vilket gör att ristningarna framträder på pappret. Kolet på pappret fixeras sedan vanligtvis med gräs. Ovanför frottagen lade Bengtsson och Goldhahn sedan transparent papper eller plastfilm där figurerna ritades in. I samband med dokumentationsarbetet spelades iakttagelser in på kassetband som sedan ligger till grund för den nedskrivna tolkningen. Frottagen fotograferades slutligen skalenligt till mindre bilder.¹³⁴

Joakim Goldhahn beskriver motivet som en man med erigerad penis som står bakom en djurfigur och tycks genomföra ett tidelag. Mannens och djurfigurens kroppar är totalt uthuggna med prickhuggningsteknik och eventuellt efterslipade. Mannen är finlemdad och bär ett svärd vid höften

¹²⁹ Bergenblad, 1972.

¹³⁰ Bergenblad, 1972, s. 28; Goldhahn 1999, s. 38 ff.

¹³¹ Burenhult 1973, s. 13 ff.

¹³² Wihlborg 1974, s. 14; Goldhahn, 1999, s. 38.

¹³³ Wihlborg 1974, s. 20.

¹³⁴ Goldhahn, 1999, s. 52.

och djurfigurens fram- och bakben är i förhållande till de andra djurfigurerna från Sagaholmsgraven långa och markerade.¹³⁵

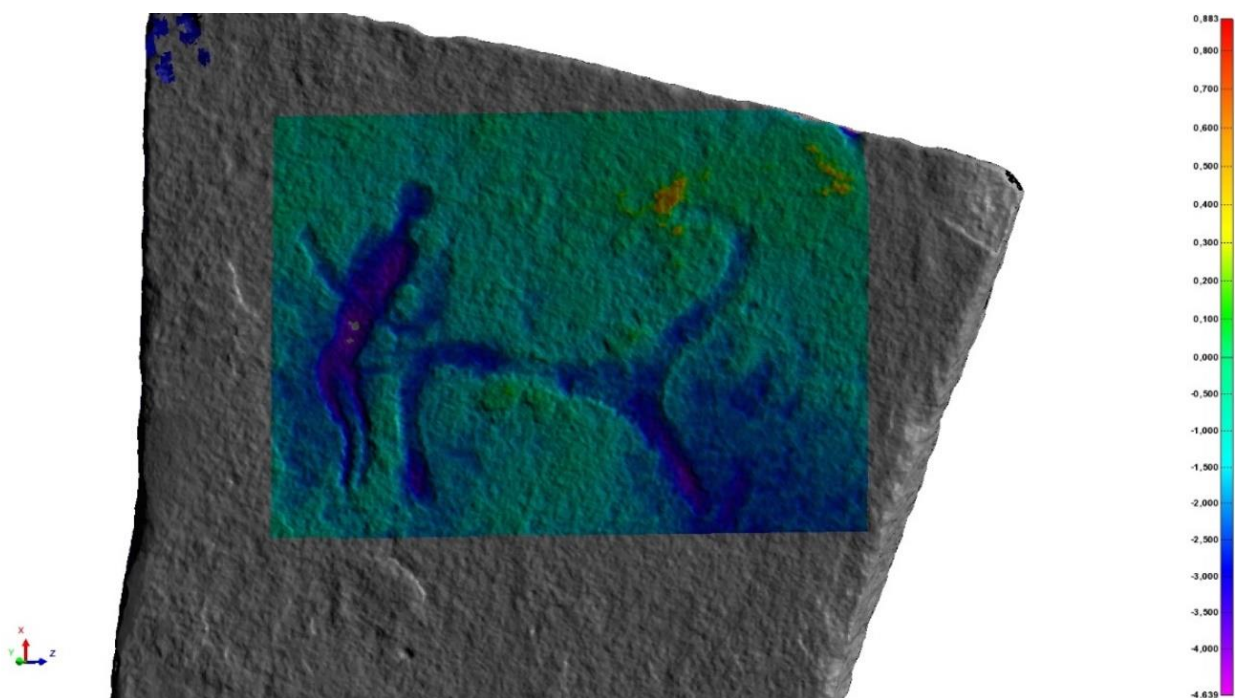
År 2019 dokumenterade Länsstyrelsen Västra Götaland (inom SAMHELL-projektet) tillsammans med Jönköpings länsmuseum några av stenhällarna från Sagaholmsgraven med 3D-teknik, bland annat häll nr 30. Dokumentationen utfördes av företaget MLT AB med Creafoms 3D-skanner MetraScan. Upplösningen som användes vid dokumentationen var 1 millimeter mellan mätpunkterna. MetraScan-systemet valdes då det fungerar utan att några targetpoints sätts ut på den skannande ytan och på så vis kan dölja mindre ristade detaljer.

Tolkningen utifrån 3D-dokumentationen av häll nr 30 av den så kallade tidelagsscenen som projektet kunnat göra är delvis annorlunda än tidigare forskares.



Figur 96. SAMHELL-projektets tolkning utifrån 3D-dokumentationen av häll 30.

I 3D-datan syns en helt uthuggen mansfigur med markerat kön som står ansikte mot ansikte framför en tunt uthuggen kvinnofigur, som har håret uppsatt i en hästsvans. Kvinnofiguren står i profil och huvudet med det uppsatta håret är tunt inristat i sandstenen med spår efter påbörjad uthuggning med prickhuggningsteknik. Kvinnofigurens överkropp är delvis uthuggen och det tycks som om ett av hennes ben är prickhugget i djurfigurens bakben. I en djupkarta över de huggna figurerna framgår det att mansfiguren är mellan 2,1–3,6 millimeter djup medan kvinnofiguren är tunnare huggen med djup som varierar mellan 1,1–2,5 millimeter (se figur 97).



Figur 97. En djupkarta över de huggna figurerna på häll 30.

¹³⁵ Goldhahn, 1999, s. 65.

De båda antropomorfa figurerna är förenade med en huggen linje ovanför figurernas midja och via mannens fallos och bildar på så vis ett så kallat brudpar. Det finns omkring tolv sådana brudpar dokumenterade på hållristningspaneler i Bohuslän, där den mest kända är belägen överst på den stora hållristningen vid Vitlyckehällen (RAÄ nr Tanum 1:1) (se figur 98). Det finns många teorier om vad dessa brudpar symboliserar exempelvis fruktbarhetsriter, samlag, rituella bröllop, allianser med mera.¹³⁶



Figur 98. Tre av de tolv brudpar som återfinns hållarna i Bohuslän. Till vänster: RAÄ nr Tanum 1:1, foto Bertil Almgren. Mitten: Tanum 423:1 frottage och imålning av Torsten Höberg. Höger: foto av Tanum 302:1 Gerhard Milstreu. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

Noggrannheten i 3D-dokumentationen tar fram detaljer såsom dels det tunt inristade kvinnohuvudet med det uppsatta håret, dels spåren efter prickhuggningen, vilka i båda fallen är svåra att se med blotta ögat. Den exakta mätbarheten i dokumentationstekniken är användbar för både de förvaltande myndigheterna och för forskningen. Skillnaden mellan de olika hållristningarnas djup på håll 30 blir ytterligare en parameter i en framtida vetenskaplig tolkning.

De nya iakttagelserna på håll nr 30 från Sagaholmsgraven förändrar tolkningen av hela hällen. Från att ha ansetts vara en tidelagsscen tycks det nu istället handla om en interaktion mellan en kvinna och man (fruktbarhetsrit, ett samlag, ett rituellt bröllop eller skapandet av en allians). Tillsammans med fler analyserade 3D-modeller kan den nya tolkningen bli en viktig pusselbit för att förstå ristningarnas innebörd i graven.

De fyra traditionella dokumentationsmetoderna av håll nr 30 från Sagaholm visar hur utövarnas tolkning låses fast i dokumentationsmaterialet och på så sätt omöjliggör en omtolkning av hållristningen utan att dokumentationen görs om. I en framtid kommer 3D-filerna från dokumentationen av håll nr 30 att göras tillgängliga via Internet och då kan andra tolkningar av hållristningen göras utan att behöva dokumentera den.

¹³⁶ Horn 2015, s. 242; Hygen och Bengtsson 1999 s. 78 ff.

3D-teknik som övervakning och uppföljning av hållristningars tillstånd över tid

Den nya 3D-tekniken ger inte bara noggranna, visuella och objektiva dokumentationer av hållristningar, den öppnar också upp möjligheten att övervaka och följa upp tillståndet på hållristningarna över tid. De 3D-skannrar som används inom SAMHELL i Norge och Sverige kalibreras enligt olika ISO-standarder. Det innebär att det går att följa upp skanning på en hållristning flera år senare, och utföra en ny dokumentation som är jämförbar med den första dokumentationen. Dessa kan sedan jämföras i till exempel 3D-mjukvaran Polyworks Inspector eller en likande programvara för att se eventuella förändringar som inträffat på hållristningen över tid, så som materialförlust i samband med vittring. Det innebär att det nu går att få ut noggranna data över vittringshastigheten på olika hållristningar i form av siffror och avvikelsekartor. För kulturmiljövården möjliggör det en noggrann övervakning av skadade och ömtåliga hållristningar, bildstenar och runstenar.

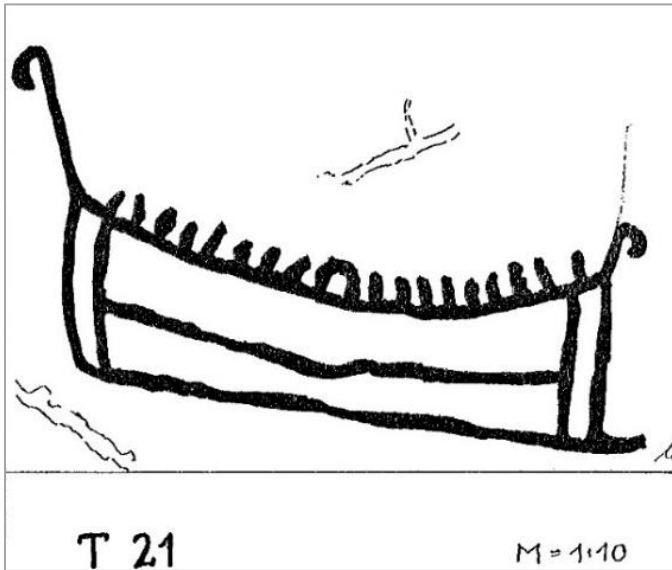
Användning av äldre 3D-data för övervakning och uppföljning

Som nämnts tidigare var Länsstyrelsen i dåvarande Göteborg och Bohus län (nu Västra Götalands län) tidigt ute med att använda 3D-teknik inom dokumentation och uppföljning av hållristningar. Under perioden 2000–2004 dokumenterades hela eller delar av hållristningar i Tanums världsarv och ytterligare en stor hållristning i Nordnorge samt ett antal mindre i Italien och Portugal. Hållristningarna skannades med hög upplösning och noggrannhet, men eftersom få datorer på den tiden kunde öppna så stora filer decimerades de. Det innebär att filerna idag är relativt lågupplösta. I skrivande stund pågår försök att med hjälp av en äldre dator med rätt mjukvara och operativsystem återskapa de högupplösta originalfilmerna i dåvarande GOMs programvara GOM Inspect version 6 från 2005. Lyckas försöket går det att utföra en jämförandeanalys av hållristningarna för 20 år sedan med deras tillstånd idag. Det är också fullt möjligt att utföra samma analys med de lågupplösta filerna, men med sämre noggrannhet. Nedan följer två exempel på jämförelseanalyser på delar av hållristningarna L1968:7401 (RAÄ nr Tanum 21:1) och L1968:7550 (RAÄ nr Tanum 151:1) som första gången 3D-dokumenterades 2000 och 2001.

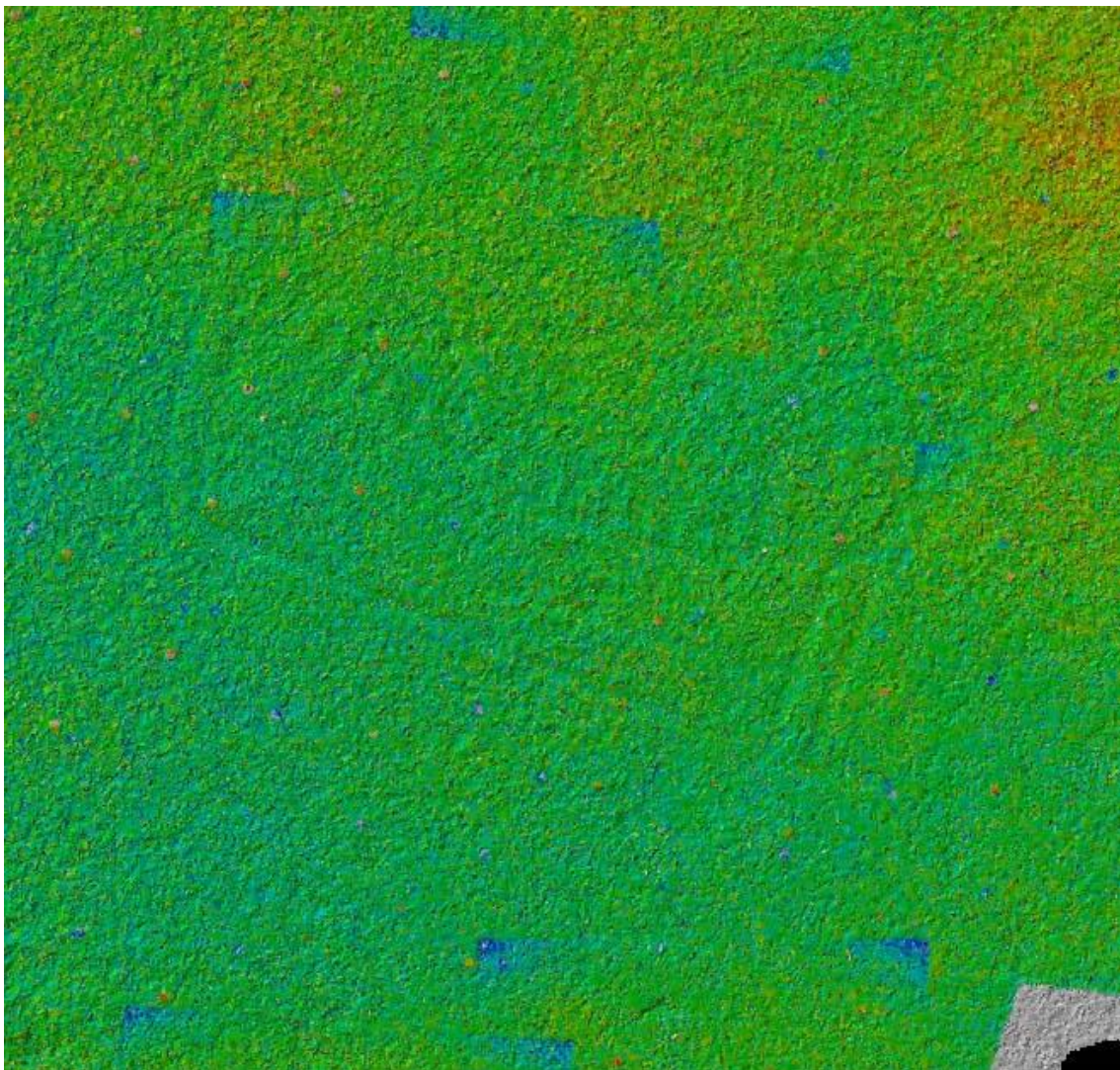
Jämförelseanalys: Hållristning L1968:7401 (RAÄ nr Tanum 21:1)

Hållristningen är en av tre som upprepade gånger 3D-dokumenterats av Metimur AB åren 2001, 2002 och 2003 för att mäta eventuell nedbrytning över tid (se beskrivning under rubriken *3D-dokumentation inom EU-projektet RockCare*). Det finns idag ingen bevarad skriftlig dokumentation över hur jämförelseanalyserna utfördes. Däremot finns det avvikelsekartor från analyserna och en kort kommentar i länsstyrelsens databas över skadekartering av hållristningar. I kommentaren framgår det att jämförelseanalysen av mätningarna mellan åren 2001 och 2002 visade nedbrytning på 0,5 millimeter av vissa specifika delar av ristningsytan (se figur 100).

Med utgångspunkt i den kunskap som kommit fram i de stora projekt som avhandlat vittring av hållristningar sedan början av 2000-talet och fram till idag och de slutsatser som kan dras, är det osannolikt att det på ett år ska ha skett någon vittring överhuvudet taget. Inom SAMHELL utfördes därför en jämförandeanalys av 3D-modellen från 2001 och den som utfördes inom Länsstyrelsens dokumentationsprojekt 2016. Analysen utfördes på det stora skeppet på hållristningen. Upplösningen på de jämförda 3D-modellerna är 1 millimeter. I avvikelsekartan framgår det tydligt att ingen vittring eller annan förändring inträffat på de 15 år som förflutit sedan den första 3D-dokumentationen (se figur 101).



Figur 99. Teckning av skeppet gjord av Tanums Hällristningsmuseum 1993. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.



Figur 100. Jämförelseanalys över skeppsristningen som Metimur 3D-skannade 2001 och 2002. Vid de blå markeringarna ska det ha skett en materialförlust på 0,5 mm. Källa: Länsstyrelsens skadedatabas.

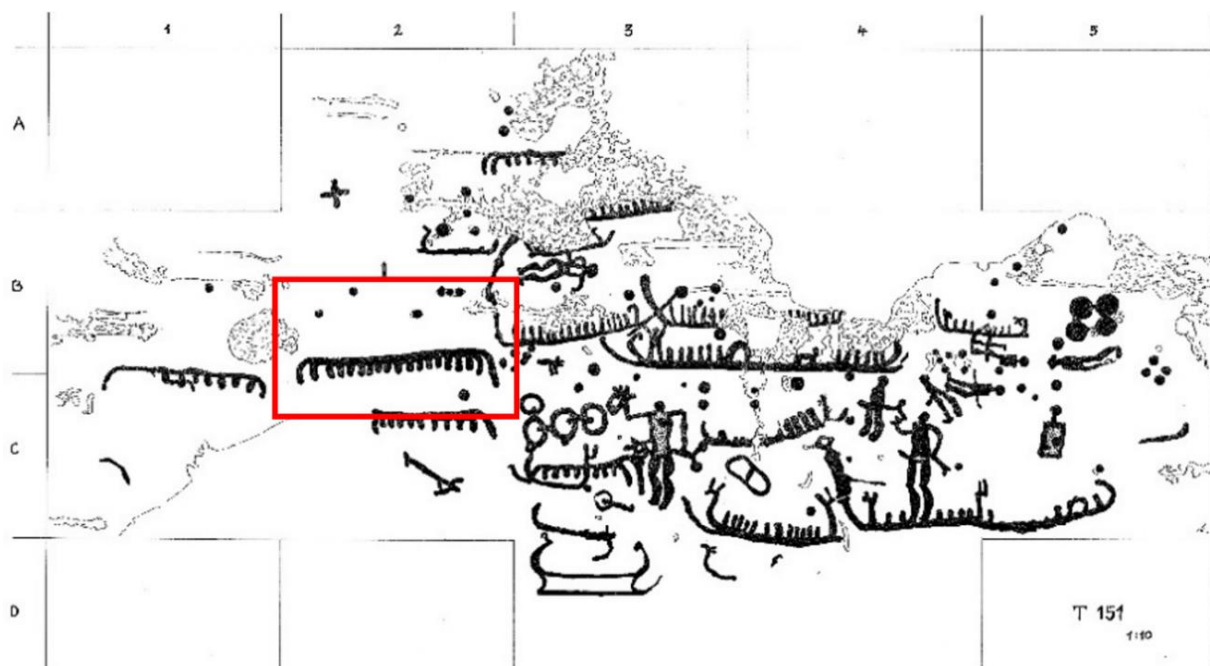


Figur 101. I jämförandeanalysen över modellerna från 2001 och den nyare från 2016 går det inte att se några spår av nedbrytning.

Jämförelseanalys: Hällristning L1968:7550 (Tanum 151:1)

Hällristningen var den första som Metimur AB dokumenterade år 2000 (se beskrivning under rubriken *3D-dokumentation inom EU-projektet RockCare*). 3D-modellen som levererades till Länsstyrelsen har en upplösning på 2 millimeter.

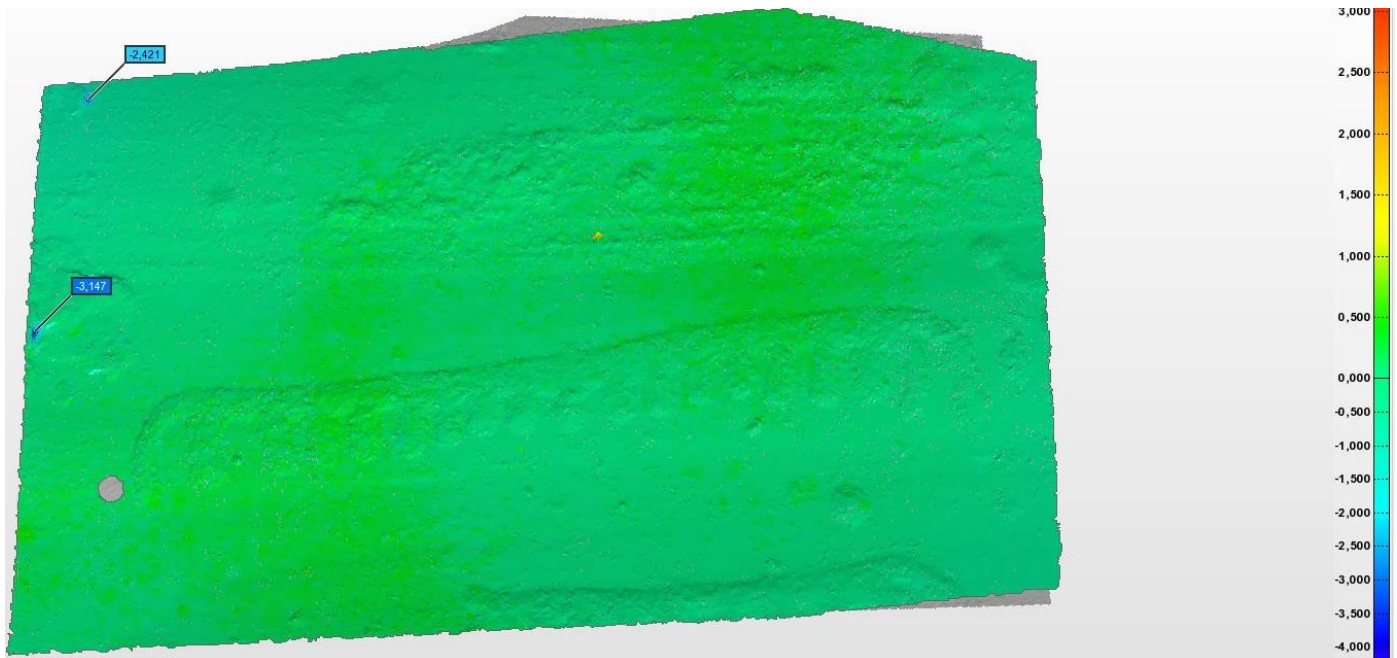
Inom SAMHELL gjordes en jämförandeanalys mellan 3D-modellen från 2000 och den dokumentation som utfördes inom Länsstyrelsens dokumentationsprojekt 2017. Analysen utfördes över ett 102 x 63 millimeter stort område bestående av ett skepp, 8 skålgropar och några äldre skador. På avvikelsekartan i figur 96 går det knappt att se någon vittring eller annan förändring på de 17 år som gått sedan den första 3D-dokumentationen.



Figur 102. Teckning av hällristning L1968:7550 (Tanum 151:1) gjord av Tanums Hällristningsmuseum 1993. Den röda rutan visar begränsningen för jämförelseanalysen. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

Det finns dock två små områden i 3D-modellens övre vänstra hörn där det har lossnat ytterligare delar från gamla vittringsskador på hällan. Det troliga är att det handlar om exfoliering på grund av att vatten trängt ned i de äldre skadorna och vid minusgrader expanderat och sprängt bort ytterligare delar (se figur 96).

Dessa exempel visar hur den nya 3D-tekniken kan användas inom kulturmiljövården för att övervaka och följa upp hållristningar.



Figur 103. I jämförandeanalysen över modellerna från 2000 och den nyare från 2017 kan viss nedbrytning ses i övre vänstra delen av modellen där en tidigare skada utvidgats.

3D-data över dokumenterade gipsavgjutningar för övervakning och uppföljning

Dokumentation av hållristningar i form av gipsavgjutningar – en tillbakablick

De flesta äldre dokumentationstekniker som använts inom hållristningsforskningen är tvådimensionella i form av avteckningar, frottage på papper eller fotografier. Undantaget är de avgjutningar i gips, betong och silopren som utfördes i Sverige och Norge från mitten av 1800-talet och fram till 1960-talet. I detta dokumentationsmaterial finns inte bara information om längd och bredd utan också höjd/djup på hållristningarna. Avgjutningar ger en detaljerad ögonblicksbild över hållristningens tillstånd. Många är så välgjorda att det okulärt går att jämföra avgjutningarna med de verkliga hållristningarna idag och se avvikelser. Det kan handla om mindre bortvittrade stenbitar eller sentida tillfogade skador på hållristningen.

De tre äldsta kända avgjutningarna av hållristningsfigurer i Sverige är gjorda vid Ekenberg utanför Norrköping 1867. De föreställer ett svärd med koncentriska cirklar (se figur 104), en rad av människofigurer, samt ett mindre svärd. Avgjutningarna utfördes av bildhuggaren J. E. Carlström på delar av hållristning L2009:5835 (RAÄ nr Östra Eneby 23:1) på uppdrag av riksantikvarien Bror Emil Hildebrand.¹³⁷

¹³⁷ Lamm, 1980.



Figur 104. Gipsavgjutningen av hållristning L2009:5835 (Östra Eneby 23:1) från 1867. Avgjutningen är 105,5 cm lång och 36,0–11,8 cm bred. Foto: E-K Granberg, Länsstyrelsen Västra Götaland 2021.

Hällristningen är registrerad i Fornsök som ett 3120 kvadratmeter stort område indelat i 15 mindre delområden med hållristningspaneler. Totalt återfinns flera hundra hållristningsfigurer i området i form av cirkelfigur, djurfigur, fotsula, människofigur, obestämbart figur, skeppsfigur, skålgrop/älvkvarn, vapenfigur och övrig bestämbar figur.

Några år efter J. E. Carlströms avgjutningar vid Ekenberg utförde konstnären Carl Emil Lauritz Baltzer mellan åren 1875–1885 gips- och betongavgjutningar av ristningsfigurer från Bohuslän. Dessa skänkte han som gåva till olika museer i Sverige och Danmark. De hållristningar som Baltzer valde ut figurer från var: L1969:1632 (Herrestad 58:4), L1968:9862 (Svarteborg 9:1), L1970:8214 (Brastad 18:1) och L1967:2645 (Tanum 192:1).

L1969:1632 (Herrestad 58:4) är belägen cirka 4 kilometer söder om Herrestads kyrka på Havstensfjordens norra strand i Herrestad socken, Uddevalla kommun. Ristningen tolkades som ett skepp med solkors, under skeppet fanns sentida runor. Vid en reviderad dokumentering år 2015 tolkades fornlämningen om från en hållristning från bronsåldern till en sentida ristning från medeltid eller historisk tid. Avgjutningen, 95 x 41 centimeter stor, tillverkades i betong år 1878 och en kopia skänktes till Bohusläns museum och Statens historiska museum år 1880.

L1968:9862 (Svarteborg 9:1) är belägen 1,7 km öster om Dingle skola och 140 meter väster om gården Västergården i Svarteborgs socken, Munkedals kommun intill dagens väg E6. Hällristningen är 11 x 5 meter och består av 18 skepp, 6 människofigurer, 1 benpar, 9 djurfigurer, 1 vagnsfigur, 1 svastika, 2 hjulkors, 1 hjul med två ekrar, 1 koncentrisk cirkel, 1 skiva, 2 fotsulor, 1 klövspår, ca 25 övriga figurer och fragment samt 67 skålgropar.

Avgjutning gjordes av svastikan belägen i den övre västra delen av hållristningen. Avgjutningen, 63 x 63 centimeter stor, tillverkades i betong 1880 (se figur 105). Kopior av avgjutningen skänktes år 1881 till Göteborgs arkeologiska museum, Bohusläns museum, Statens Historiska museum och Nationalmuseum i Köpenhamn.



Figur 105. Baltzers 63 x 63 centimeter stora avgjutning i betong från 1880, del av hållristning L1968:9862 (Svarteborg 9:1). Foto: Henrik Zedig, Länsstyrelsen Västra Götaland 2021.

L1970:8214 (Brastad 18:1) är belägen 130 meter söder om gården Stora Backa och 190 meter norr om gården Backa, söder om Brastad i Brastad socken, Lysekil kommun. Hållristningen är 8 x 5 meter stor och består av 15 skepp, cirka 10 människofigurer, cirka 40 djurfigurer, 6 eller 7 vagnar, cirka 10 fotsulor, cirka 15 cirklar, cirka 20 andra figurer och cirka 30 älvkvarnar. Avgjutning gjordes av ett dräktigt sto (se figur 106) och ett solkors som är belägna i hållristningens översta mitt. Avgjutningen, 74,4 x 41,2 centimeter stor, tillverkades i både betong och gips år 1875. Kopior av avgjutningen skänktes år 1875 till Bohusläns museum och Statens Historiska museum.



Figur 106. Den 74,4 x 41,2 centimeter stora avgjutningen i gips gjord av Laurits Baltzer 1875. Avgjutningen föreställer ett dräktigt djur på Brastad 18:1. Foto: Henrik Zedig, Länsstyrelsen Västra Götaland 2021.

L1967:2645 (Tanum 192:1) är belägen 340 meter öster om gården Emelieborg och 400 meter väster om gården Löveröd i Tanums socken, Tanums kommun. Hällristningen är registrerad i Fornsök som ett 1247 kvadratmeter stort område indelat i 14 mindre delområden med hällristningspaneler. Totalt återfinns flera hundra hällristningsfigurer i området i form av cirkelfigur, djurfigur, fotsula, människofigur, obestämba figur, skeppsfigur, skålgrop/älvkvarn, vapenfigur och övrig bestämbar figur. Avgjutning gjordes av en människofigur med yxa bredvid ett dräktigt djur som är belägen i den övre västra delen av hällristningen. Avgjutningen, 24 x 46,5 centimeter stor, tillverkades i betong år 1885. Kopior av avgjutningen skänktes till Statens Historiska museum och Nationalmuseum i Köpenhamn, Danmark.

I Bohusläns museums samlingar finns också en gipsavgjutning av lurblåsarna från fornlämning L1967:2705 (Tanum 405:1) (se Figur 107). Tyvärr saknas det information om vem eller när avgjutningen gjordes.



Figur 107. Betongavgjutning av del av hällristning L1967:2705 (Tanum 405:1). Foto: Henrik Zedig, Länsstyrelsen Västra Götaland 2021.

I mitten av 1930-talet utfördes en mängd avgjutningar av hällristningar i Norden av *Ahnenerbe* (Fädernesarvet), som var ett tyskt, nationalsocialistiskt forskningsinstitut grundat 1935 av Heinrich Himmler, Walter Darré och Herman Wirth.¹³⁸ Syftet med institutet var att använda arkeologi och historia för att förfälska föremål och händelser i norra Europa som "bevis" för ariernas existens och germanernas överlägsenhet gentemot andra folkslag. Mellan åren 1935–1936 utförde Ahnenerbe, under ledning av dess verksamhetsledare Herman Wirth, över tvåhundra gipsavgjutningar av hällristningar i Sverige och Norge. Under 1935 framställdes 113 avgjutningar¹³⁹ och året därpå 108 avgjutningar fördelade på 59 i Sverige, 31 i Norge, 16 i Danmark och två i¹⁴⁰.

¹³⁸ Pringel, 2007, s. 63.

¹³⁹ RAÄ 1936

¹⁴⁰ RAÄ 1938

Avgjutningarna utfördes genom att en träram byggdes runt hållristningen som tätades med lera. Sedan applicerades ett tunt lager såpalikt smörjmedel i och över de uthuggna hållristningarna varpå hela formen fylldes med gips. Ovanpå gipset lades en segelduk och allt hölls på plats med armeringsjärn. När gipset stelnat knackades avgjutningen loss och den positiva formen användes sedan för att gjuta kopior av hållristningsfigurerna.¹⁴¹



Figur 108. Foto från Herman Wirths avgjutningsarbete i Bohuslän. Här vid hållristning L1967:2705 (RAÄ nr Tanum 405:1) Foto: Herman Wirth 1935. Källa: SHFA, licens: CC BY-NC-ND 4.0.

Gips- och siloprenavstøpninger i Norge

På begynnelsen av 1900-tallet, med oppdagelsen og dokumentasjonen av bergkunsten i Vingen var oppkrittning av figurene med etterfølgende, én til én avtegning på tynt papir den vanlige metode og anvendt av både Gustaf Hallström (1938) og Johs Bøe (1932). Avtegningen ble fulgt av etterkontroll i felt av de rentegnede nedskalerte gjengivelser av motivene med målestokk. I tillegg ble mange av panelene avfotografert etter oppkrittning, og dessuten ble det foretatt gipsavstøpninger av et utvalg motiver.¹⁴²

Fra 1960-tallet var den rådende dokumentasjonsmetode ved Historisk museum fortsatt å kritte opp figurene, med etterfølgende avtegning med tusj penn på gjennomsiktig plastfolie.¹⁴³ Denne kalkeringsmetoden ble blant annet anvendt av Anders Hagen under hans nyundersøkelse av bergkunsten i Ausevik fra og med 1963, hvor siloprenavstøpninger av et utvalg motiver hadde overtatt rollen til gipsavstøpninger.¹⁴⁴

¹⁴¹ Pringle 2007, s. 83 ff.

¹⁴² Fett och Fett, 1941.

¹⁴³ Michelsen, 1969, s. 149.

¹⁴⁴ Hagen, 1969.

Analys av gipsavgjutningar vid uppföljning av hållristningars tillstånd

Analog Jämförelseanalys

År 1994 besökte geologen Jan Magnusson, från Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, Felsbildermuseum i den lilla österrikiska byn Spital am Pyhrn i Ober Österreich där Wirths avgjutningar av hållristningar förvarades. I museet fanns cirka 30 avgjutningar från Bohuslän, varav flera kunde användas som referenser över hållristningarnas bevarandeskick på 1930-talet när de tillverkades.

Mätningar utfördes på 11 av gipsmodellerna som senare jämfördes med de verkliga hållristningarna i Bohuslän. Mätmetoden gick ut på att avgjutningarna ritades av på ett tunt papper med lämpliga profillinjer över de ristade figurerna. På så sätt markerades profilernas exakta läge dels på avgjutningen, dels på motsvarande ristning i Bohuslän, utan att positionen försköts. Med hjälp av en profilmall mättes sedan profilerna. Antalet uppmätta profiler på 40 centimeter per avgjutning varierar mellan 7 och 20. Storleken på avgjutningarnas sidor varierar från 0,5–2,5 meter. Resultatet ritades in på millimeterpapper.

Jämförelsen utfördes genom att de två profiluppsättningarna kopierades över på overheadplast och lades ovanpå varandra. Under arbetets gång konstaterades att flera av avgjutningarna hade krympt och vridit sig, eller var helt plana vilket sällan är fallet i den verkliga topografen. Flera av profilerna fick därför korrigeras, därefter rödmarkerades massförlusten på hållristningsprofilerna, och den genomsnittliga massförlusten uttryckt i millimeter beräknades. För att kompensera för bristfälliga avgjutningar är alla beräknade förluster maxvärden. I sin analys anser sig Magnusson tydligt kunna se skillnader i materialförluster mellan olika ristningslokaler.¹⁴⁵



Figur 109. Gipsavgjutning av en av tjurarna på hållristning L1968:7148 (RAÄ nr Tanum 12:1), utförd av H. Wirth åt Ahnenerbe. Foto: Jan Magnusson, Länsstyrelsen Västra Götaland 1994.

¹⁴⁵ Magnusson, 2001, s. 1.

Efter att ha jämfört gipsavgjutningarna med de verkliga figurerna i Bohuslän konstaterades att ristningsfigurerna generellt sett vittrar mer än den omgivande bergytan, vilket innebär att figurerna blir djupare och bredare och därmed diffusare. En eventuell felkälla vid uppskattningen av massförlusten kan ha varit att gjutmassan inte trängde ner i alla håligheter eller till botten av de ristade figurerna. Det som talar mot detta är att även mycket små strukturer och håligheter i bergytan ofta kan ses på avgjutningarna. I tabellen nedan anges beräknad massförlust på hållristningsfigurerna sedan Wirths avgjutningar i mitten av 1930-talet och fram till 1994.¹⁴⁶

Tabell 1. Beräkning från av massförlust mellan de 11 gipsavgjutningarna jämfört med hållristningarna 1994.¹⁴⁷

RAÄ-nr	Plats	Motiv	Vittr.djup mm	Vittr.yta %	Förlust mm ³ /cm ²	Anm
Tanum 1	Vitlycke	Orm+adorant	0,7	8	4	
Tanum 1	Vitlycke	Man med sju adoranter	0,8	24	18	
Tanum 1	Vitlycke	Fallen krigare+kvinna	-	-	-	Oanvändbar avgjutning
Tanum 12	Aspeberget	Solgudinnor	1,4	92	135	
Tanum 12	Aspeberget	Största tjuren	1,3	94	124	
Tanum 12	Aspeberget	Handman skepp	1,1	90	105	Ungefärligt
Tanum 255	Fossum	Kvinna+lurblås	1,1	27	24	Ungefärligt End figurer
Tanum 405	Kalleby	Lurblåsare	0,8	38	34	Ungefärligt
Brastad 1	Backa	Bokskeppet	1,2	60	70	M ungefärligt dålig avgjutning
Brastad 29	Backa	Hjul+skepp	1,0	55	60	Ungefärligt
Brastad 141	Rixö	Timglas	0,7/1,3	10/75	6/80	Ungefärligt 2 granittyper

Gipsavgjutningarna skänktes från museet i Österrike till Gerhard Milstreu på Underslös museum i Tanum som i sin tur skänkte dem vidare till Svenskt Hållristnings och Forskningsarkiv på Göteborgs Universitet. Idag förvaras gipsavgjutningarna i en båthall vid Underslös museum. 2019 3D-dokumenterades 38 av 51 av dessa gipsavgjutningar inom SAMHELL. Creaforms Metra skanner användes, i en upplösning på 0,40 millimeter.

Tidigare jämförelseanalys med hjälp av 3D-teknik

I 2001 gjennomførte Metimur en studie hvor to avstøpninger fra Vingen av samme motiv, med 75 års tidsavstand ble 3D skannet og sammenlignet. På den ene siden en gipsavstøpning fra 1925 og på en andre siden en silikonavstøpning fra 2001 – fra lokaliteten Vehammaren, som er ganske eksponert mot sjøen. Sammenligningen viste at det var stor forskjell mellom bergflaten i 2001 og slik den var for cirka 75 år siden.

Sammenligningsundersøkelsene viste også at en del av ristningen som hadde vært tildekket av torv samt den som har ligget utildekket hadde mindre tydelige hoggespor i 2001 enn i tidligere dokumentasjonen.

I tillegg viste dokumentasjon at selve laminasjonen av bergarten var mer markert i 2001 – hvor enkelte mer grovkornede lag er dypere erodert på grunn av utfall av mineralkorn. Dette er svært tydelig selv om avstøpingsteknikken benyttet 2001 trolig er mer detaljrik enn den som ble anvendt for 75 år siden. Gipsavstøpingene fra 1925 viste at bergflatene generelt var mer glatte og hvor motivene hadde tydelige hoggemerker. Ristningene er kanskje ikke grunnere i dag enn i 1925, men overgangene mellom hugd og ikke-hugd bergflate er mer utjevnet – trolig slitt ned – med det resultat at ristningene ikke er like tydelige lengre. Det ser videre ut til at bergflaten som tidligere har vært torvtildekket har større vittringsskader enn de åpne bergflatene.

¹⁴⁶ Magnusson, 2001, s. 2.

¹⁴⁷ Ibid.

Jämförelseanalys med hjälp av 3D-teknik inom SAMHELL

Inom SAMHELL har flera avgjutningar från olika tidsepoker och områden i Sverige och Norge 3D-skannats för att undersöka om de går att använda i studier över hållristningarnas eventuella nedbrytning. Det handlar framför allt om att jämföra figurer med varandra och inte hela hållristningspaneler. Samtliga 3D-dokumenterade avgjutningar har skannats med en upplösning på 0,40 millimeter för att få en noggrann men ändå hanterbar 3D-data till analyserna.

I slutet av 2020 3D dokumenterades 29 gipsavgjutningar (som tidigare varit utställda på Felsbildermuseum) gjorda av Herman Wirth mellan åren 1935–1936 i Bohuslän. Dokumentationen utfördes med Creaforms 3D-skanner MetraScan 3D.

I slutet av 2019 3D-dokumenterades 55 avgjutningar av hållristningar från Vingen, på Universitetsmuseet i Bergen. Dokumentationen utfördes med Creaforms 3D-skanner HandyScan 700.

Våren 2021 3D-dokumenterades 45 gipsavgjutningar på Statens historiska museum i Tumba utanför Stockholm. Gipsavgjutningarna är utförda på hållristningar i både Norge och Sverige. Här fanns bland annat 17 avgjutningar från Vingen, tre avgjutningar från Västernorrland, tio från norrköpingsområdet och nio från Bohuslän. Dokumentationen utfördes med Creaforms 3D-skanner HandyScan Black Elit.

Under 2022 har några av de hållristningsfigurer som avgjutits i Norge och Sverige från mitten av 1800-talet och fram till 1960-talet 3D-dokumenterats för att analysera om någon vittring eller annan påverkan skett sedan gipsavgjutningarna utfördes.

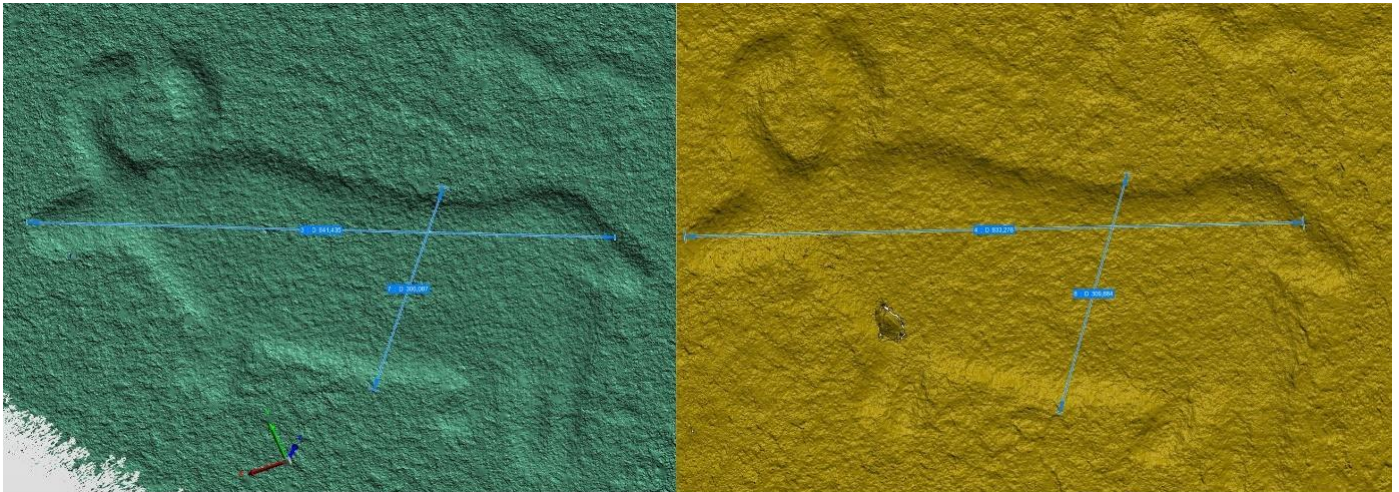
En av Wirths avgjutningar var den största av tjurarna (se figur 109) på hållristning L1968:7148 (Tanum 12:1) på Aspeberget i Tanum (se figur 110). Hållristningen har under årens lopp varit utsatt för kraftig vittring och det är därför intressant att analysera hur den har påverkats av nedbrytning sedan mitten av 1930-talet fram till 2022. En annan intressant aspekt är att se hur den digitala 3D-analysen stämmer överens eller skiljer sig från Jan Magnussons analoga mätningar från 1994.



Figur 110. Den rödmålade tjuren på hållristning L1968:7148 (Tanum 12:1) med targetpoints för 3D-skanning. Foto: Henrik Zedig, Länsstyrelsen Västra Götaland 2022.

För att se om gipsavgjutningen och den verkliga hållristningsfigurens storlek stämde överens utfördes en noggrann mätning av de båda 3D-modellerna. Horisontellt mättes avståndet från en given punkt vid tjurens mule och en punkt vid dess svans på de båda 3D-modellerna. Vid mätningen konstaterades att måttet på den verkliga hållristningsfiguren var 841,43 millimeter och samma mått på gipsavgjutningen var 833,27 millimeter vilket innebär en differens på 8,16 millimeter. Ytterligare ett mått togs vertikalt rakt över tjuren från en punkt ovanför ryggen till en punkt nedanför magen.

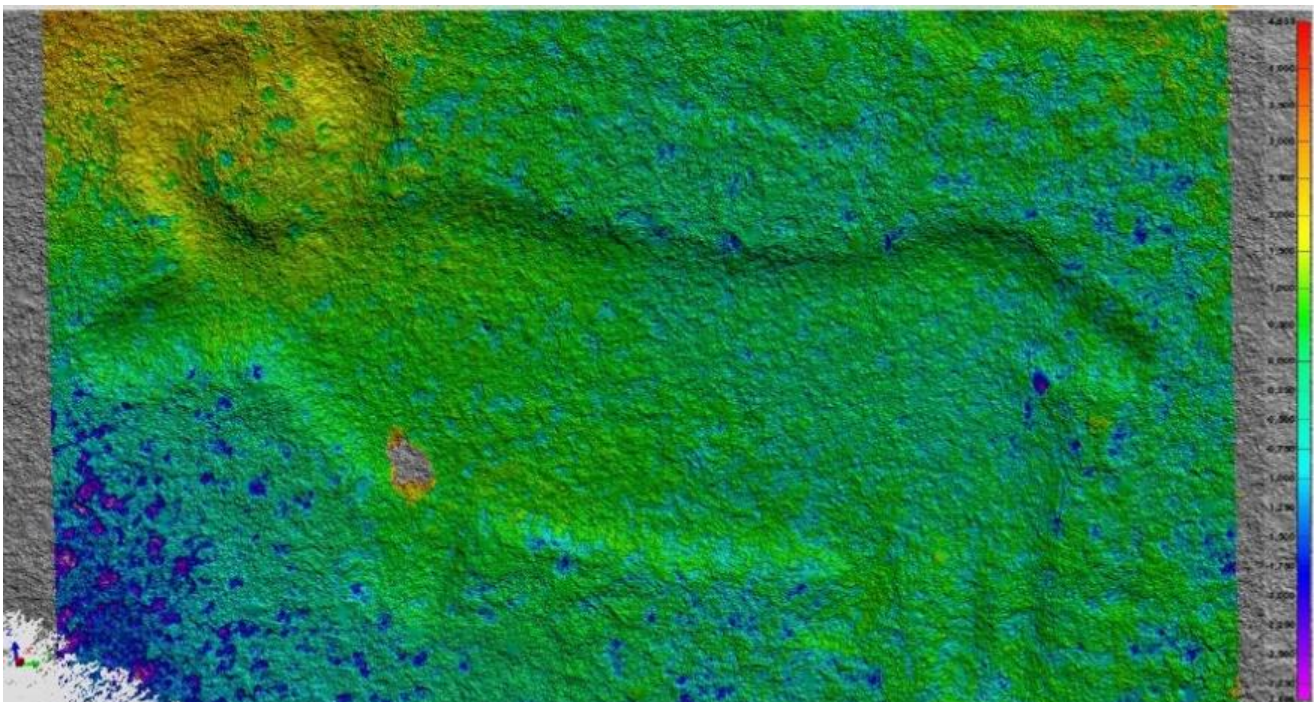
Här var differensen mindre, den verkliga hållristningsfiguren mätte 306,08 millimeter och gipsavgjutningen 309,88 millimeter, differensen var 3,79 millimeter.



Figur 111. Bilder från jämförelsemätningen mellan 3D-modellen (från 2022) av den verkliga ristningen till vänster (grön) och den 3D-skannade gipsavgjutningen till höger (gul).

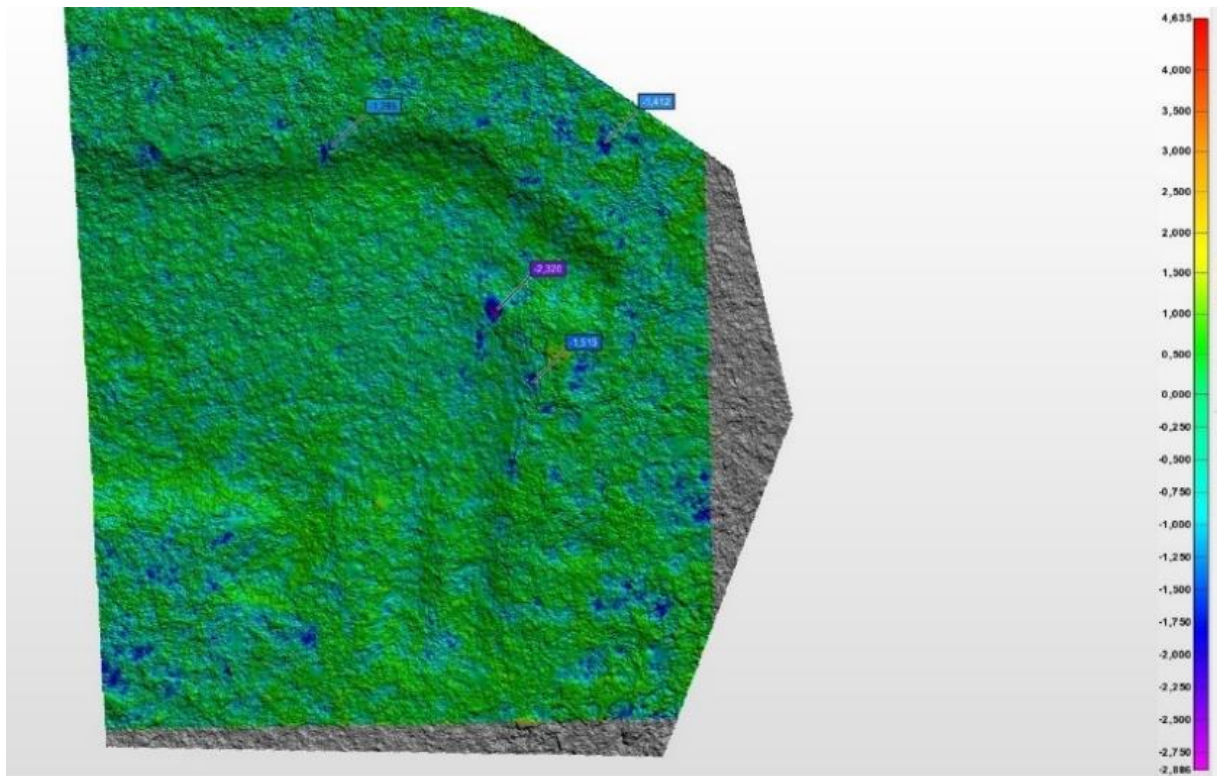
Utifrån mätningarna verkar gipsavgjutningen krymp något under de 87 år sedan den tillverkades. När 3D-modellen från gipsavgjutningen lades samman med modellen från den verkliga figuren i programvaran Polyworks blev det tydligt att gipsavgjutningen på något sätt hade vridit sig.

Detta framträdde framför allt vid tjurens huvud och upp mot dess horn (se figur 112). I området kring tjurens huvud och horn finns en positiv avvikelse på gipsmodellen med 1,0–2,5 mm och under tjurens mule finns en negativ avvikelse på 0,25–2 mm. Om förvrängningen kommit till redan vid avgjutningen, vid transporter eller uppstått under tiden den hängde i museet i Österrike går inte med säkerhet att påvisa. Om den vänstra halvan av gipsavgjutningen är skadad så är den högra delen intakt och oförändrad vilket gör att den går att använda vid en jämförande analys.



Figur 112. Avvikelseanalys mellan hållristningsfiguren och gipsavgjutningen. Gipsavgjutningen har skadats sedan Jan Magnusson gjorde sina undersökningar i mitten av 1990-talet och idag finns det ett hål ovanför tjurens framben.

Genom att klippa ut 3D-data över den intakta delen av gipsavgjutning utfördes en jämförandeanalys gentemot samma 3D-data över dagens hållristningsfigur. Utifrån analysen går det att se att det på specifika platser intill eller på kanten av hållristningsfiguren har vittrat bort små fragment av granit. I det stora hela har det dock inte hänt så mycket med tjuren på Aspeberget sedan gipsavgjutningen gjorde 1935



Figur 113. Avvikelsekarta mellan avgjutningen och hållristningen. De blå partierna visar materialförlust på grund av vittring.

Detta styrker till viss del Magnussons slutsats att ristningsfigurerna generellt sett vittrar mer än den omgivande bergytan och att figurerna övertid blir djupare och bredare och därmed diffusare som en följd av vittring. Analysen visar också att det är fullt möjligt att 3D-dokumentera äldre gipsavgjutningar och jämföra dem med dagsaktuell 3D-data från samma hållristningsfigur för att se eventuell vittring eller nedbrytning. Det gäller dock att kontrollera kvalitén på gipsavgjutningen genom noggranna mätningar och bara använda de delar av gipsavgjutningarna som överensstämmer med de verkliga ristningarna. Att vissa avgjutningar förändrats beror på hur avgjutningarna har förvarats över tid och hur avgjutningarna tillverkades. Gips är ett bestående material om det förvaras torrt men kan vräda sig om det utsätts för fukt.

Referenser

- Archeocamuni, *Cemmo's Boulder n. 1*, 2012, http://www.archeocamuni.it/cemmo_boulders_02_en.html [hämtad 2021-11-30].
- Bergenblad, H., 1972. Förhistoriska studier. Avdelning VII. *Vår hembygd 1972:6-42*.
- Baptista, M., 1999. *No tempo sem tempo – A arte dos cacadores paleolíticos do Vale do Côa*. Norprint.
- Bertilsson U., 2015. From folk oddities and remarkable relics to scientific substratum: 135 years of changing perceptions on the rock carvings in Tanum, northern Bohuslän, Sweden, s. 5-20. I Skoglund, P., Ling, J., Bertilsson, U., *Picturing the Bronze Age*. 2 uppl. Oxbow Books, 2015.
- Bertilsson, U., Bertilsson, C., Meijer, E., 2014. *SFM-dokumentation av Världsarvets hällristningar - etapp 1, pilotstudien på Aspeberget 2014 - rapport*.
- Burenhult, G., 1973. The rock carvings of Götaland (Excluding Gothenburg County, Bohuslän and Dalsland). Part II. Illustrations. Acta Archaeological Lundensia Series in 4^o; no. 8. Lund.
- Bøe, J. 1932. Felszeichnungen im westlichen Norwegen I. Vingen und Hennøya. *Bergens Museums Skrifter* 15. Bergen.
- Creaform, 2014. *Reverse engineering of physical objects – teaching manual, version 1.0*.
- Fett, E., och Fett, P. 1941. *Sydvestnorske helleristninger. Rogaland og Lista*. Stavanger.
- Fredsjö, Å., Nordbladh, J. och Rosvall, J., 1971. *Hällristningar Kville härad Bohuslän Svenneby socken*. Göteborgs och Bohusläns forminnesförening i samarbete med Göteborgs arkeologiska museum.
- Fredsjö, Å., Nordbladh, J. och Rosvall, J., 1975. *Hällristningar Kville härad Bohuslän Bottna socken*. Göteborgs och Bohusläns forminnesförening i samarbete med Göteborgs arkeologiska museum.
- Fredsjö, Å., Nordbladh, J. och Rosvall, J., 1981. *Hällristningar Kville härad Bohuslän Kville socken*. Göteborgs och Bohusläns forminnesförening i samarbete med Göteborgs arkeologiska museum.
- Goldhahn J., 1999. *Sagaholm – hällristningar och gravritual*. Disputation, Umeå Universitet. Jönköpings läns museums arkeologiska rapportserie 41.
- Goldhahn J., 2005. *Från Sagaholm till Bredarör – hällbildsstudier 2000–2004*. Gotarc Serie C. Arkeologiska Skrifter Nr 62. Göteborgs Universitet.
- Goldhahn, J., och Sevara, C., 2011. *Image-based Modeling of the Present Past: Building 3D Models of Archaeological Environments from Digital Photographs*. Conference Proceedings from Digital Media and Its Application in Cultural Heritage, Amman, Jordan, 13–15 Mars 2011., 251–266.
- Hagen, A. 1969. Studier i vestnorsk bergkunst. Ausevik i Flora. *Årbok for Universitetet i Bergen*. Humanistisk serie 3.
- Hallström, G. 1938. *Monumental Art of Northern Europe from the Stone Age. I. The Norwegian Localities*. Stockholm.
- Horn, C. 2015. *It's a man's world'? Sex and gender in Scandinavian Bronze Age rock art*. New Perspectives on The Bronze Age; Bergerbrandt, S. & Wessman A. Oxford. 2015:237-254.
- Horn C., Pitman, D. och Potter, R., 2019. *An Evaluation of The Visualisation and Interpretive Potential of Applying GIS Data Processing Techniques to 3D Rock Art Data*. Journal of Archaeological Science: Reports 27, 1-13
- Hygen, A., och Bengtsson, L., 1999. *Hällristningar i Gränsbygd*. Borås.

- Johansson, S-O., 2000. *PM: Utveckling av dokumentations- och kopieringsmetoder av hållristningar*. Opublicerat PM.
- Johansson, S-O., 2002a. Redogörelse för Rockcare 2001. Opublicerad rapport.
- Johansson, S-O., 2002b. *Redogörelse för dokumentation av hållristningar gjorda under sommaren 2001 i Tanum, Valcamonica och Foz Coa*. Opublicerad rapport.
- Johansson, S-O., 2002c. Redogörelse för utförda uppdrag under 2002 inom projektet RANE. Opublicerad rapport.
- Johansson, S-O., 2004. Redogörelse för dokumentation av Karlberg hållristning, utförd under maj 2004 inom projekt RANE. Opublicerad rapport.
- Johansson, S-O., 2004a. Redogörelse för dokumentation av hållristning vid Gärde i Jämtlands Län, utförd under juni 2004 inom projekt RANE. Opublicerad rapport.
- Johansson, S-O., 2004b. Redogörelse för dokumentation av hållristning Kåfjord i Alta Nordnorge, utförd under Juni/Juli 2004 inom projekt RANE. Opublicerad rapport.
- Johansson, S-O. och Magnusson, J., 2004, Developing new techniques for 3D documentation of rock art, s. 125-133. I: Bertilsson, U., McDermott, L., *The Valcamonica symposiums*, Riksantikvarieämbetet 2004:6.
- Keep.eu, Rock Art in Northern Europe, 2021. <https://keep.eu/projects/760/Rock-Art-in-Northern-Europe-EN/>, [Hämtad 2022-02-16].
- Kallhovd, K., och Magnusson, J., 2000. Hållristningar i Gränsbygd: Bohuslän/Dalsland och Østfold: ett INTERREG IIA projekt – slutrapport. Länsstyrelsen Västra Götaland, 2000:56.
- Kulturminnesök: *Rå drosjeholdeplassen 1, Bergkunst, 2017*, <https://www.kulturminnesok.no/kart/?q=75161&zoom=18&id=5260d2bf-65f1-11eb-9df2-005056bf3d73> [Hämtad 2022-02-16].
- Kulturminnesök: *Ausevik, Bergkunst, u.å.*, <https://www.kulturminnesok.no/kart/?q=25845&am-county=&lokenk=location&am-lok=&am-lokdating=&am-lokconservation=&am-enk=&am-enkdating=&am-enkconservation=&bm-county=&cp=1&bounds=61.54235573694077,5.274644494056702,61.54041552562333,5.277648568153381&zoom=18&id=6914e934-56fd-11eb-818d-005056bf3d73> [Hämtad 2022-08-08].
- Kulturminnesök: *Vingen Leitet, Bergkunst, u.å.*, <https://www.kulturminnesok.no/kart/?q=Leitet%20&zoom=18&id=11106df6-55cb-11eb-818d-005056bf3d73> [Hämtad 2022-08-08].
- Kulturminnesök: *Vingen Teigen, Bergkunst, u.å.*, <https://www.kulturminnesok.no/kart/?q=Teigen%20&zoom=17&id=db3bfa4-5562-11eb-818d-005056bf3d73> [Hämtad 2022-08-08].
- Kulturminnesök: *Vingen Bakkane 3, Bergkunst, u.å.*, <https://www.kulturminnesok.no/kart/?q=Bakkane%20&zoom=18&id=4d23ea05-57dc-11eb-818d-005056bf3d73> [Hämtad 2022-08-08].
- Kulturminnesök: *Alta Hjemmeluft (Jiepmaluokta/Jiemmaluovta) - Ole Pedersen, Bergkunst, u.å.*, <https://www.kulturminnesok.no/kart/?q=28486&am-county=&lokenk=location&am-lok=&am-lokdating=&am-lokconservation=&am-enk=&am-enkdating=&am-enkconservation=&bm-county=&cp=1&bounds=69.95347125708003,23.191698789596558,69.95067972370212,23.197706937789917&zoom=17&id=75a766eb-56ff-11eb-818d-005056bf3d73> [Hämtad 2022-08-08].
- Kulturminnesök: *Isnestofthen 6, Bergkunst, u.å.*, <https://www.kulturminnesok.no/kart/?q=230593&am-county=&lokenk=location&am-lok=&am->

lokdating=&am-lokconservation=&am-enk=&am-enkdating=&am-enkconservation=&bm-county=&cp=1&bounds=70.13872406127102,22.982963919639587,70.13734071578803,22.985967993736267&zoom=18&id=54813735-6497-11eb-9df2-005056bf3d73 [Hämtad 2022-08-08].

Lamm, J.P., 1980 i Hyenstrand, Å., (red) *INVENTORI IN HONOREM - En vänbok till Folke Hallberg*. Stockholm, Riksantikvarieämbetet 1980.

Løddøen, T. och Mandt, G., 2012. *Vingen – et naturens kolossalmuseum for helleristninger*. Instituttet for sammenlignende kulturforskning. Akademia.

Magnusson, J., 2001. Jämförande studie mellan äldre avgjutningar och vittringssituationen 1994. Länsstyrelsen Västra Götaland.

Mandt, G. och T. Løddøen 2005. *Bergkunst: Helleristninger i Noreg*. Det Norske Samlaget, Oslo.

Marretta, A., 2013. *The abstract mind Valcamonica complex geometric compositions in the light of new discoveries*. XXV Valcamonica Symposium 2013, s. 343–356.

Metimur AB, 2003. Skanning av hållristning I Nordby, Strömstads kommun. Opublicerat PM.

Michelsen, K. 1969. Om avstøpning og kalkering av bergkunst. I: Hagen, A. 1969. *Studier i vestnorsk bergkunst*. Ausevik i Flora.

Milstreu, G. och Pröhl, H., 1996. *Dokumentation och registrering av hållristningar i Tanum, nr 1*.

Montelius, *Bohuslänska fornsaker från hednatiden, Bidrag till kännedom om Göteborgs fornminne och historia* Vol:1, 1879, s. 146–165.

Pringle, H., 2007. *Härskarplanen: Himmlers jakt på det ariska ursprunget*. Historiska Media, Lund.

Riksantikvarieämbetet, 1936. Korrespondens från H. Wirth till Riksantikvarieämbetet: *Bericht über die erste Hällristningar-Expedition, 1936-07-14*. Antikvarisk-topografiska arkivet (ATA).

Riksantikvarieämbetet, 1938. Korrespondens från H. Wirth till Riksantikvarieämbetet: *Bericht über die zweite Hällristningar-Expedition des "Ahnenerbes", Berlin 1936, 1938-12-13*. Antikvarisk-topografiska arkivet (ATA).

Riksantikvarieämbetet, 1998. *RockCare - protection of European rock carvings - Presentation of the different aims, activities, and schedules within the project*.

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1968:7849, 2018, <https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/3d464772-2948-49ad-ade3-1b9846f35226> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1968:7765, 2018, <https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/daf79403-2b38-497b-8098-8dc0cfb6ed40> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1968:7613, 2018, <https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/5ceb4bdd-b108-4aa1-a1b1-1afdc3a6c655> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1968:7397, 2018, <https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/f0f8f734-d781-41f5-a1c1-b7e0543191b6> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1967:2585, 2018, <https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/42de9acf-7d72-4b47-9889-3559bb017eff> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1967:2639, 2018,
<https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/468320bb-1f95-4063-8a6b-a15a813f5ce0> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1967:2712, 2018,
<https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/28244ab2-df38-465b-9fd8-04f1c541839a> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1967:2715, 2018,
<https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/28244ab2-df38-465b-9fd8-04f1c541839a> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1967:2492, 2018,
<https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/d8f5b0f6-6d1b-4107-83b4-6ee33b07f415> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1967:2632, 2018,
<https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/a8d44f83-675e-4d3a-9e18-7d5fb6b8182f> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1973:2788, 2018,
<https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/0e73af03-f182-4dd6-b59c-d7c671af8288> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1968:7298, 2018,
<https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/d1e6e511-dbc7-4ce0-a176-116e2e6a149a> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1968:7768, 2018,
<https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/bd42cd4b-a3e7-4d27-bca1-34057a907cc4> [Hämtad 2022-02-16].

Riksantikvarieämbetet, Forsök: L1968:7344, 2018,
<https://app.raa.se/open/fornsok/lamning/14ca8a64-afc9-42ec-a72c-d2bc43ddc76d> [Hämtad 2022-02-16].

Rupestre.net, *Valcamonica, Dos Sottolajolo, rock 4*, 2001,
http://www.rupestre.net/valcamonica_records/sottolajolo4.htm [Hämtad 2021-11-30].

Rupestre.net, *Valcamonica, Dos Sottolajolo, rock 2*, 2001,
http://www.rupestre.net/valcamonica_records/sottolajolo2.htm [Hämtad 2021-11-30].

Rupestre.net, *Côa Valley: The Discovery*, 2001, <http://www.rupestre.net/tracce/?p=1000> [Hämtad 2021-11-30].

Rupestre.net, *IRAC 98 - Penascosa (Côa Park) visit*, 1998,
<http://www.rupestre.net/records/portugal/penascosa.html> [Hämtad 2021-11-30].

Røst Kile-Vesik, J. Muntlig uppgift 2021-09-16.

Sevara, C., Goldhahn, J., 2011. Image-Based Modeling of the Present Past: Building 3D Models of Archaeological Environments from Digital Photographs, s. 251-266. I: Al-Qawasmî, J., Alshawabkeh, Y., Remondino, F., *Digital Media and its Applications in Cultural Heritage*. University of Gothenburg, Linnaeus University, 2011, Sverige.

Strömer, C., 1997. *Vård av hällristningar*. Riksantikvarieämbetet 1:1. Sydosttryck/Sjuhäradsbygdens Tryckeri AB, Borås 1997.

Strömer, C., 2016. Åtgärdsförslag till permanent övertäckning – Karlbergsristningen RAÄ 431:1 i Trosa-Vagnhärads socken. Sörmlands museum.

- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 33:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum33:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 76:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum76:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 81:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum81:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 163:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum163:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 224:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum224:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 225:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum225:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 226:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum226:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 232:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum232:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 304:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum304:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 325:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum325:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 57:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum51:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 57:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum57:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 57:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum94:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svensk Nationell Datatjänst, 2019. *Fotogrammetri En guide till god hantering*.
- Swantesson, J., 1992. *Mikrokartering av naturstensytor*. Arbetsrapport 92:6. Högskolan i Karlstad.
- Swantesson, J., 2003. *Vittring och Erosion av hällristningar i Sverige under perioden 1994–2003. Mikrokartering med laserskanner för bedömning av nedbrytningshastigheter*. Karlstads Universitet.
- Thoén, H., 2012. Skapa 3D-modell med Agisoft Photoscan och Meshlab. Opublicerad manual, Riksantikvarieämbetet, Uv Teknik, 2012-05-10.
- Toreld, A., Andersson, T., Toreld, C., 2018. *Hällristningarna på Viltlycke*. Stiftelsen för dokumentation av Bohusläns hällristningar.
- UNESCO, 2002, *Unescos Konvention om Skydd för Världens Kultur- och Naturarv, antagen av UNESCO:s generalkonferens 1972*. Nr 2.
- UNESCO, 1993. *Advisory Body Evaluation (ICOMOS)*. World heritage list, Tanum, No 557 rev.
- UNESCO, *Prehistoric Rock Art Sites in the Côa Valley and Siega Verde*, u.å.
<https://whc.unesco.org/en/list/866-866bis> [hämtad 2021-11-30].
- Vogt, D., 2012. *Østfolds helleristninger*. Oslo, Universitetsforlaget.
- Wihlborg, A., 1974. *Sagaholm – en bronsåldershöj med hällristningar*. Opublicerad Trebetygsuppsats i arkeologi. Lunds universitet.

Welchman, A., Conrad, V., Bühlhoff, H., 2005. *3D shape perception from combined depth cues in human visual cortex*. *Nature Neuroscience* 8(6):820-7.

Figurreferenser

Andersson, F., Tanums kommun 2022.

Göteborgs stadsmuseum, 2017. Inventarienummer GAM:46221. *GAM:46221 :: hällristning*
<https://samlingar.goteborgsstadsmuseum.se/carlotta/web/object/698434> [Hämtad 2022-09-28].

Hagen, A., 1969. *Studier i vestnorsk bergkunst - Ausevik i Flora*. Norwegian Universities Press. Bergen, Oslo. Humanistisk serie, nr 3.

Johansson, S-O., 2000, 2001, 2004. Metimur AB.

Kartunderlag: Länsstyrelsen Västra Götaland 2022, Bakgrundsdata: Riksantikvarieämbetet, Lantmäteriet, Instituto Geográfico Nacional, Esri, HERE, Garmin, Foursquare, GeoTechnologies Inc, METI/NASA, USGS, NGA, NMA, 2022.

Länsstyrelsen Västra Götaland 2019, 2020, 2021, 2022.

Løddøen, T. och Mandt, G., 2012. *Vingen – et naturens kolossalmuseum for helleristninger*. Instituttet for sammenlignende kulturforskning. Akademia.

Mandt, G. och Løddøen, T., 2012. *Vingen – et naturens kolossalmuseum for helleristninger*. Instituttet for sammenlignende kulturforskning. Akademia.

Magnusson, J., 1994, 2000, 2001. Länsstyrelsen Västra Götaland.

Metimur AB på uppdrag av Länsstyrelsen i Västra Götaland 2000, 2001, 2004.

Paulus, S., Eichert, T., Goldbach, H., Kuhlmann, H., 2014. *Limits of Active Laser Triangulation as an Instrument for High Precision Plant Imaging*. *Sensors* 14:2489-509.

Riksantikvarieämbetet, Arkivsök: *Lauritz Baltzer*, 2020. <https://pub.raa.se/dokumentation/dca40dfa-e4c9-4198-a920-db0f297ed22e> [Hämtad 2022-09-21].

Science Notes, *What Is the Difference Between Accuracy and Precision?* 2021.
<https://sciencenotes.org/what-is-the-difference-between-accuracy-and-precision/> [Hämtad 2022-09-22].

Svenskt Hällristning och Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-sök: *Brastad 1:1*. 2010. Teckning av Peder Alfsson 1627. <https://www.shfa.se/?Brastad1:1> [Hämtad 2022-09-22].

Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), bildsök på bildtyp *Foto* och nyckelord *Arbetsbild*. Foto: Sverker Stubelius 1942. <https://www.shfa.se> [Hämtad 2022-09-21].

Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 1:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum1:1> [Hämtad 2022-09-21].

Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 21:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum21:1> [Hämtad 2022-09-21].

Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 33:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum33:1> [Hämtad 2022-09-21].

Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 51:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum51:1> [Hämtad 2022-09-21].

Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 57:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum57:1> [Hämtad 2022-09-21].

- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 76:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum76:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 81:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum81:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 94:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum94:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 151:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum151:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 163:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum163:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-sök: *Hogdal 205:1*, 2003.
<https://www.shfa.se/?Hogdal205:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 224:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum224:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 225:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum225:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 226:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum226:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 232:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum232:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 304:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum304:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 325:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum325:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-nr sök: *Tanum 405:1*, u.å.
<https://www.shfa.se/?Tanum405:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Svenskt Hällristnings Forskningsarkiv (SHFA), RAÄ-sök: *Trosa-Vagnhärad 434:1*. Foto: S-G Broström, 2003. <https://www.shfa.se/?Trosa-Vagnh%C3%A4rad434:1> [Hämtad 2022-09-21].
- Viken Fylkeskommune, *Hekta på helleristninger, Østfolds første helleristningsjeger*, 2021.
<https://viken.no/tjenester/kulturminner/opplev-kulturarven/les-om-kulturminner/hekta-pa-helleristninger.92586.aspx> [Hämtad 2022-09-21].
- Viken Fylkeskommune, *Hekta på helleristninger, Gjessing og Marstrander*, 2021.
<https://viken.no/tjenester/kulturminner/opplev-kulturarven/les-om-kulturminner/hekta-pa-helleristninger.92586.aspx> [Hämtad 2022-09-21].
- Viken Fylkeskommune, *Hekta på helleristninger, Erlings evne til å se det usynlige*, 2021.
<https://viken.no/tjenester/kulturminner/opplev-kulturarven/les-om-kulturminner/hekta-pa-helleristninger.92586.aspx> [Hämtad 2022-09-21].
- Vogt, D., 2012. *Østfolds helleristninger*. Oslo, Universitetsforlaget.
- Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., Reynolds, J.M., 2012. *Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications*. *Geomorphology*, 179:300–314.
- Wihlborg, A., Jönköpings länsmuseum, 1971. Sandstenshällarna Sagaholm nr 29, 30, 31.

Bilaga 1. Sammanställning av tidigare dokumentation

År	Namn	Dokumentationssätt	Plats
1627	Peder Alfsson	Akvarell	Lysekil
1828	Wilhelm Frimann Koren Christie	Blyertsteckningar med tuschifyllnad	Naustvikja, Leirvåg i Askvoll kommune
1848	Axel Emanuel Holmberg	Blyertsteckningar med hjälp av rutnät	Skandinavien/Bohuslän
1860-tal	Martin Arnesen	Tuschteckningar	Östfold
1868	C.G. Brunius	Blyertsteckningar med hjälp av rutnät	Bohuslän
1869	Nils Månsson Mandelgren	Blyertsteckningar	Tanum
1873	Oluf Rygh		Östfold
1881	Laurits Baltzer	Blyertsteckningar med hjälp av rutnät	Bohuslän
1903	Oscar Almgren	Fotografi	Tanumsområdet
1905	Gabriel Gustafson	Blyerts på smörpapper i skala 1:1	Östfold
1925	Johannes Bøe	Gipsavgjutning	Vingen
1930-tal	Guttorm Gjessing	Kalkering	Östfold
1930	Sverker Janson och Claes Claesson	Fotografering på natten med släpljus	Tanum
1932	Johannes Bøe	Blyerts på smörpapper i skala 1:1, foto och gipsavgjutning.	Vingen
1938	Gustaf Hallström	Blyerts på smörpapper i skala 1:1, foto och gipsavgjutning.	Vingen
Sent 1930-tal	Sverre Marstrander	Kalkering	Östfold
1940-tal	Eva og Per Fett	Kalkering med blyerts och vaxkrita	Vingen och Rogaland
1940-tal	Erling Johansen	Kalkering	Östfold
1940-tal		Gipsavgjutningar	
1945	Åke Fredsjö (Bohuslän)	Kalkering på smörpapper i skala 1:1, övergick sedan till plastkalkering	Bohuslän: Kville, Svenneby och Bottna
1960-tal	Egil Bakka	Kritning och avteckning med tusch på plastfolie	Vingen
1960-tal		Siloprenavgjutningar	Ausevik
1980-tal	Gro Mandt	Kritning och avteckning med tusch på plastfolie	
1960-tal	Erling Johansen	Kalkering (framförallt på plast)	Östfold
1960-tal	Torsten Högberg	Frottage	Tanum
1963	Anders Hagen	Kritning och avteckning med tusch på plastfolie	Ausevik
1960-tal	Bertil Almgren	Fotografering	Bohuslän
1970-tal	Gerhard Milstreu	Frottage	Bohuslän
1996	David Vogt	Tusch på plats	Östfold
1998	Rock Care	3D-skanning	Tanum
2000	Lars Ole Klavestad	Kalkering	Östfold
2003	Rock art in northern Europe	3D-skanning	Kåfjord i Alta
2014	SHFA	Fotogrammetri	Tanum
2014	Trond Løddøen	Landskapskanner	Ausevik
2016	Länsstyrelsen Västra Götaland	3D-skanning med handhållen skanner	Tanum
2018	Magnus Tangen	Fotogrammetri	Östfold
2018	Trond Løddøen	3D-skanning med handhållen skanner	Vingen, Ausevik och Hardanger



Länsstyrelsen
Västra Götaland