



INSTITUTIONEN FÖR KULTURVÅRD

Bläckborttagning från ben med hjälp av geler

En kvantitativ studie för bläckborttagning på björnbäcken och björnkranium från Naturhistoriska riksmuseet

Engla Nordin

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

2023, 180 hp

Grundnivå

2023:5

Bläckborttagning från ben med hjälp av geler

En kvantitativ studie för bläckborttagning på björnbäcken och björnkranium från
Naturhistoriska riksmuseet

Engla Nordin

Handledare: Carl Brädde

Bihandledare: Liv Friis

Examensarbete 15 hp
Konservatorsprogrammet, 180 hp

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

<http://www.conservation.gu.se>
Fax +46 31 786 4703
Tel +46 31 786 0000

Program in Integrated Conservation of Cultural Property
Graduating thesis, BA/Sc, 2022

By: Engla Nordin
Mentor: Carl Brädde

Ink removal from bones using gels: A quantitative study for ink removal on bear pelvis and bear skull from the The Swedish Museum of Natural History

ABSTRACT

This bachelor's thesis has investigated four different hydrogels loaded in different solvents efficiency to remove unknown ink from four pelvic bones and one skull from five bear individuals that belongs to The Swedish Museum of Natural History. The experimental part of the thesis consists of an FTIR analysis together with microscopy and macroscopy analysis of the ink on the bear skeletons, as well as some tests of different gel-solvent combinations on a moose skull.

The purpose of the thesis was to generate knowledge about ink removal on skeletons and thereby reduce the knowledge gap within the subject. Hopefully, the essay's results, conclusion and the practical methods can contribute to further development of the tested methods.

The study's conclusions was:

- The following gel and solvent combinations were the two combinations that produced the best results for ink removal for the study's bear skeletons: 1) HWR dry gel loaded in vol/vol isopropanol and distilled water. 2) Gellan Gum loaded in toluene.
- The method can most likely be used on skeletons from other vertebrates, as ink removal could be performed on the study's moose skull and three out of four bear pelvises.
- FTIR could not be used to reliably identify the chemical composition of the ink.

Other conclusions that can be drawn from the study are the following:

- Established methods for ink removal on skeletons are lacking.
- Cleaning tests using traditional cleaning methods should be compared with gels to see which will give a better result from an aesthetic perspective for ink removal on skeleton.
- For the most reliable results for the identification of the components of the ink, at least two methods of analysis such as FTIR in combination with GC-MS and RAMAN should be used.

Title in original language: Bläckborttagning från ben med hjälp av geler: En kvantitativ studie för bläckborttagning på björnbäcken och björnkranium från Naturhistoriska riksmuseet

Language of text: Svenska

Number of pages: 38

Keywords: Conservation, reversibility, bones, FTIR, nanogels, hydrogels, ink.

ISSN 1101-3303

2023:5

FÖRORD

“Sometimes I’ll start a sentence and I don’t even know where it’s going. I just hope I find it along the way” - The Office, säsong 5 avsnitt 11: "The Duel".

Tack till:

Mig själv och min hund, Hasse <3

Peter Mortensen som skapade mitt intresse för skelett

Alla mina kurskamrater, lärare och professorer

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	8
ORDLISTA	11
1. INTRODUKTION	12
1.1 Bakgrund	12
1.2 Forsknings- och kunskapsläge	13
1.3 Problemformulering	15
1.4 Syfte och målsättning	16
1.5 Frågeställningar	16
1.6 Avgränsningar	16
1.7 Vetenskapsteoretisk utgångspunkt	17
1.8 Källmaterial och källkritik	18
2. TEORI: Skelett, bläck, och rengöring med geler	19
2.1 Skelett och dess kemiska struktur	19
2.1.1 Kemisk struktur	19
2.1.2 Märkning av skelett	19
2.1.3 Analysmetoder för skelett	20
2.2 Geler	21
2.2.1 Fysiska hydrogeler	21
2.2.1.1 Agar agar	21
2.2.1.2 Gellan gum	22
2.2.2 Kemiska hydrogeler	23
2.2.2.1 Peggy-6	23
2.2.2.2 HWR dry gel	23
2.3 Bläck	24
2.3.1 Kemisk sammansättning	24
2.3.1.1 Vattenbaserad bläck	24
2.3.1.2 Alkoholbaserad bläck	24
2.3.1.3 Oljebaserad bläck	24
2.3.1.4 Analysmetoder för bläck	25
2.3.2 Rengöringsmetoder av bläck på andra material	25
2.3.3 Rengöring av graffiti	26
2.4 Lösningsmedel	28
2.4.1 Polära lösningsmedel	28
2.4.2 Opolära lösningsmedel	28
3. MATERIAL & METODER	29
3.1 Studiens skelett	29
3.1.1 Älgkranie	29
3.1.2 Björnskelett	29
3.1.2.1 NRM-MA20075383	29
3.1.2.2 NRM-MA20105372	30
3.1.2.3 NRM-MA20095327	30

3.1.2.4 NRM-MA20195428	31
3.1.2.5 NRM-MA20085138	31
3.2 Beredning av geler	32
3.2.1 Agar agar	32
3.2.2 Gellan Gum	32
3.2.2 HWR dry gel och Peggy-6	32
3.3 Experimentell del för älgkranium, björnbäcken och björnkranium	33
3.3.1 Provtagning	33
3.3.2 Mikroskopisk och fotomikroskopisk analys	33
3.3.3 Okulärbesiktning	33
3.3.4 FTIR-analys av bläck	33
3.3.5 Experimentell studie för rengöring med geler på älgkranium	33
3.3.6 Rengöring med geler på björnskelett	35
4. RESULTAT OCH ANALYS	37
4.1 Experimentell studie bläckborttagning på älgkranie	37
4.2 FTIR	38
4.2.1. Konklusion från FTIR	40
4.3 Observation och tillståndsbedömning av undersökningsobjekten	40
4.4 Bläckborttagning på björnskelett	40
4.4.1 Bläckborttagning med HWR dry gel och isopropanol och destillerat vatten	40
4.4.1.1 Konklusion från bläckborttagningen.	41
4.4.2 Bläckborttagning med Gellan Gum och toluen	42
4.4.1.2 Konklusion från rengöringen	42
5. DISKUSSION	43
6. SLUTSATSER	47
6.1 Vidare forskning	47
7. SAMMANFATTNING	48
8. KÄLLFÖRTECKNING	50
BILAGOR	

ORDLISTA

Aerosoler: Mindre partiklar som är finfördelade i en gas.

Biopolymer: Polymerkedja av levande organismer, polymera biomolekyler.

Osmos: Den process där koncentrationsskillnader av olika ämnen utjämnas genom diffusion.

Ursus americanus: Svartbjörn

Ursus arctos: Brunbjörn

Ursus arctos beringianus: Kamtjatkabjörn

Ursus maritimus: Isbjörn

Volkmanns-kanaler: Små perforeringar för passage av blodkärl genom kompakt ben.

Havers kanaler: Kärlförande kanaler.

1. INTRODUKTION

Denna kandidatuppsats kommer undersöka hydrogelerna Nanorestore Gel® Peggy-6, Nanorestore Gel® HWR dry gel, Gellan Gum och agar agars effektivitet för att avlägsna okända bläckmärken från fyra björnbäcken och ett björnkranium. Bläckmärkena hos föremålen har tidigare setts som irreversibla och därför omöjliga att avlägsna från underlaget. Utvalda rengöringsmetoder, lösningsmedel och undersökningsmetoder kommer att utvärderas på ett älgkranium som en experimentell grund inför arbetet med björnskeletten. Efter att resultatet har analyserats, kommer den kombination av gel och lösningsmedel som visat bäst resultat att användas för rengöring av de fyra björnbäcken och björnkraniet.

1.1 Bakgrund

I polarutställningen på Naturhistoriska Riksmuseet (NRM) i Stockholm finns det ett blåvalskelett upphängt för utställning. Skelettet kan nås från andra våningen vilket resulterat i att besökare klottrat diverse ord och tecken på det med olika material, såsom oidentifierat bläck och blyerts. Dessa områden är därmed kemiskt kontaminerade för vetenskapliga undersökningar och fram tills idag har det inte hittats en lösning för att rengöra klottret av bläck så att det ser estetiskt tilltalande ut. Benfynd och skelett utsätts ofta för vetenskapliga undersökningar som t.ex. kol-14 metoden för att belysa djurrikets migrationshistoria, utvecklingsvägar, diet, med mera och denna information bör bevaras för eftervärlden (Jørgensen & Botfeldt, 1986, s.8). Asscher m.fl. (2011) anser liksom Jørgensen & Botfeldt (1986, s.8-13) att arkeologiskt material såsom mineraliserad vävnad av skelett och tänder, kan undersökas och studeras för att ta reda på tidigare livsvanor för all animalia. De flesta av dessa studier görs av zoologer och antropologer insatta i ämnet, men innan benmaterialet kommer till institutionen/museet/laboratoriet, kan de ibland behövas behandlas av en konservator. För att inte kontaminera föremålen och därmed omöjliggöra framtida analyser, är det viktigt att konservatorn använder rätt metod och material som i synnerhet ska vara reversibla (Jørgensen & Botfeldt, 1986, s. 39-40). Exempelvis kan tillförsel av organiska kemikalier, vegetabiliska oljor och konsolideringsämnen påverka föremålets kemiska sammansättning och därmed provet. Problemet med klottret på blåvalskelettet uppmärksammades först under hösten 2022 tillsammans med konservatorn och biologen Peter Mortensen på NRM och det testades att avlägsna klottret med pu-svamp, sotsvamp och bomullstops doppad i respektive destillerat vatten, aceton och etanol. Blyerts märkningarna var det enda som gick att avlägsna och detta med pu-svamp och sotsvamp.

Mortensen har märkt några björnskelett från enheten för zoologis bensamling felaktigt där vissa märkningar helt eller delvis inte längre kan ses, flera av föremålen går endast idag att identifieras tack vare deras etiketter. Björnskeletten i denna uppsats har inventarienummer NRM-MA20075383, NRM-MA20105372, NRM-MA20095327, NRM-MA20195428 och NRM-MA20085138. Mortensen erinrar sig ha använt märkpenan Artline Permanent Marker 725 (Artline 725) på alla skelett förutom NRM-MA20195428, som även har en annan okänd prepareringsmetod (P. Mortensen, personlig kommunikation, 21 februari, 2023). Artline 725 är alkoholbaserad och det okända bläcket på NRM-MA20195428 kan vara oljebaserad, vattenbaserad eller alkoholbaserad och därmed behövs först en experimentell utredning utföras med analysmetoden FTIR för att identifiera bläckets kemiska sammansättning. Förhoppningsvis kan uppsatsens resultat ge ett förslag på hur klottret på blåvalskelettet kan avlägsnas.

Det har tidigare inte utförts försök att avlägsna märkningarna från björnskeletten och litteratur kring avlägsnande av märkningar bestående av bläck på skelett är mycket sparsam. Naturvetenskaplig konservering är en mindre gren inom konservering där nya undersökningar och studier inte publiceras regelbundet som för andra konserveringsinriktningar. Geler har använts mer frekvent för rengöring inom konservering under de senaste tio åren, inte minst för olika porösa material och organiska material. Källmaterial från papperskonservering och rengöring av graffiti kommer även att granskas då det för dessa material har forskats inom ämnet.

1.2 Forsknings- och kunskapsläge

Det finns en tydlig kunskapsbrist om bläckborttagning på skelett, horn och tänder och därmed behövs forskning från närliggande områden användas. Närliggande forskning delas in i följande kategorier i tabellen 1 nedan: 1) studier om rengöring av graffiti. 2) studier om rengöring av bläck från porösa material. 3) studier om rengöring av bläck från andra ämnen. 4) forskning om skelettet, dess kemiska uppsättning, analysmetoder och konservering. 5) lämpliga undersökningsanalyser för rengöring av bläck.

Tabell 1. Visar de publikationer som granskats i uppsatsens förstudie. Publikationens forskningsområde, relevanta metoder som applicerats i undersökningen och den efterliggande rengöringen, presenteras tillsammans med referensen.

Kategori	Forskningsområde	Metod	Referens
1	Experimentell jämförande studie mellan traditionella rengöringsmetoder för avlägsnande av graffiti på granitskivor	Laser, lösningsmedel och mekanisk rengöring.	Pozo-Antonio m.fl., 2016
1	Rengöring av graffiti med hjälp av geler	Gel av metylcellulosa laddad i etanol, aceton, naptha och xylene	Kavda m.fl., 2017
1	Rengöring av graffiti med hjälp av hydrogeler	Hydrogeler laddade i nanovätskor på mock-ups	Baglioni m.fl., 2017
1	Jämförelse mellan traditionella rengöringsmetoder för graffiti på skulpturer och historiska byggnader	Laser, lösningsmedel och mekanisk rengöring.	Samolik m.fl., 2015
1	Undersökning av hållbara rengöringsmetoder för graffiti på skulpturer, historiska byggnader och andra stenföremål	Kiselgel kombinerad med gröna organiska lösningsmedel	Musolino m.fl., 2019
2	Bläckborttagning av dryside fläckar på bomullspapper med lasern Q-switched Nd:YAG	Q-switched Nd:YAG	Caverhill m.fl., 1996
2	Bläckborttagning på elfenbenprov med lasern Nd:YAG	Nd:YAG	Madden m.fl., 2001
2	Bläckborttagning med gel på pergament	Velvesil Plus™ laddad med respektive aceton och bensylalkohol	Briffa, 2018

2	Bläckborttagning med traditionella metoder på två skinnkläder	Mekaniskt med Dumont No. 3 Microforceps	Stone, 1977
3	Rengöring med hydrogeler på tavlor	Hydrogeler	Iannuccelli & Sotgiu, 2010
3	Diskuterar bläckborttagning på textil	-	Eisen, 1993
3	Bläckborttagning kemisk på tavlan "La Regina del Regno dei Fiori canta Nicola, Nicola, Nicola aaa"	Kemiskt med morfolin och väteperoxid	Dobruskin, 1988
4	Kemisk struktur och konservering för skelett, horn, skal, tänder mm	-	Jørgensen & Botfeldt, 1986
4	Kemisk struktur för skelett och information om FTIR på organiskt material	-	Figueiredo m.fl., 2012
4	Märkning- och konserveringsrekommendationer för naturhistoriska samlingar	-	Collections Trust, 2020
4	Märkningsrekommendationer för naturhistoriska samlingar	-	South East Museum Development, u.å.
4	Undersökning om FTIR kan appliceras på mineraliserade fossila och moderna ben	FTIR (Nicolet 380-instrument med 4 cm-1 upplösning)	Asscher m.fl., 2011
4	FTIR i <i>reflective mode</i> för att identifiera mineraliserade textilier	Perkin-Elmer FTIR Spectrum One instrument med en Universal ATR anslutning	Margariti, 2019
4	FTIR på oljor och fernissa på människoskelett	Bruker Tensor 27 fäst till ett Bruker Hyperion 2000 mikroskop	Botfeldt m.fl., 2018
5	Identifiering av organiska ämnen med GC-MS i kombination med infraröd spektroskopi och RAMAN	GC-MS	Casanova m.fl., 2016

5	Identifiering av historiskt bläcks organiska komponenter med Py-GC-MS	Py-GC-MS	Keheyan & Giulianelli, 2006
5	Identifiering av järngallusbläck med FT-NIR	FT-NIR	Havermans m.fl., 2005
5	Bläck- och graffiti-identifiering med FTIR och XRF	FTIR och XRF	Atanassova m.fl., 2021
5	Identifiering av bläck från en historisk egyptisk bok med SEM och energidispersiv röntgenspektroskopi	SEM och energidispersiv röntgenspektroskopi	Wagner m.fl., 2007
5	Identifiering av historiskt bläck med FTIR, UV-ljus, spektroskopi och kapillärelektrofores	FTIR, UV-ljus, spektroskopi och kapillärelektrofores	Senvaitiene m.fl., 2006

1.3 Problemformulering

Naturhistoriska samlingar består av bland annat skinn, fjädrar, ben med mera, och finns idag både hos museer och privatpersoner. För att minimera förlust av dokumentation har man tidigare i flera museum valt att märka föremålen med ett nummer- och bokstavsserie för att minimera risken för förlorad dokumentation och för att inte kunna identifiera föremålen. Just för skelett så har märkningar ofta ristats in eller skrivits med blyerts eller bläck direkt på föremålen. De nämnda metoderna ses idag som alltför invasiva för det porösa skelettet och det har inte undersökts om bläckmärkningen faktiskt kan avlägsnas med konserveringsåtgärder samt om bläck kan skada skelettmaterialet och därmed framtida analyser av skelettet. Metoder för att få bort bläckmärkena från skelett har tidigare inte analyserats och tryckta publiceringar är sparsamma, men med inspiration från papperskonservering och nya rengöringsmetoder kan bläck möjligtvis avlägsnas på ett kontrollerat sätt med olika typer av hydrogeler.

1.4 Syfte och målsättning

Syftet med kandidatuppsatsen är att genom en empirisk studie med kvantitativ ansats och analys, löslighetstudie och explorativ ansats, alstra kunskap om bläckborttagning på skelett och därmed minska kunskapsglappet inom ämnet. Förhoppningsvis kan uppsatsen som helhet, resultaten, analyserna, slutsatserna och de praktiska metoderna bidra till en vidareutveckling av de testade metoderna.

Kandidatuppsatsens målsättning är att utforska vilka kombinationer av geler och lösningsmedel som kan användas för avlägsnandet av bläckborttagning på skelett samtidigt som föremålens strukturella integritet bibehålls så att de kan studeras och bevaras för vetenskaplig forskning och utbildningsändamål.

1.5 Frågeställningar

Följande forskningsfrågor undersöks:

- Vilken kombination av gel och lösningsmedel är mest effektiv för bläckborttagning för studiens björnkranium och björnbäcken?
- Kan resultatet även användas på skelett av andra animaliska grupper och skelettdelar?
- Går det att avslöja den kemiska sammansättningen av björnskelettens bläck genom FTIR-analys?

1.6 Avgränsningar

Studien avgränsas till de naturhistoriska föremålen björnbäcken, björnkranium och älgkranium, då naturhistoriskt material är ett omfångsrikt ämne. *Naturhistorisk material* som begrepp inom konservering innefattar flera olika material såsom skelett, tänder, fossiler, fjädrar, skinn med mera, som bevaras på olika sätt, men i kandidatuppsatsen kommer begreppet användas i relation till skelett.

Bläckborttagningens effektivitet och resultat kan bedömas utifrån flera perspektiv. Denna studie ämnar att bedöma effektiviteten utifrån faktorerna: 1) mängd av bläck kvar på föremålet. 2) gelens effektivitet för migrering av det lösta bläcket in i gelstrukturen. 3) mängd av gelrester på föremålet.

Då kunskapsluckan för studiens ämne är väldigt stor har publiceringar använts där skribenterna använt ordet graffiti utan att förklara vilken typ av graffiti de hänvisar till. De vetenskapliga publiceringarna syftar i många fall till sprayfärg (aerosoler) men kan även referera till bläck. Denna studie syftar främst till bläckborttagning men eftersom ämnet är så pass litet kommer källor om graffiti borttagning och bläckborttagning på andra material att refereras till förekommande.

Det existerar flera geler som kan vara relevanta för studiens problemställning, men de geler som kommer användas finns antingen tillgängliga hos Institutionen för kulturvård på Göteborgs universitet eller kan lätt förberedas på plats hos institutionen. *Geler* i denna studie syftar på *hydrogelerna* [hydrogels] agar agar, Gellan Gum, Peggy-6 och HWR dry gel. Mer information om de fyra nämnda gelerna, deras kemiska struktur och tillredning kan läsas under rubriken 2.2 *Geler*. De två sistnämnda hydrogelerna som kommer att nyttjas till studiens experimentella studie har skapats av projektet NANORESTART och tillverkas idag av Solutions for Conservation of Cultural Heritage (CSGI).

Lösningsmedel för denna studie avgränsas till etanol, aceton, isopropanol och toluen, då de enligt flera papperskonserverare är mest lämpliga för bläckborttagning på materialet papper (Briffa, 2018). Val av lösningsmedel beror även på analysresultaten av björnskelettens bläck med hjälp av Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR).

Benfynd som begrepp bör inte förväxlas med arkeologiska ben i studien. Björnskeletten från NRM är inte arkeologiskt funna utan har tillkommit till museet via olika polismyndigheter och länsstyrelser. Alla björnskelett är av arten *Ursus arctos* (brunbjörn), björnskelett av andra arter såsom *Ursus arctos beringianus*, *Ursus maritimus* eller *Ursus americanus* tillämpas inte i studien.

Rengöring och bläckborttagning särskiljs inte alltid. I uppsatsen är ordet "rengöring" synonymt med "bläckborttagning" och inte avlägsnandet av andra material från ytan. Denna studie studerar bläckborttagning men geler kan även användas som rengöringsmetoder för att avlägsna andra material som ses som smuts i konserveringsammanhang.

Då pennan Artline 725 inte kunde införskaffas innan den experimentella delen inleddes, användes Pennan Multimark av Faber Castell® som en likvärdig produkt. Oljefärgen Georgian Oil Colour Lamp Black har använts som en representant för oljebaserat bläck.

Studien ämnar inte att utvärdera alla rengöringsmetoder som hittas i litteraturen. Urvalet av rengöringsmetoder som kommer att diskuteras och nämnas är de som funnits tillgängliga under undersökningens tidsram. Rengöringsmetoderna och lösningsmedlets relation till hälsoaspekter

kommer diskuteras kortfattat. Finansiella aspekter nämns mycket kortfattat men är i praktiken en starkt avgörande faktor för bläckborttagning.

1.7 Vetenskapsteoretisk utgångspunkt

Studiens undersökning är tvärvetenskaplig mellan de fyra områdena konservering, zoologi, kemi och biologi. Studien genomför en empirisk jämförande analys men kräver även en metodnära teori. Konservering innebär åtgärder och beslut för att lösa eller försena nedbrytningen av föremål (Muñoz Viñas, 2005, s. 171), och i denna studie kommer olika konserveringsprinciper och teorier avgöra val av konserveringsmetod.

Ett föremåls helhet beror på faktorerna; "(1) its material components, (2) its perceivable features, (3) the producer's intent and (4) its original function" (Muñoz Viñas, 2005, s. 66). Eftersom uppsatsens föremål inte har en mänsklig skapare är faktor tre inte relevant för studien. Dock är föremåls material, egenskaper och funktioner viktiga, även om det inte är exakt i den benämning som Muñoz Viñas talar om utifrån faktor ett, två och fyra då denna uppsats handlar om naturhistoriskt material och inte kulturhistoriskt. Studiens skelett kan nämligen ge kunskap om djurets och djurarterns levnadsstandard och dess anatomiska uppbyggnad i vetenskapliga såväl som estetiska sammanhang.

En viktig teori för konservatorer är *restauro scientifico* av Boito, som menar att personliga åsikter inte bör vara i vägen för konserveringen. *The new scientific conservation theory* (NSCT) syfte är att bevara en helhet hos föremålet. NSCT är inte identisk till Boitos *restauro scientifico*, utan menar att mer vetenskapliga metoder, analyser och tankesätt bör inarbetas i konservering för att minska kunskapsluckor och lösa konserveringsproblem. Detta har lett till en bättre förståelse för materialets egenskaper och nedbrytningsprocesser. En större skillnad mellan *restauro scientifico* och *the new scientific conservation theory* är att den sistnämnda lämpar sig på en större mängd av kulturhistoriskt och naturhistoriskt material (Muñoz Viñas, 2005, s. 65-90).

Muñoz Viñas (2005) menar att *reversibilitet* är ett ouppnåeligt ideal för konservatorer samtidigt som det är ett etiskt förhållningssätt. Alla konserveringsmetoder kommer att påverka föremålets material på något sätt. Fysikens lagar menar att det är omöjligt att föremålets tas tillbaka till dess föregående tillstånd, alltså är ingen rengöring, lagning eller bevaringsmetod reversibel. Ett exempel är att porösa material inte kan rengöras fullständigt på grund av porernas kapillärkraft och lösningsfenomenet absorption (Appelbaum, 1987). Två andra vidareutvecklingar har tillkommit av reversibilitet, *removability* (Charteris, 1999) och *retreatability* (Appelbaum, 1987). Sammankopplad till reversibilitet är *minimal intervention* som menar att alla konserveringsbehandlingar bör vara så minimala som möjligt. Dock om reversibilitet hade varit ett uppnåeligt ideal så hade minimala ingrepp inte behövts (Muñoz Viñas, 2005, s. 183-194). Med detta i åtanke, kommer eftersträvan med minimala ingrepp krocka med syftet att avlägsna främmande material från skeletten. Med mekanisk-, kemisk- och laserrengöring finns det nämligen en risk att föremålets yta förändras, bläcket börjar blöda eller förändring av den kemiska sammansättningen.

Teorin om *nedbrytningsfaktorer/distinkta faktorer* nämner tio skilda faktorer som har en nedbrytande effekt på föremål (Michalski, 1990). En av de mest relevanta faktorerna för föremålen i denna studie är förlust av dokumentation. Risken för förlust av dokumentation har gjort att NRM märkt sina föremål av skelett direkt på föremålen då etiketter kan försvinna eller trilla av och göra föremålen oidentifierbara, däremot har märkningen utförts i flera fall på ett invasivt sätt. Bläck på textil identifieras som smuts då det är ett ämne som är oönskat och detsamma gäller för bläck som oavsiktligt eller felaktigt ritats på naturhistoriska föremål (Rice, 2011, s.118-119; Madden m.fl., 2001).

1.8 Källmaterial och källkritik

Det källmaterial som till största delen brukats i denna uppsats består av tryckt litteratur, vetenskapliga artiklar med studier, experimentella studier och privata diskussioner med två informanter.

Den publicerade litteraturen och de vetenskapliga artiklarna har främst lästs via internet, undantag är äldre böcker om skelett och konservering av naturhistoriskt material som Göteborgs Universitetsbibliotek erbjuder. Flera av studiens källmaterial kan ses som äldre och därmed utdaterade, men på grund av att naturhistoriskt material är en liten gren inom konservering så publiceras inte ny forskning kontinuerligt, därmed görs ett undantag och källorna ses som tillförlitliga oavsett deras publiceringsdatum. Källmaterialet är hittat via Göteborgs Universitetsbibliotek, AATA Online, Google Scholar och DiVA portal, via deras webbsidor fanns det nämligen en stor chans att både hitta gammal och ny forskning inom området.

Den experimentella studien kan inte ge svar på om bläckborttagning med gel och lösningsmedel kan ske på alla typer av skelett eller bläck. Den kan dock utvärdera om det fungerar på studiens föremål.

Mottagande av specifik fakta om material och metoder för studiens sex föremål erhöles via mejlkonversationer och telefonkonversationer med de två informanterna Peter Mortensen och Tommy Johansson. Eftersom deras utförande av metoder har skett mellan 4-30 år sedan kan det bedömas att informanterna möjliggör en stor risk för missbedömning av föremålen då deras material och metoder kan vara viktiga för uppsatsens resultat, analys och slutsats. Oavsett detta, så finns det ingen dokumenterad källa för den önskade informationen om föremålen och därmed behövs informanternas uppgifter användas som källa till uppsatsen men deras tillförlitlighet kan diskuteras.

2. TEORI: Skelett, bläck, och rengöring med geler

Bläckborttagning på skelett är en komplex process som ofta innebär att lösningsmedel brukas för att lösa upp bläcket utan att skada det underliggande benmaterialet. Vilken typ av lösningsmedel som används beror på typ av bläck och föremålets tillstånd. Processen för bläckborttagning kan vara tidskrävande och kräver skicklighet och expertis för att säkerställa att bläcket tas bort utan att skada benet estetiskt och kemiskt.

2.1 Skelett och dess kemiska struktur

2.1.1 Kemisk struktur

Bäckenben och kranium hos vilda ryggradsdjur har samma kemiska uppsättning och grupperas som platta ben, de har en yttre kompakt del och en smal spongiös inre del (Jørgensen & Botfeldt, 1986, s. 11).

Jørgensen & Botfeldt (1986, s. 13-14) förklarar att den kompakta bensubstansen domineras av haverska kanaler, som innehåller lymfkärl, blodkärl, bindväv och mörgerceller, och volkmanns-kanaler som är tvärgående sidokanaler och härstammar från de haverska kanalerna. Volkmanns-kanalerna förbinder de haverska kanalerna, mörghålan och den fria ytan av benet i benhinnan, och sammanväver den kompakta bensubstansen, som därför gör benet poröst. Den smala spongiösa inre bensubstansen består av en organisk och oorganisk del där förhållandet beror på djurart, kön, ålder och var på benet analysprovet tas, men vanligast är att förhållanden mellan den oorganiska och organiska delen är 2:1. Den organiska delen består av kollagen (-x-gly-pro-hydro-gly-x-), elastin och lipider. Och den oorganiska delen består huvudsakligen av kalciumfosfat av typen hydroxylapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) och fluorapatit ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) (Jørgensen & Botfeldt, 1986, s. 13). Figueiredo m.fl. (2012) utvecklar och förklarar att den extracellulära matrisen av benvikt består av 10 % vatten, 25 % typ I kollagen, 65 % karboniserad hydroxylapatit, och alla dessa beståndsdelar ger olika mekaniska egenskaper som tillsammans ger benet anmärkningsvärd draghållfasthet och motståndskraft mot brott. Dock kan de strukturella egenskaperna hos benen variera med och inom ryggradsdjursarter beroende på individens ålder, näring, hälsotillstånd med mera (Figueiredo m.fl., 2012)

2.1.2 Märkning av skelett

Märkning är en viktig del inom konservering för att minimera risken för förlorad dokumentation. Märkning ska aldrig permanent förändra föremålet, icke accepterade metoder är exempelvis: etsning, ristning, stämpling, gravering eller liknande (Byrne m.fl., 2000, s. J2). Som regel måste varje föremål i ett museum eller samling bära sitt unika nummer konstant så att föremålet kan identifieras i alla lägen. Om märkningen skulle försvinna finns det en risk för att dess ursprung och tillhörande information är förlorad för all framtid, vilket är en av de tio riskfaktorerna [the ten factors of deterioration] (Collections Trust, 2020.)

Önskade egenskaper föremåls märkningar ska ha är; 1) säkerhet, så att risken för avlägsnande av märkningen eller etiketten är låg, 2) reversibilitet, etiketten eller märkningen ska kunna avlägsnas från föremålet när som helst med minimala spår. 3) säkerhet för föremålet, etiketten eller märkningen ska inte på något sätt kunna skada föremålet. 4) diskret men synlig, etiketten eller märkningen ska inte förstöra föremålet estetiskt eller dölja något, men den måste även vara tydlig nog för att minska hantering av föremålet (Collections Trust, 2020). Utöver detta bör följande saker bäras i åtanke vid märkning av skelett; alla kemiska substrat som inte testats kan ha skadlig effekt på föremålet, och märkningen eller etiketten bör vara så pass tydlig så att den kan ses i samlingen utan att man behöver flytta på föremålet. South East Museum Development (u.å.) menar däremot att fysisk märkning direkt på föremålet är att föredra då det är mer säkert än en etikett, samtidigt yrkar de på att det är viktigt att använda lämpligt material och teknik för föremålet.

Rekommenderad märkning för skelett är att först pensla ett lager med 20 % Paraloid B-72 i aceton som barriärlager direkt på skelettet. Sedan skrivs det unika numret på det torkade lagret av Paraloid B-72 med svart permanent penna. Sedan läggs ett nytt lager av Paraloid B-76 på märkningen. Märkning direkt på föremålet kan leda till att permanent kontaminera föremålet och rekommenderas inte (South East Museum Development, u.å.). Collections Trust (2020) säger dock att både permanenta svarta pennor, rotringpennor och permanent svart bläck går bra att bruka. En tredje rekommendation från National Museums Liverpool (u.å.) menar dock att vid märkning av skelett kan Paraloid bytas ut mot akrylfernissa och att en pigmentbaserad penna eller akrylfärg bör användas. Byrne m.fl. (2000, s. J16) vidareutvecklar märkningsprocessen och menar att för skelett från ryggradsdjur, ska märkningen sättas i mitten av det skelettet och specifikt i nedre delen av baksidan för kranium.

Vid felaktig märkning av skelett, ska alltid en konservator konsulteras för att avgöra om märkningen ska avlägsnas ut ett konserveringsprincip och bästa metod för borttagning, som princip ska inventarienummer endast avlägsnas vid nödvändiga fall såsom att: inventarienumret är felaktigt eller att bläcket har smetats ut (Byrne m.fl., 2000, s. J3).

2.1.3 Analysmetoder för skelett

Det finns flera analysmetoder för att identifiera såväl som för att analysera skelett. Beroende på vad som eftersöks kan olika lämpliga analysmetoder nyttjas såsom Fourier-transform infraröd spectroscopy (FTIR), mikroskopi, fotografi, röntgen med mera. Uppsatsens mål är att identifiera först och främst bläckets kemiska sammansättning men det är viktigt att välja en metod med minimala ingrepp som är kompatibel med skeletten.

FTIR är en analysmetod som är baserad på absorptionen av infraröd strålning under vibrationsövergångar i kovalent bundna atomer. De molekylära bindningarnas natur hos provet ges genom intensiteten och frekvenserna hos de infraröda banden (Figueiredo m.fl., 2012). Det finns studier där FTIR använts för att analysera olika ben i religiösa, historiska eller naturvetenskapliga sammanhang, exempelvis Asscher m.fl. (2011). Här har de använt FTIR (Nicolet 380-instrument) för att se om metoden kan appliceras på mineraliserade fossila och moderna ben. De beskrev utförligt hur prov kan tas och analyseras med FTIR. Processen började med att de tog benprover och malde dem med mortel och mortelstöt, blandade det resulterade pulvret med kaliumbromid-pulver till en homogen blandning som sedan pressades till ett transparent pellet under två tons tryck. Pelletsen maldes ned efter varje mätning och pressades om på nytt tills inga signifikanta förändringar i FTIR-topparnas former erhöles. En av artikelns slutsatser var att det inte är en direkt korrelation mellan omfattningen av diagenes (som kan påverka porositet) och död tidpunkt för djuret, vilket är viktigt att ha i åtanke då björnarna i denna uppsats dog vid olika tillfällen. Figueiredo m.fl. (2012) förklarar att FTIR är en lämplig analysmetod för att identifiera benmassa då dess huvudsakliga innehåll absorberar infraröd strålning bra i områden inom intervallet $500\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$. För att ben ska kunna analyseras mals de vanligtvis ner vilket förändrar partikelstorleksfördelningen (Kontopoulos m.fl., 2018).

Genom att använda *reflective mode* på FTIR går det att analysera prov på ett icke-invasivt och icke-destruktivt sätt då inget tryck appliceras på föremålet (Margariti, 2019). Tidigare tester som bevisat metodens icke-destruktiva sätt har utförts på mineraliserade textilier från 400-talet f.Kr. Den studien utfördes med Perkin-Elmer FTIR Spectrum One instrument med en Universal ATR anslutning, där spektrumets intervall var $4000\text{ till }500\text{ cm}^{-1}$. Proven lades på en guldspegel som infördes i det centrala hålet på objektglaset. I varje enskilt fall justerades mikroskopöppningen så att en yta på $70 \times 100\ \mu\text{m}$ analyserades. Margariti (2019) upptäckte dock att det reflektiva läget har en nackdel, de infraröda strålarna kan delas om provet har en cylindrisk form och därmed inte penetrerar provet på djupet så att endast en ytanalys utförs.

FTIR kan även tillämpas för att analysera oljor och fernissa på skelett (Botfeldt, m.fl., 2018). Botfeldt m.fl. (2018) studier oljor och fernissa avlägsnades på ett destruktivt sätt med skalpell och

analyserades i *transmission mode* med FTIR, precis som Asscher m.fl. (2011) gjorde i sin studie. Botfeldt m.fl. (2018) har dock mätt sin studies prover med Bruker Tensor 27 fäst till ett Bruker Hyperion 2000 mikroskop. Upplösningen var 4 cm^{-1} och en yta på 580 till 4000 cm^{-1} analyserades. Något som skiljer Botfeldt m.fl. (2018) artikel åt från de två tidigare nämnda är att Botfeldt, m.fl., berättar att provens spektrum analyserades med ett spektrumbibliotek som tillhör University of Fine Arts Dresden medan de andra två artiklarna inte nämner deras spektrumbibliotek.

2.2 Geler

Geler har funnits sedan antiken och definitionen för gel är än idag inte bestämd, forskare har dock gett sina egna definitioner såsom den från H. K. Henish; "...as a two component system of a semisolid nature, rich in liquid, and no one is likely to entertain illusions about the rigor of such a definition..." (Baglioni & Chelazzi, 2013, s. 253). Geler används idag inom konservering framförallt till rengöring av olika material då de är anpassningsbara, minimerar mekaniskt slitage och är miljövänliga, vilket passar för bräckliga skelett. Nya studier framkommer regelbundet med utveckling av geler som är kombinerbara med speciella lösningsmedel, minimera risken för att lämna gelrester på föremål och minimera exponering för hög toxicitet (Giordano m.fl., 2022).

En av de sorters geler som är vanligast inom konservering är hydrogeler [hydrogels]. Hydrogeler har antingen kemiska eller fysiska tvärbindingar men alla har gemensamt att de är ett tvåfasiskt material, med andra ord en homogen blandning av porösa och permeabla fasta ämnen, där 10 % vikt- eller volymprocent är interstitiell vätska som helt eller huvudsakligen består av vatten (Bustamante-Torres m.fl., 2021). Deras specifika polymerkedja dispergerad i vatten åstadkommer att hydrogelerna bildar nätverk som håller vatten och minskar dess spridning. Hydrogeler används i första hand för föremål som är fukt- och vattenkänsliga, vilket skelett är. Tillverkaren CSGI har skapat bland annat 20 stycken varianter av hydrogeler med olika mekaniska och kemiska egenskaper för rengöring av föremål som består av plast, papper, sten och trä med mera. Med hydrogeler har rengöring av olika material förbättrats då fukt och lösningsmedel kan kontrolleras mer av konservatorn och behandlingen kan göras mindre aggressiv (Baglioni & Chelazzi, 2013, s. 253).

2.2.1 Fysiska hydrogeler

Det som skiljer fysiska och kemiska geler åt är att de fysiska gelerna har dynamiska opolära tvärbindingar medan kemiska geler har kovalenta tvärbindingar. Den fysiska gelens tvärbindingar skapar möjligheten för gelen att konstant skapa och bryta ner tvärbindingarna så att gelens tillstånd byter mellan fast och flytande under påverkan av olika miljöfaktorer. Den största komponenten i fysiska geler är lösningen, vilket oftast är vatten eller har vatten som en beståndsdel. Organiska hydrofila lösningsmedel kan även användas istället för vatten för att ge gelen en specifik struktur eller egenskap (Djabourov m.fl., 2013, s. 8-13).

2.2.1.1 Agar agar

Agar agar, agarose eller agargel, är en organisk hydrogel som består av agarpulver, vatten och ett lösningsmedel såsom etanol. Agarose är en komplex polymer av galaktosenheter, extraherad från *Gelidium cartilagineum*, *Gracilaria confervoides* eller rödalger (The National Center for Biotechnology Information, u.å.). Eftersom det existerar en naturlig mångfald i den kemiska sammansättningen hos agarose kan dess kemiska sammansättning och gelnings- och smältpunktstemperaturer variera. Vid tillredning av agar agars, blandas agarpulver med vatten och värms upp till 85°C . Vid denna temperatur genomgår sockermolekylerna i agarpulvret tvärbinding och bildar polymerkedjor som är nödvändiga för gelbildandet. Det valda lösningsmedlet kan sedan tilläggas och lösningen kyls ner till 40°C då det är först vid denna temperatur som gelen kan bildas. Gelens porositet beror på koncentrationen av agarose i depersionsfasen samt mängd av lösningsmedel. Genom att ändra koncentrationen kan viskositet, absorption och dispersion ändras till önskad effekt (Giordano m.fl., 2022). Lösningsmedlet måste vara ett hydrofilt ämne för att passa med agar agars då gelens hydrogena struktur kommer brytas om inte lösningsmedlet kan fästas till gelens polymerkedjor

och vatten. Det blir sedan en homogen blandning då polymerkedjorna bundna till vattnet är intakta. Ifall en mindre alkoholmolekyl skulle bindas till polymerkedjorna kommer vattnets bindningar att brytas och gelen skulle börja klumpas (Lee Scott, 2012).

Den systematiskt jämförande studien av Kavda m.fl. (2017) undersöker effekten av “gelling agents” (lösningsmedel, hydrogel matriser och förtjockningsmedel) och lösningsmedel på föremål av PMMA. De har även utfört en experimentell del för deras effekt, säkerhet och tidsberoende verkan. I studien förklarar forskarna hur 2 % agar gel (pH 7.0) bildas, där de löst agarpulver från företaget Sigma Aldrich i joniserat vatten och värmt upp det två gånger till 90°C. Gelen laddades sedan med lösningsmedel; joniserat vatten, etanol, isopropanol eller petroleumeter. I studien var forskarna tvungna att lägga en glasvikt på agar agars för att öka kontakten med PMMA-ytan, gelen och kontaktytan var också täckt för att minimera avdunstning av lösningsmedel. Utvärderingen för denna studie utfördes med Leica M205A stereomikroskop med släpljus och med svepelektronmikroskopi (SEM). Resultatet var att agar agars inte repade föremålets yta, däremot lämnade det minimala rester på föremålen, vilket är en avgörande bedömningsfaktor för denna kandidatuppsats. Giordano m.fl. (2022) menar dock att agar agars inte kan lämna rester kvar på ytan på grund av dess svaga bindningar. I jämförelse med de andra gelerna i Kavdas m.fl. (2017) studie, gav agar agars laddad i lösningsmedel bäst resultat, vilket förespråkar för att agar agars till kandidatuppsatsen kan ge ett lyckat resultat för rengöringen.

2.2.1.2 Gellan gum

Gellan Gum är en biopolymer som kan bilda hydrogeler med multivalenta katjoner som absorberar stora volymer vatten och andra lösningsmedel (Das & Kumar Giri, 2020). Gellan Gum är en polysackarid med en rak kedja av fyra monosackarider, en rhamnosmolekyl, en molekyl av glukuronsyra och två glukosmolekyler. Idag används gelen inom konservering då den gradvis släpper fukt vilket underlättar rengöringsprocessen, är mycket kontrollerbar samt inte efterlämnar rester på grund av dess stela form och starka inre sammanhållning. Vid rengöringsprocessen överförs smutsen till gelen genom osmos (Maheux, 2015).

Gellan Gum började användas inom konservering då forskare ville hitta ett bättre ekonomiskt val än agar agars. Forskning visar även på att Gellan Gum har en bättre transparens och bättre vattenretention än agar agars. Detta gör den väldigt vanlig framförallt inom papperskonservering där det är viktigt att kontrollera kapillärkraft och lösningsmedlets mängd vid rengöring. Gelen kan dessutom samtidigt som den släpper lösningsmedlet absorbera de lösliga nedbrytningsprodukterna (Maheux, 2015). Andra studier har jämfört den mängd vatten som frigörs mellan de två fysiska gelerna, slutsatsen var att Gellan Gum har en större retentionsförmåga än agar agars (Leroux, 2016).

Vid tillredning av Gellan Gum är det viktigt att välja en av de två varianterna gelen är tillgänglig i, det vill säga hög acylhalt (HAGG) eller lågt acylhalt (LAGG). Tillredning av HAGG kräver högre värme, 75-100°C, HAGG har även flera fördelar då det är acylhalten som påverkar gelens karaktär. HAGG ger en mjuk, elastisk gel, medan LAGG:s brist på acyl ger en hård och icke-elastisk gel. Andra påverkande faktorer hos gelens karaktär är temperatur vid tillredning, koncentration och tillägg av kalciumacetat ($\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$), som ger den strukturella integriteten hos gelen (Maheux, 2015; Caroll, 2019). 2-5 % HAGG tillreds följande; kalciumacetat (0.4 g/L kalciumacetat) läggs i destillerat vatten, och sedan blandas Gellan Gum-pulvret i så att en kolloidal dispersion bildas. Den homogena lösningen värms upp och rörs om till dess kokpunkt nås och lösningen går från gul till transparent, oftast sker detta vid 75-100°C. Det är nödvändigt att värma blandningen till dess kokpunkt för att tillåta fullständig hydratisering av dess struktur. Lösningen hålls sedan ner i en värmestålig behållare och gelen bildas medan temperaturen sjunker till rumstemperatur (Maheux, 2015). Vid tillredningen är det även möjligt att tillägga organiska lösningsmedel i en bestämd mängd innan gelning, något som inte går med LAGG. För LAGG, kan gelen laddas i lösningsmedel först efter gelen bildas, då ska den laddas i minst 12 h.

Vid användning läggs den platta sidan av gelen ned mot föremålet. För att minimera avdunstning av lösningsmedel kan Melinex® läggas över gelen så att den täcks. Plexiglas kan även läggas ovanpå för att ge en jämn kontakt mellan föremål och gel (Leroux, 2016).

2.2.2 Kemiska hydrogeler

Kemiska gelers polymerkedjor tvärbinds genom gelens intramolekylära kovalenta bindningar, tack vare detta kan den kemiska gelen ses som en enda stor molekyl (Baglioni & Chelazzi, 2013, s. 259). Detta gör också de kemiska hydrogelerna till antingen en starkt reversibel eller irreversibel gel, d.v.s. deras förmåga att i olika hög grad kunna gå från gelform till lösning igen (Djabourov m.fl., 2013, s. 8-13).

2.2.2.1 Peggy-6

Leroux (2016) förklarar att Nanorestore Gel© fötts ur ett samarbete mellan flera länder och forskare (CSGI (Consorzio Interuniversitario per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase/ Research Center for Colloids and Nanoscience) Florens, Italien) för att ta fram nanomaterial som kan användas inom konservering, inklusive olika nanogeler och nanostrukturerade rengöringsvätskor.

Den kemiska hydrogelen Peggy-6 tillverkas av företaget Nanorestore Gel® och består av polyvinylacetat (PVA) (Bartoletti m.fl., 2020). Gelen är speciellt lämplig för tuffare ytor då den är flexibel, elastisk och har låg retentionsförmåga av vätskor (i jämförelse med HWR dry gel) tack vare dess starka intermolekylära bindningar. Denna typ av nanogel kan avlägsna smuts och fläckar på ytor såsom; måleri, papper, trä med mera, och tar bort nedbrytande ämnen som smuts, damm och fernissa. Peggy-6 fungerar som ett kärl eller en svamp för lösningsmedlet, saktar ner dess avdunstning från gelen samt släpper lösningsmedlet långsamt på grund av dess starka bindningar mellan makromolekylerna som ger gelen mycket hög intern kohesion. Precis som Gellan Gum, lämnar inte Peggy-6 några rester på grund av dess kemiska struktur. Alla nanogeler har dessutom bättre retentionsförmåga än Gellan Gum. Vid rengöring av fläckar som är lösliga, kommer material lösas av gelens laddade lösningsmedel och migrera in i gelen (CSGI, u.å; CSGI, 2019; Leroux, 2016).

Vid användning av Peggy-6 tas gelen ut från dess bägare med vatten och läggs i en ny bägare med det önskade rengöringsmedlet. Peggy-6 kan laddas i vatten, polära lösningsmedel, hydroalkoholhaltiga blandningar och vattenbaserade nanostrukturerade vätskor från Nanorestore Cleaning® (CSGI, u.å.). Leroux (2016) hävdar att nanogeler inte bör laddas i opolära lösningsmedel som xylen. Eftersom aceton har både en polär ände (som kan binda med vatten) och en opolär ände (som kan binda med smuts) med en polaritet på 0.355 kan aceton både ses som polärt och opolärt. Tillverkarna av Peggy-6 menar emellertid att aceton inte är polärt nog för att kunna kombineras med gelen. Gelen måste vara i lösningen i minst 12 h för att laddas fullständigt. Innan applicering på föremålet, ska gelen torkas lätt med vattenabsorberande papper, såsom läskpapper (Leroux, 2016). Gelen kan sedan stanna på föremålet i några minuter till flera timmar, utifrån önskat resultat, typ av lösningsmedel och föremålets kondition (CSGI, u.å. CSGI, 2019). Enligt CSGI (2019) kan Peggy-6 sedan återanvändas 4-5 gånger genom att ladda om gelen på nytt i lösningsmedlet, de uppmärksammar dock att dess rengöringsförmåga kan avta efter varje användning.

2.2.2.2 HWR dry gel

Nanorestore Gel® High Water Retention, även kallad HWR dry gel, är en vattenbaserad kemisk gel som tack vare dess makromolekylbindningar inte lämnar rester kvar på föremålet efter rengöring. Gelen består av 2-hydroxietylmetakrylat och polyvinylpyrrolidon (CSGI-Consorzio per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase, 2019). Precis som Peggy-6 har HWR dry gel ett starkt retentionsnätverk, vilket gör den lämplig för vattenkänsligt material då den endast släpper lösningsmedlet på de ytor som är i kontakt med föremålet. HWR dry gel kan även laddas i polära lösningsmedel, hydroalkoholhaltiga blandningar och vattenbaserade nanostrukturerade vätskor från Nanorestore Cleaning® (Deffner och Johann, u.å.).

Eftersom skelett kan vara ett vattenkänsligt material beroende på om det tidigare varit vattendränkt eller inte, befunnit sig i ett varmt klimat eller beroende på vilka preparationsmetoder som använts, kan HWR dry gel ofta vara det bästa valet då den är tillverkad för vattenkänsliga föremål (Grant, 2019). Att exempelvis använda mekaniska metoder som att rengöra med vatten och borsta försiktigt med en borste för att rengöra skelett kan göra att yttersta lagret försvinner och skelettet börjar krackelera (Rapp Py-Daniel, 2014).

2.3 Bläck

2.3.1 Kemisk sammansättning

2.3.1.1 Vattenbaserad bläck

Vattenbaserad bläck, exempelvis tusch [India ink], har enligt Woods & Woods (2000) tillverkats så tidigt som på mitten av det tredje årtusendet f.Kr., i Kina. Tusch har fått sitt engelska namn efter den senare handeln med Indien, därav India ink. Tidigare användes tusch till att skriva med och till trycksaker, men idag används det framförallt till teckning.

Svart tusch är vanligtvis sammansatt av pigmentet Lamp Black och en organisk vätska, oftast vatten, som gör det flytande. Kolmolekylerna hos pigmentet är i kolloidal suspension och bildar ett vattentätt lager efter torkning, det är en av anledningarna till varför tusch ses som vattenfast. Vanligtvis behövs inget bindemedel men gelatin och shellack kan tillsättas för ett mer hållbart bläck när det torkat. Beroende på bindemedel, kan tuschen sedan bli vattentätt eller icke-vattentätt (Britannica, u.å.). Tusch nyttjas ofta i form av en tuschpenna med kan även införskaffas i vätskeform och användas med pensel eller kalligrafipenna.

2.3.1.2 Alkoholbaserad bläck

Alkoholbaserad bläck är en lösning av ett färgämne utspätt i en alkohol, exempelvis isopropylalkohol och etylalkohol. Denna typ av bläck kan identifieras utifrån dess intensiva, mycket mättade, genomlysande färger, samt den karakteristiska doften av alkohol. Alkoholbaserade pennor anses vara permanenta då de är vattentåliga (Faber Castell, u.å.).

Pennan Artline 725 i svart färg av det australiensiska företaget Artline innehåller följande kända ämnen; etylalkohol, 1-methoxypropan-2-ol och etyllaktat, dock är typ av färgämnen inte känt (Acco Brands, 2016). Pennan Multimark permanent produceras av det tyska företaget Faber Castell® och är även alkoholbaserad, däremot är dess kemiska innehåll inte känt då företaget inte anser att det behövs ett tillgängligt säkerhetsdatablad enligt EU:s befintliga bestämmelser för farliga produkter och kemikalier (Faber Castell, 2017). Det är dock publicerat på Faber Castell® hemsida att deras alkoholbaserade permanenta pennor innehåller färgämnen som kommer att blekna med tiden, vilket även är vanligt för de flesta alkoholbaserade pennor (Faber Castell, u.å.).

2.3.1.3 Oljebaserad bläck

Det första dokumenterade brukandet av färgad oljebaserad bläck inom Europa är på 1300-talet i samband med tryck på dekorerade textilier med hjälp av träblock. Bläcket förfinades alltmer fram till introduktionen av Johann Gutenbergs tryckpress omkring 1440. Oljorna till dessa bläck var vegetabiliska, exempelvis från valnöt och linfrö och blandades med naturliga hartser för att bindemedlet skulle tjockna och torkning påskyndas (Stiber Morenus m.f., 2015). Oljebaserad bläck används idag framförallt till skrivarbläck, men har tidigare använts till bläckpennor fram till 1960-talet. Bläcket kan idag innehålla vegetabiliska oljor såsom sojabön-, solros-, bomullsfrö-, safflor- och rapsolja. Oljan kombineras sedan med ett pigment, lösningsmedel eller bindemedel och en harts. Enligt Casanova m.fl. (2016) kan organiska ämnens fysiska och kemiska egenskaper förändras vid åldrande, till exempel kan det ske färgförändringar och lösningsförändringar.

2.3.1.4 Analysmetoder för bläck

Då ben är ett mycket komplext organiskt och poröst material rekommenderas det inte att testa olika lösningsmedel direkt på skelettet då det kan nedbrytas. Det är därför viktigt att kunna identifiera det ämne som ska rengöras eller lösas upp innan konserveringsarbete utförs för att hitta den mest lämpliga metod och det bästa lösningsmedlet (Casanova m.fl., 2016). Några analysmetoder för identifiering av bläck är Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), laser, FT-NIR, gaskromatografi och infraröd spektroskopi i kombination med RAMAN.

Enligt Casanova m.fl. (2016) tillämpas främst gaskromatografi med masspektrometri (GC-MS) för att identifiera organiska ämnen inom konservering. GC-MS lämpar sig bäst för blandningar och infraröd spektroskopi till isolerade organiska ämnen. Infraröd spektroskopi kan även kombineras med RAMAN spektroskopi för att identifiera bläck. Keheyen & Giulianelli (2006) bevisade även att bläcks möjliga organiska komponenter som saffran, gummi arabicum och vitsenap kan identifieras med *pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry* (Py-GC-MS). Det finns även exempel på hur FT-NIR tidigare använts för analys av järngallusbläck (Havermans m.fl., 2005).

Atanassova m.fl. (2021) har testat effektiviteten hos laserrengöring på klotter av permanent svart bläck på en graffitimålning. Innan rengöringen påbörjades identifierades bläcket och graffitin med hjälp av FTIR och röntgenfluorescens teknik (XRF) och sedan analyserade de resultaten mikroskopiskt och med kolorimetri. FTIR användes i första hand för att identifiera bläckets bindemedel och XRF för identifiering av bläckets pigment eller färgämne. Wagner m.fl. (2007) har även lyckats identifiera forntida bläcks huvudkomponent (PbS) och pigment som använts på en egyptisk bok av papyrus med hjälp av svepelektronmikroskop (SEM) och energidispersiv röntgenspektroskopi [energy-dispersive X-ray spectroscopy]. Senvaitiene m.fl. (2006) visar, precis som de andra studierna, på att fler än en analysmetod behövs för att identifiera bläckets kemiska komponenter. Just för att analysera och identifiera historiskt bläck behövde Senvaitienes m.fl. studie använda FTIR, UV-ljus, spektroskopi och kapillärelektrofores.

2.3.2 Rengöringsmetoder av bläck på andra material

Följande studier är relevanta för kandidatuppsatsen då de undersöker olika rengöringsmetoders effektivitet för att avlägsna bläck från andra material än skelett. Fläckborttagning inom papperskonservering är en frekvent åtgärd där man använder flera olika sorters metoder beroende på typ av fläck, papper och föremålets tillstånd. Hydrogeler är en ny metod som nyttjas ofta inom målerikonservering för att avlägsna oönskat material såsom smuts och fernissa (Iannuccelli & Sotgiu, 2010), men de kan även nyttjas inom papperskonservering och för andra material.

Bläckfläckar klassificeras antingen som *dryside* eller *wetside*, beroende på bläckets komponenter som löser pigmentet eller färgämnet. Oljebaserad bläck ger dryside-fläckar, och några exempel är markeringsbläck, kulspetsbläck och tryckbläck. Vattenbaserad bläck ger wetside-fläckar, tre exempel är tusch och bläck för reservoarpennor och filtpennor. Enligt Eisen (1993) beror bläckborttagningens resultat på hur länge fläcken suttit på föremålet, skribenten har dock först och främst fokuserat på bläckfläckar på textilier och kläder och menar att bläcket även kan identifieras beroende på var fläcken sitter, exempelvis i plaggets fickor och bläckets färg.

En av de nyaste metoderna för bläckborttagning och rengöring för fläckar av annan härkomst är laserrengöring. Caverhill m.fl. (1996) visade i sin studie att det är möjligt att rengöra bomullspapper från dryside-fläckar av bläck från en kulspetspenna med lasern Q-switched Nd:YAG. Resultatet analyserades med fotomikroskopi och SEM. Madden m.fl. (2001) beskriver hur laser även tillämpats för bläckborttagning på elfenben och hur detta material skiljer sig från andra organiska material där samma eller liknande metoder har använts. En essentiell analys från denna studie är skillnaderna mellan laserrengöring för bläck som penetrerat föremålet och det som ligger på ytan. Skillnaden mellan de avsiktliga målningarna av konstnären och det oavsiktliga bläcket på elfenben är att bläcket ses som fläckar som påverkar föremålets helhet och estetik. Madden m.fl., uppmärksammade att de

traditionella konserveringsbehandlingarna vanligtvis inte räcker till vare sig för avlägsnade av bläcket på ytan eller det som penetrerat föremålet. Därför utförde de en experimentell studie för att avlägsna bläck från de färgade elfenbenproven med lasern ND:YAG. De konkluderade att bläckborttagningen var som mest lyckad i den synliga ljusvåglängden.

Tidigare forskning av Briffa (2018) har undersökt olika metoder för rengöring av permanent bläck från pergament där bläcket har suttit på pergamentet i 15 år. Först testades att avlägsna bläcket med aceton men resultatet var endast delvist framgångsrikt. Studiens forskare valde att nyttja gelen Velvesil Plus™ laddad med respektive aceton och bensylalkohol för att på ett kontrollerat sätt avlägsna bläcket utan att tillföra för mycket vatten på pergamentet. Genom att jämföra obehandlade ytor med de rengjorda ytorna kunde forskarna se att rengöringsmetoden med gel var säker då de inte kunde se några tecken på skador på kollagenmolekylerna.

För bläckborttagning går det så klart att använda mer traditionella metoder, men metoderna fungerar inte alltid för alla material och kan skada föremålet. Stone (1977) förklarar hur de mer traditionella rengöringsmetoderna såsom kemisk och mekanisk rengöring kan användas för att avlägsna bläck från två skinnkläder från utställningen "Athapaskan-Strangers of the North". Här valde Stone att mekaniskt ta bort bläcket med en Dumont No. 3 Microforceps och åtgärden var lyckad för att avlägsna bläcket. Dock förstördes föremålets ytstruktur och färg, vilket är viktigt att ha i åtanke då detta säkerligen kan ske för andra material också vid mekanisk rengöring. Ett annat exempel på hur en traditionell metod använts är av Dobrusskin (1988) som lyckats avlägsna klotter av kulspetsbläck från tavlan "La Regina del Regno dei Fiori canta Nicola, Nicola, Nicola aaa" av Nicola De Maria. Dobrusskin kunde avlägsna bläcket kemiskt med morfolin och väteperoxid utan att skada tavlans olika pigment och färgtyper.

2.3.3 Rengöring av graffiti

Graffiti kan vara allt från sprayfärg, markörer till pennor (Pozo-Antonio m.fl., 2016), vilket gör följande studier relevanta för kandidatuppsatsen då de undersöker olika rengöringsmetoders effektivitet för att avlägsna graffiti från porösa material. Graffitis kemiska substans består oftast av pigment (t.ex. järnoxid, kimrök eller aluminium) blandade med syntetiska hartser (termoplastiska eller termostabila) och lösningsmedel (aceton ensamt eller i kombination med alkoholer eller estrar) (Pozo-Antonio m.fl., 2016).

Kavda m.fl. (2017) och Baglioni m.fl. (2017) menar att geler kan vara en lösning för att avlägsna graffiti då de är mer kontrollerbara för en selektiv rengöring än traditionella rengöringsmetoder. I Baglioni m.fl. (2017) experimentella fallstudie, testades kemiska hydrogeler (3D-nätverk av pHEMA/MBA, genomträngda av en PVP med hög molekylär vikt) laddade med nanovätskor (t.ex. miceller och mikroemulsioner) på mock-ups av akrylfärg, nitrocellulosaalkydfärg och oxiderad alkydfärg. Baglioni m.fl. förklarar att de valt kemiska hydrogeler eftersom deras kovalenta bindningar gör att de beter sig annorlunda jämfört med traditionella fysiska geler inom konservering såsom Gellan Gum och agar agars. Fysiska geler identifieras på att vattnet är fysiskt kvarhållet inom gelnätverket genom vätebindning av de polära grupperna i biopolymererna. Agar agars har en tendens att lämna kvar rester på föremålet då kohesionskrafter inuti gelen har liknande magnitud som vidhäftningskrafter med det behandlade substratet, detta upptäcktes även i studien av Kavda m.fl. (2017).

Baglioni m.fl. (2017) resultat värderades mikro- och makroskopisk samt med FTIR. Ur en hållbarhetssynpunkt är geler en mycket bra rengöringsmetod då systemet är vattenbaserat och de lösningsmedel gelerna är laddade med endast består av mindre än 10 % av gelens vikt. Hydrogeler fungerar även som en kapsel och minimerar avdunstningen av lösningsmedlet. Studiens resultat var att hydrogelerna laddade med nanovätskor fungerar utmärkt för rengöring av graffiti och är kontrollerbar då de kan behärskas både i tid och plats. Eftersom gelerna är transparenta kan konservatorn även följa processen bara genom att titta på dem, appliceringstiden korrigeras sedan efter lösningens effektivitet. Om färgrester var kvar efter de inledande försöken med geler prövade Baglioni m.fl. (2017) två olika

metoder, antingen att öka gelens appliceringstid för att öka eller minska intensiteten, eller att avlägsna färgen mekaniskt med en fuktig bomullstuss. Bomullstuss doppad i lösningsmedel var inte effektiv då färgen smetades ut på föremålets yta. Eftersom skelett är ett väldigt poröst material (Jørgensen & Botfeldt, 1986), kan just resultatet av Baglioni m.fl. (2017) studie vara relevant då de upptäckte att rengöring med gelerna var effektivt på icke-bemålade porösa ytor.

Samolik m.fl. (2015) experimentella kvantitativa studie diskuterar graffitiborttagning från skulpturer och historiska byggnader där de jämfört traditionella kemiska och mekaniska rengöringsmetoder med laser. Precis som Baglioni m.fl. (2017) diskuterar, anser Samolik m.fl. (2017) att graffiti skapar estetiska och kemiska problem för föremålen. Där använde de lösningsmedel såsom etanol, aceton, lacknafta och xylene laddade i en gel av metylcellulosa. Graffitin i denna studie har bindemedlen nitrocellulosa-, akryl- respektive alkydhartser. Bläcket i kandidatuppsatsen kommer troligtvis vara alkoholbaserad och därmed kan själva metoden med gelen vara relevant men inte de laddade lösningsmedlen. Oavsett detta, så är nitrocellulosa och akrylhartser lösliga i polära lösningsmedel, och alkydhartser i aromatiska lösningsmedel. Den vetenskapliga studiens slutsats var att den kemiska rengöringen var lyckad utan att påverka föremålet negativt och en viktig del av det lyckade resultatet var att det gick att identifiera vilken typ av graffiti som skulle avlägsnas så att rätt lösningsmedel användes (Samolik m.fl., 2015).

Musolino m.fl. (2019) undersöker hållbara metoder för rengöring av graffiti från historiska byggnader, skulpturer och andra stenföremål, som Samolik m.fl. (2015) även gjorde. Istället för gel av metylcellulosa, har de använt ett tvåkomponentsystem där de kombinerat hybrid kiselgel (som syntetiseras och funktionaliseras med sol-gel-kemi) med det gröna organiska lösningsmedlet dimetylkarbonat och agar som en absorberande komponent. Datan analyserades med NMR spektroskopi och FTIR spektroskopi. Den gel som gav bäst resultat var syntetiserad genom att blanda tetraetylortosilikat med etylenglykol och 0.30 M ammoniak i en vattenbaserad lösning. Gelen fungerade mycket väl på den porösa stenytan och med FTIR-spektroskopi sågs det att inga rester av gelen fanns kvar. Forskarna spekulerar att om stenen hade varit mer porös, skulle graffitin kunna tränga sig in djupare i porerna och gelen skulle även kunna fastna i porerna (Musolino m.fl., 2019). Detta är viktigt att ha i åtanke då porositeten med stenen i studien inte har jämförts med skelettets porositet för kandidatuppsatsen.

Forskarna Pozo-Antonio m.fl. (2016) utförde en kvantitativ experimentell studie där de testade kemisk rengöring, mekanisk rengöring och laserrengöring av graffiti med kulörerna; blå, röd, silver och svart på två granitskivor med olika komposition och textur. Rengöringsmetoderna lyckades i olika hög grad, då kulörerna har olika kemiska strukturer, dock var all graffiti organisk då silvrets bas var polyeten och de resterandes bas var alkyd- och polyester. Resultatet, bedömt bland annat med FTIR, var att de två traditionella metoderna (kemisk och mekanisk) såväl som laser, skadade graniten. T.ex. orsakade metoderna kemisk kontaminering och att stenykans grovhet ökade. De märkte även att kulörerna hade olika penetreringsförmåga vilket kan ha påverkat resultatet.

Slutsatsen var att rengöringen alltid bör utföras så snabbt som möjligt innan färgen hunnit torka då det ger bättre resultat. De kom även fram till att stenarnas kemiska struktur inte påverkade rengöringsmetodernas resultat, utan det var kulörens kemiska sammansättning (Pozo-Antonio m.fl., 2016). Vilket är viktigt då kandidatuppsatsens föremål kan skilja sig åt i sina fysiska egenskaper precis som stenarna. Eftersom märkena suttit länge på björnskeletten, bör märkningen på älgkraniet torka fullständigt för ett så precist resultat som möjligt. Den sista slutsatsen som är relevant för kandidatuppsatsen är att alla de testade rengöringsmetoderna i Pozo-Antonio m.fl. (2016) studie, orsakade färgförändringar i stenen runt om där märkningarna satt. Detta visar på att både de traditionella metoderna och laser inte gett ett acceptabelt resultat och nya metoder bör hittas.

2.4 Lösningsmedel

Inom konservering finns det tre större ämnesområden som lösningsmedel brukas till; 1) för rengöring av föroreningar och smuts. 2) för applicering av polymerer. 3) för avlägsnande av polymerer. Val av lösningsmedel bör avgöras utifrån: renhet, avdunstningshastighet, löslighetsparametrar, brandfarlighet, toxicitet, densitet, optiska egenskaper och diffusionshastighet. Aforismen "lika löser lika" är otillräcklig för att applicera och använda i praktiken när det gäller lösningsmedel som ska lösa en polymer (Horie, 2010, s. 52-70).

2.4.1 Polära lösningsmedel

Alkoholer karakteriseras av deras hydroxylgrupp (-OH), de kan dock ha olika intermolekylära bindningar. Etanol är en primär alkohol av etan där en av väteatomerna byts ut mot en hydroxylgrupp och har den kemiska formeln $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ (The National Center for Biotechnology Information, u.å.). Etanol är polär då det har svaga van der Waals-bindningar. Det tillverkas genom jäsning av glukos i exempelvis majs (Zumdahl & Zumdahl, 2010). Lösningssmedlet framstår som en klar färglös vätska med en karakteristisk vindoft, vars ångor är tyngre än luft. Vid utsättning av etanol kan illamående, kräkningar, beroende, levercirros och vid allvarliga fall död infalla.

Isopropanol, även kallad för isopropylalkohol eller 2-propanol, är en isomer av propylalkohol vars kemiska formel är $\text{CH}(\text{CH}_3)_2\text{OH}$. Det är en klar färglös vätska och används för att tillverka acetone men kan även användas som lösningsmedel. Alkoholen kan naturligt hittas i citrus hystrix (papeda), malus pumila (äppelträd) och andra organismer (The National Center for Biotechnology Information, u.å.). Vid förtäring eller inandning av isopropanol kan man utsättas för berusning, lågt blodtryck, buksmärtor och kräkningar.

2.4.2 Opolära lösningsmedel

Opolära lösningsmedel är de lösningsmedel som saknar ett permanent elektriskt dipolmoment och saknar elektriskt laddade poler. Toluene är ett opolärt lösningsmedel då dess metylgrupp är bundet till en bensenring som gör att alla bindningar inte är polära och saknar dipolmoment, dess kemiska formel är $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$. Ämnet kan hittas i råolja och från tolueträdet. Det är färglöst men har en stark aromatisk doft, samt ångor tyngre än luften. Det är ett mycket giftigt ämne och inhalering, hudkontakt och förtäring bör alltid undvikas (The National Center for Biotechnology Information, u.å.). Förtäring eller inandning av toluene kan orsaka irritation av huden, dåsigheit, organskador eller död.

Aceton, även kallad för dimetylketon, 2-propanon och beta-ketopropan, räknas ofta som ett opolärt lösningsmedel, detta stämmer dock inte helt och hållet då molekylerna både har en polär och opolär ände som kan fästa till både vatten och smuts samt därmed lösas i vatten tillsammans med andra ämnen. Dess kemiska formel är CH_3COCH_3 , och i vätskeform är den färglös med en distinkt lukt och smak. Aceton kan hittas i växter och träd, och som ett resultat av skogsbränder med mera (The National Center for Biotechnology Information, u.å.). Inandning av aceton under en kortare tid kan orsaka huvudvärk, förvirring, illamående, snabb puls, medvetlöshet eller koma. Och under en längre tid kan det orsaka näsa-, hals-, lung- och ögonirritation.

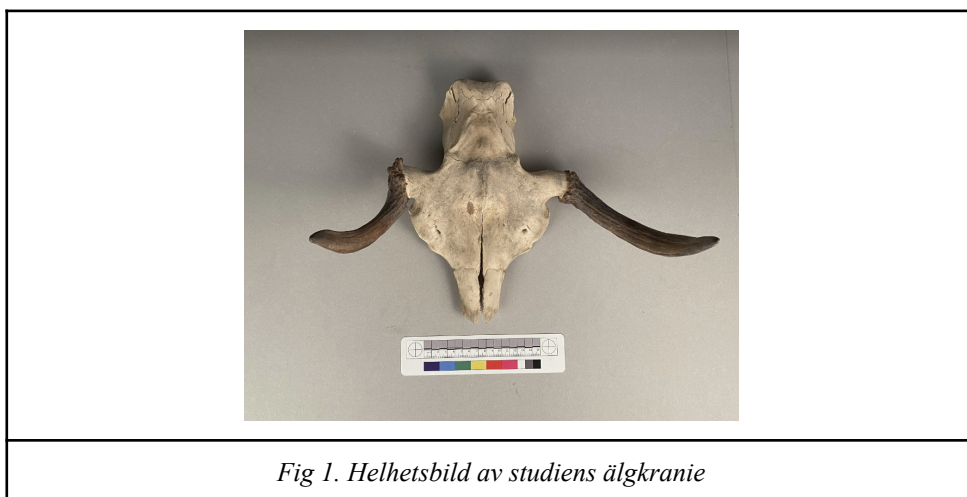
3. MATERIAL & METODER

Då en stor kunskapslucka existerar vad det gäller bläckborttagning på skelett tillämpar denna undersökning en explorativ ansats för att alstra och samla kunskap som kan brukas till vidare forskning inom området (Patel & Davidson, 2003, s. 13). De metoder och tekniker som användes för att uppnå detta presenteras nedan.

3.1 Studiens skelett

3.1.1 Älgkranie

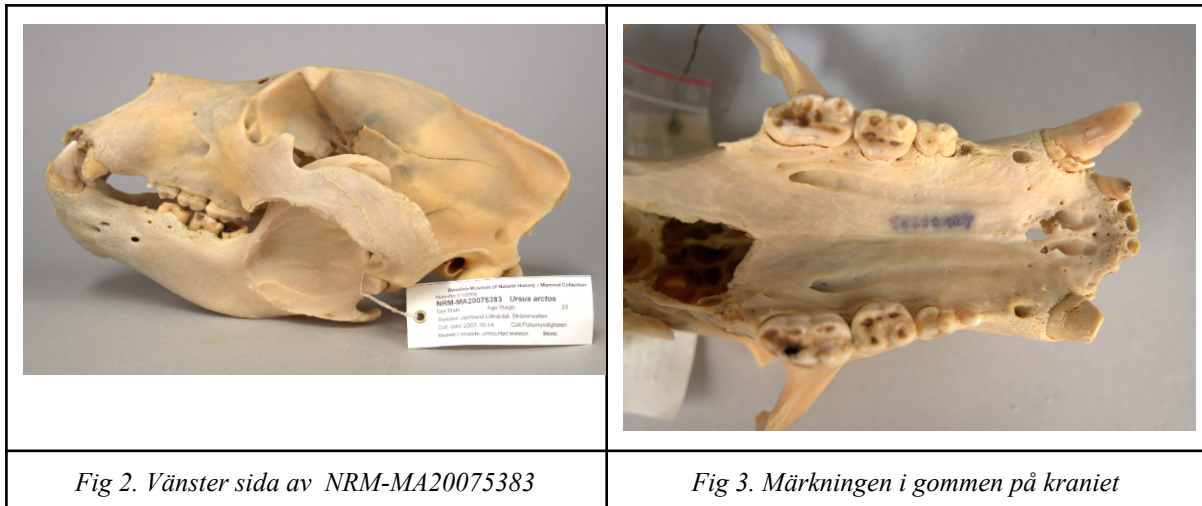
Studiens älg (fig 1) sköts ner i oktober 1990 av jägaren och ägaren Tommy Johansson. Johansson kokade själv skallen först i vatten och tvättade det sedan med väteperoxid (H_2O_2). Troligtvis var älgen en hane och två till tre år gammal vid dödstillfället (T. Johansson, personlig kommunikation, 25 april, 2023).



3.1.2 Björnskelett

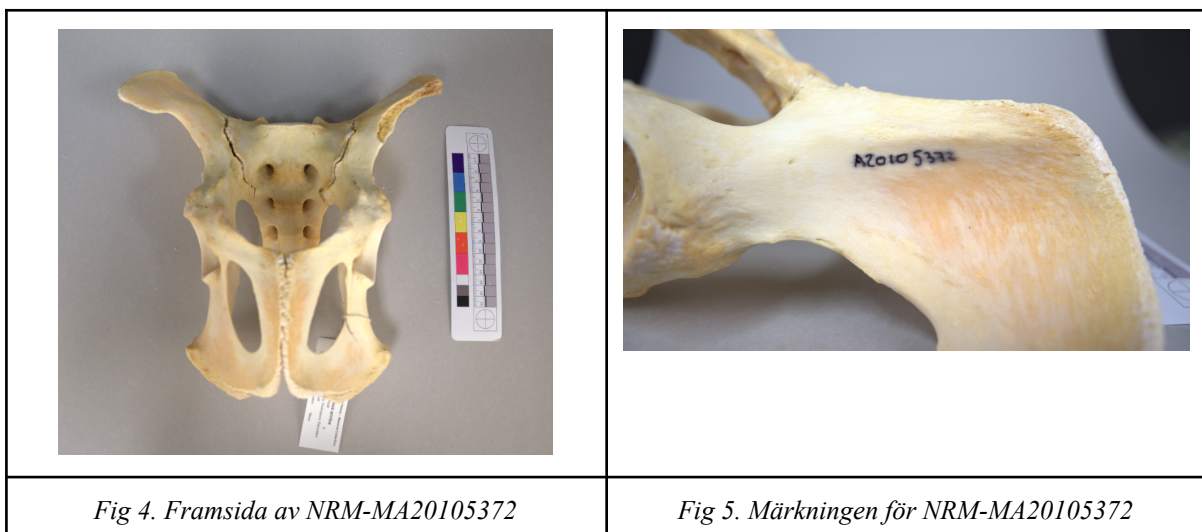
3.1.2.1 NRM-MA20075383

Föremålet är ett kranium från en hane av arten brunbjörn (fig 2; bilaga 2.A.1). Individens ålder var 23 år gammal vid dödstillfället, vilket inträffade 2007-10-14. Björnen skickades från Jämtlands polismyndighet till NRM varav museet sedan behållit hela skelettet till deras bensamling. Kraniet har även kvar den tillhörande underkäken och tillsammans har de två delarna 18,5 tänder i olika tillstånd. Bläckmärkningen kan hittas i kraniets gom vilket är en diskret plats att placera den utan att störa betraktaren (fig 3), dock en felaktig plats enligt Byrne m.fl., 2000, s. J16. Föremålets mått är 35 x 21.5 x 15.5 cm. I UV-ljus kan inget utstående ämne för möjliga konsolideringar eller märkningar ses (bilaga 2.B). Märket i gommen har nästan försvunnit helt och hållet, och idag går det inte att identifiera föremålet efter märkningen, om föremålet inte hade haft den tillhörande etiketten fäst till sig så hade numret varit förlorat.



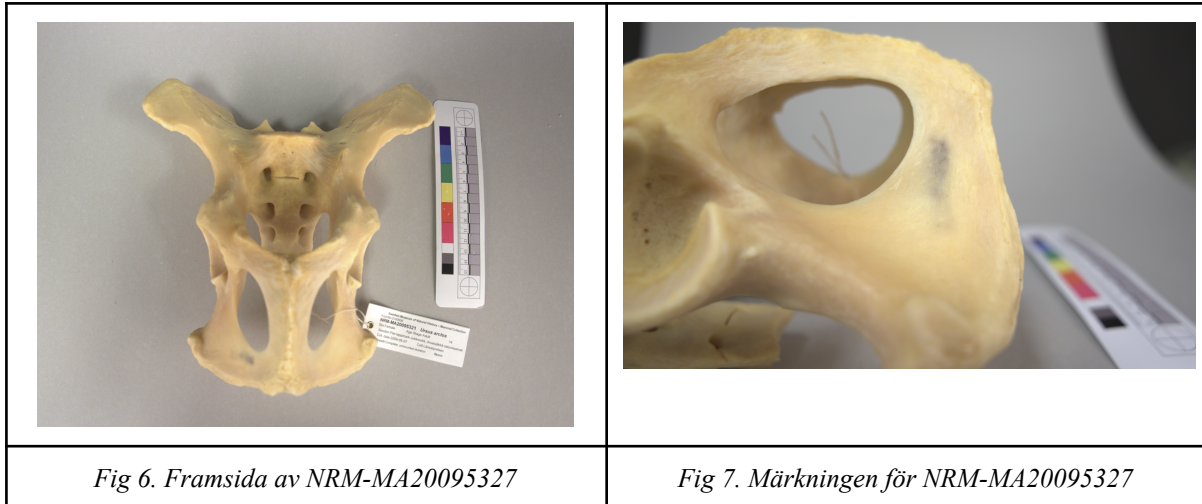
3.1.2.2 NRM-MA20105372

Föremålet (fig 4; bilaga 2.A.2) är ett bäckenben från en hane av arten brunbjörn som var nio år vid dödstillfället 2010-05-12. Numret AZ0105372 är märkt på höger utsida av bäckenhålan. Numret är fortfarande tydligt (fig 5) men med mikroskop går det att se att bläcket har migrerat från sin ursprungliga plats. Föremålets mått är 29 x 28.8 x 13.7 cm. I UV-ljus kan inget utstående ämne för möjliga konsolideringar eller märkningar ses (bilaga 2.B).



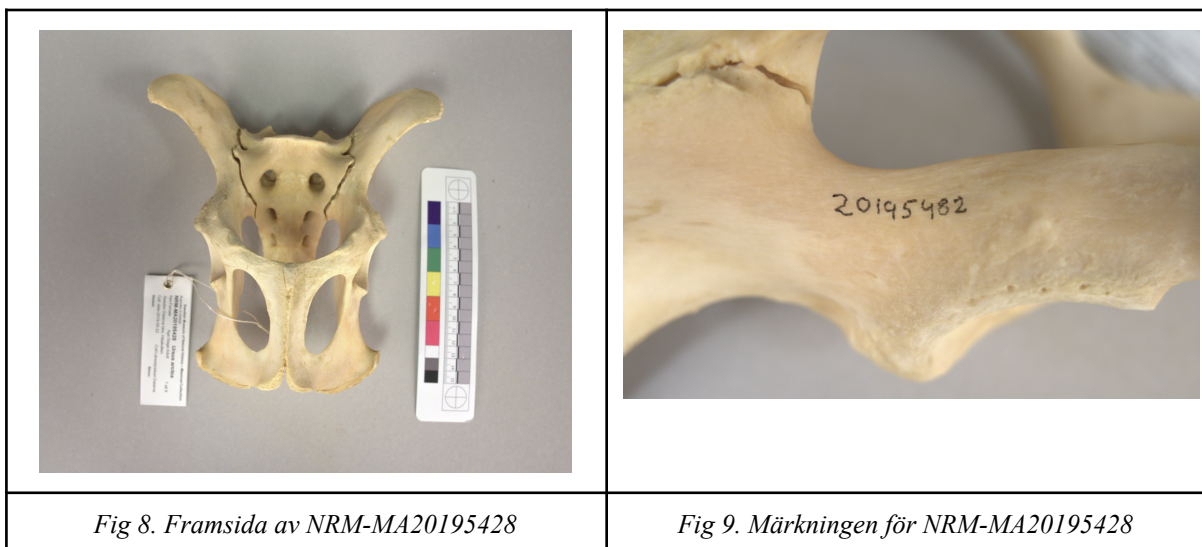
3.1.2.3 NRM-MA20095327

Föremålet (fig 6; bilaga 2.A.3) är ett bäckenben från en hona av arten brunbjörn som var 14 år gammal vid dödstillfället 2009-05-07 i Jokkmokk, Arvidsjaur naturreservat. Björnen skickades till NRM med länsstyrelsen och museet har sedan infogat hela skelettet i sin bensamling. Bläckmärket är skrivet på vänster utsida av bäckenhålan på ett särskilt tunt ställe, bläcket kan nu ses från andra sidan. Bläckmärket är så pass otydligt att numret inte längre kan ses (fig 7). Föremålets mått är 27 x 25.4 x 12 cm. I UV-ljus kan inget utstående ämne för möjliga konsolideringar eller märkningar ses (bilaga 2.B).



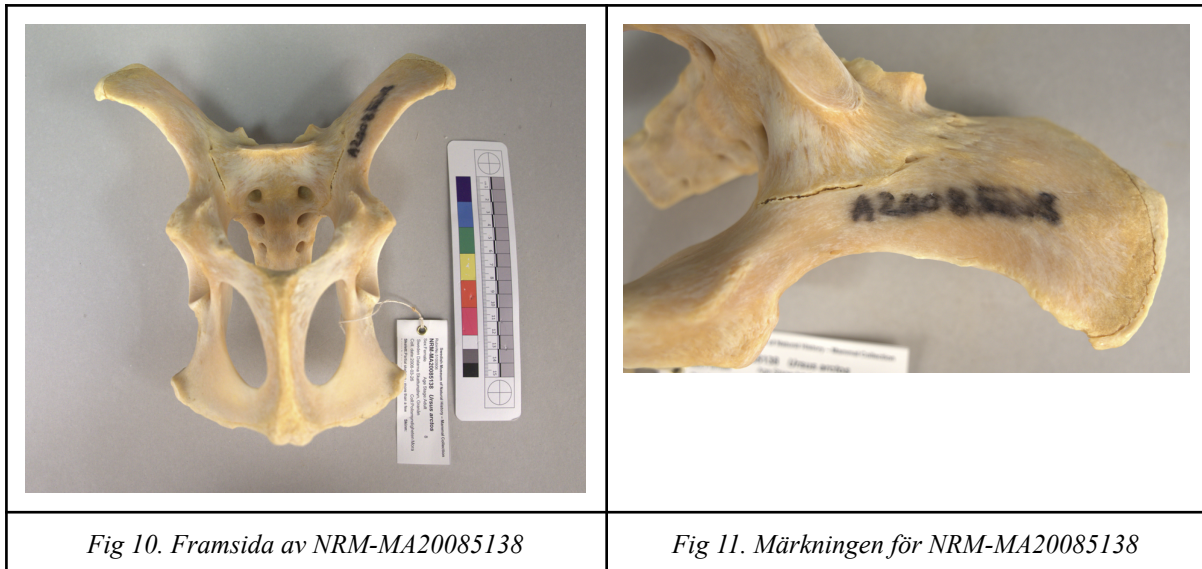
3.1.2.4 NRM-MA20195428

Föremålet (fig 8; bilaga 2.A.4) är ett bäckenben från en hona av arten brunbjörn som var sju alternativt åtta år gammal vid dödstillfället 2019-05-22 i Dalarna, Idre. Björnen skickades till NRM från Dalarnas länsstyrelse. Bläckmärkningen är skriven på utsidan av bäckenhålan, och siffrorna kan tydligt urskiljas (fig 9). Denna bläck är okänd då Peter Mortensen inte vet vilken penna som har använts vid märkningen, dessutom skiljer sig avfettningstekniken för detta föremål från studiens andra föremål. Föremålets *sacrum*, *coccyx* och *sacral promontory* sitter även lösa och hantering av föremålet måste därför utföras ytterst försiktigt. Föremålets mått är 25 x 22 x 10.9 cm. I UV-ljus kan inget utstående ämne för möjliga konsolideringar eller märkningar ses (bilaga 2.B).



3.1.2.5 NRM-MA20085138

Föremålet (fig 10; bilaga 2.A.5) är ett bäckenben från en hona av arten brunbjörn som var åtta år gammal vid dödstillfället 2008-03-26 i Dalarna, Granån. Björnen skickades till NRM från Moras polismyndighet och museet har sedan infogat delar av skelettet i sin bensamling. Bläcket är skrivet på höger *ilium*, märkningen är delvis synlig med "AZ", siffrorna därefter är otydliga men troligtvis står det "20085" (fig 11). Föremålets mått är 27 x 24 x 12.5 cm. I UV-ljus kan inget utstående ämne för möjliga konsolideringar eller märkningar ses (bilaga 2.B).



3.2 Beredning av geler

3.2.1 Agar agar

Två gram agarpulver från företaget HWR Chemicals (CAS nummer: 9002-18-0) blandades med 100 ml destillerat vatten, en termometer placerades i bägaren med agarlösningen. Sedan sattes bägaren i ett vattenbad på en värmeplatta tills temperaturen nådde 85°C, då togs bägaren bort från vattenbadet och lösningen tilläts svalna. Vid 30°C delades lösningen upp i fyra bägare och i vardera bägare hälldes 3.75 ml etanol, aceton, isopropanol och toluen ner och rördes om så att de blev 15 % av lösningsmedel. Bägarna täcktes med parafilm och när de nådde rumstemperatur (20°C), ställdes de in i en kyl i 48 h.

3.2.2 Gellan Gum

Då High Acyl Gellan Gum (HAGG) inte var tillgänglig användes Low Acyl Gellan Gum (LAGG)-pulver från företaget Thermo Scientific (katalognummer: J63423.30). Först hälldes kalciumacetat (0.4g/l) från företaget Amresco® (katalognummer: 022-500G) ner i destillerat vatten, i saltlösningen tillsattes sedan Gellan Gum-pulver och blandningen omrördes. Den homogena lösningen blandades konstant i en bägare i ett vattenbad på en värmeplatta tills temperaturen nådde 85°C, vid denna temperatur gick lösningens färg från gul till genomskinlig. Gelen hälldes ut i en värmestålig behållare och täcktes med parafilm och därefter lämnades den i ett kylskåp i 48 h. Efter detta skars gelen i fyrkantiga bitar som lades i var sin mindre bägare som sedan fylldes med respektive etanol, aceton, isopropanol och toluen så att gelbitarna täcktes fullständigt. Gelerna laddades i vardera lösningsmedel i 72 h.

3.2.2 HWR dry gel och Peggy-6

Fyra bägare märktes med följande: Typ av gel, laddad lösning, datum, och konservatorns namn. En gelbit togs upp med pincett från dess Nanorestore Gel Pod och klipptes ut i önskad form på 2 x 1 cm. Gelbiten lades ned i en bägare med önskat lösningsmedel som den skulle laddas i, gelbiten låg sedan i bägaren i 24 h för att laddas fullständigt. För denna studie lades två HWR dry gel-bitar i två separata bägare som innehöll vol/vol destillerat vatten och etanol, och vol/vol destillerat vatten och isopropanol. Detsamma gällde för Peggy-6.

3.3 Experimentell del för älgkranium, björnbäcken och björnkranium

3.3.1 Provtagning

Våren 2023 togs proven. Från varje bläckmärkning på bäcken och kraniet avlägsnades en mindre mängd material (i storleksordningen en mikrometer) med en ren nr. 15-skalpell och därefter lades de i individuella testtuber. För att inte kontaminera proven, rengjordes skalpellbladet med etanol mellan varje provtagning. Vid varje provtagning användes mikroskop för att minimera den mekaniska påverkan på föremålen. Proven analyserades sedan med FTIR för att identifiera de organiska och oorganiska komponenterna hos bläcket.

3.3.2 Mikroskopisk och fotomikroskopisk analys

De icke-invasiva metoderna mikroskopi och fotomikroskopi har använts. Varje föremåls märkning observerades med mikroskopet LEICA S9D i transmitterat ljus (bilaga 2.C) och med det digitala mikroskopet Dino-lite Digital Microscope (bilaga 2.D). Foton av märkningar observerades med hjälp av LEICA S9D togs med en iPhone 11 Pro för att senare analyseras. Efter rengöring dokumenterades även föremålen med Dino-lite Digital Microscope för att se möjliga förändringar.

3.3.3 Okulärbesiktning

Varje föremål dokumenterades fotografiskt med kameran Nikon D3300, med och utan UV-ljus den 29 mars 2023 (bilaga 2.A-2.B). Bilderna på föremålen med kameran Nikon D3300 inkluderar en färgsticka för vitbalanskorrigering. Föremålets mått dokumenterades även, så väl som märkningarnas mått på föremålen. Observationen utfördes med en systematisk placering och systematisk registrering av information (Patel & Davidson, 2003, s. 87).

3.3.4 FTIR-analys av bläck

FTIR är ett absorptionsspektroskopiskt analysverktyg för organiskt och oorganiskt material där instrumentet registrerar effekten av elektromagnetisk strålning för det organiska och oorganiska materialet och illustrerar detta i ett spektrum. Spektrumet kan sedan jämföras med tidigare analyserade material i ett så kallat spektrumbibliotek eller funna referensspektrum för att studera materialets kemiska sammansättning (Schmitt & Flemming, 1998, s. 1)

Utan fullständig kunskap om bläckets sammansättning finns det en viss osäkerhet om hur vissa av rengöringsteknikerna kommer att påverka benen. Proven från 3.2.1 *Provtagning* användes för FTIR-analysen med FTIR-maskinen Bruker ALPHA-R med PLATINUM-ATR och triglycinsulfat-detektor i *transmission mode*. Innan analys utförde maskinen en bakgrundsskanning där den läste av omgivningens klimat. Före och mellan varje provtagning rengjordes diamanten och plattan så att rester från tidigare prov inte skulle visas på FTIR-spektrumet, varje prov lades ned på plattan med en ren pincett. Data samlades in över ett spektrum mellan 4000 cm^{-1} och 400 cm^{-1} med en upplösning på 4 cm^{-1} . Den icke-invasiva *reflective mode* användes inte då man kom fram till att resultatet inte skulle vara lika konkret som med *transmission mode*.

FTIR användes som analysmetod då de organiska och oorganiska beståndsdelarna hos märkningarna behövdes identifieras för att ta fram rätt lösningsmedel till bläcket som även är kombinerbara med gelerna.

3.3.5 Experimentell studie för rengöring med geler på älgkranium

Rengöringstestet utfördes den 17 april 2023. Älgkraniet märktes med 13 sträck, 12 av pennan Faber Castell® Multimark Permanent och en av oljefärgen Georgian Oil Colour Lamp Black som representerade ett oljebaserat bläck (fig 12 & 13). Vid varje streck fästes en tejpbit markerad med en

bokstav (A-M), varje bokstav står för typ av märkning och för den kombination med gel och lösningsmedel som ska användas vid streckets plats, listan kan ses nedan.

Bokstav	Typ av märkning	Gel	Lösningmedel
A	Faber Castell® Multimark Permanent	Agar agars	Etanol
B	Faber Castell® Multimark Permanent	Agar agars	Aceton
C	Faber Castell® Multimark Permanent	Agar agars	Isopropanol
D	Faber Castell® Multimark Permanent	Agar agars	Toluen
E	Faber Castell® Multimark Permanent	Gellan Gum	Etanol
F	Faber Castell® Multimark Permanent	Gellan Gum	Aceton
G	Faber Castell® Multimark Permanent	Gellan Gum	Isopropanol
H	Faber Castell® Multimark Permanent	Gellan Gum	Toluen
I	Faber Castell® Multimark Permanent	Peggy-6	vol/vol etanol och destillerat vatten
J	Faber Castell® Multimark Permanent	Peggy-6	vol/vol isopropanol och destillerat vatten
K	Faber Castell® Multimark Permanent	HWR	vol/vol etanol och destillerat vatten
L	Faber Castell® Multimark Permanent	HWR	vol/vol isopropanol och destillerat vatten
M	Faber Castell® Multimark Permanent	Gellan Gum	Toluen

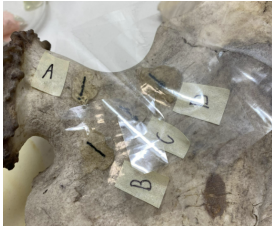
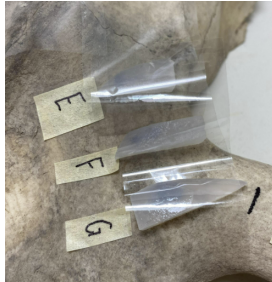



Fig 12. Helhetsbild av studiens älgkranium med streck av bläck



Fig 13. Det efter tillagda strecket M

Gelerna lades på respektive märkningar och täcktes med Melinex® och en vikt för att minimera evaporation av lösningsmedel samt för att maximera kontaktytan mellan gel och föremål (fig 14-16). Vid 10, 20, 30, 60 och 120 minuter avlägsnades gelbitarna för att se gelens förmåga att avlägsna bläcket. Sedan lades de tillbaka på sin rätta plats och täcktes åter med Melinex® tills 120 minuter passerades.

		
<p><i>Fig 14. Agar agars applicerade på sina respektive sträck med Melinex® över</i></p>	<p><i>Fig 15. Gellan Gum applicerade på sina respektive sträck med Melinex® över</i></p>	<p><i>Fig 16. Peggy-6 och HWR dry gel applicerade på sina respektive sträck med Melinex® över</i></p>

3.3.6 Rengöring med geler på björnskelett

Föremålen placerades med märkningarna rakt upp med rispåsar så att de stod stabilt. HWR dry gel laddad med vol/vol isopropanol och destillerat vatten lades på märkningarna så att de täcktes helt och hållet. Efter detta lades en bit Melinex® ovanpå för att minimera evaporation av lösningsmedlet, och för att gelen skulle vara i kontakt med ytan, lades en liten vikt i form av ris i en plastpåse ovanpå detta (fig 17). Gelens effektivitet analyserades efter 10, 20, 30 och 60 minuter.


<p><i>Fig 17. Två bäcken där märkningar håller på att tas bort</i></p>

För föremålen NRM-MA20075383, NRM-MA20095327, NRM-MA20195428 och NRM-MA20085138 (fig 18 & 19) testades även Gellan Gum laddad i toluen för att lösa upp märkningarna. Gellan Gum applicerades på märkningarna i totalt 30 minuter, sedan avlägsnades de och läskpapper lades ovanpå märkningen för att absorbera möjlig tusch eller bläck som lösts av Gellan Gum.

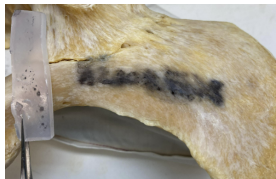


Fig 18. Löst bläck från NRM-MA20085138 på ytan av gelen

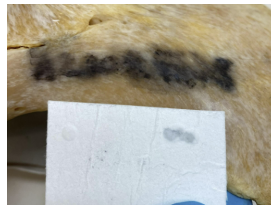


Fig 19. Det lösta bläcket från NRM-MA20085138 absorberat av läskpapper

4. RESULTAT OCH ANALYS

4.1 Experimentell studie bläckborttagning på älgkranium

Resultatet och analysen har värderats okulärt och mikroskopiskt (bilaga 2.E-2.G). Kombinationerna A-D avlägsnade inget bläck under experimentet och alla utom C efterlämnade gel som restprodukt på skelettet (fig 20).

Kombinationerna E-H visar på att bläcket löstes upp av lösningsmedlen men gelen har inte förmåga att absorbera lösningsmedlet efteråt (fig 21). De fyra kombinationerna rankas från sämst till bäst resultat enligt följande; H, E, F, G, beroende på hur mycket bläck som blödde. Om rankningen är för den kombination som absorberar mest av bläcket rankas de från sämst till bäst resultat enligt följande; G, F, H, E. G-kombinationen gjorde så att bläcket flöt ut mest men det går även att se att gelen absorberat upp mest av sitt bläck.

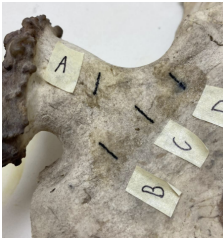




I och J avlägsnade mest bläck under de första 10 minuterna, och fortsatte att avlägsna bläcket i nästan 30 minuter, efter detta kunde ingen större förändring ses okulärt (fig 22). J avlägsnade även smuts runt omkring märkningen. Det observerades att J rengör märkningen snabbare och bättre än I. K och L har liknande resultat som I och J, dock avlägsnar L sitt bläck i högre grad och snabbare än J (fig 23). Dessa kombinationer kan rankas från sämst till bäst resultat enligt följande; L, J, K, I. Mikroskopiskt kan det ses att J lämnar ett väldigt svagt streck kvar med några mörka fläckar och detsamma gäller för K förutom att halva övre strecket är kvar. L har nästan inga bläckrester kvar förutom i de större och djupare porerna.

För M löste toluen i Gellan Gum oljefärgen, däremot hade Gellan Gum ingen förmåga att absorbera bläcket efteråt (fig 24). Men när läskpapper lades direkt på den upplösta oljefärgen direkt efter att gelen avlägsnades, så kunde läskpapperet absorbera lite av färgen.

Tabell 2. Nedan visas gel- och lösningsmedelkombinationernas effektivitet för att avlägsna bläck efter 10, 20, 30, 60 och 120 minuter.

	10 min	20 min	30 min	60 min	120 min
A	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
B	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
C	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
D	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
E	Flyter ut lite	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
F	Flyter ut mer än E	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
G	Flyter ut mer än F	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
H	Flyter ut lite.	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring

I	Tar bort, bläck flyter inte ut	Tagit bort lite mer	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
J	Tar bort mer än I, bläck flyter inte ut	Tagit bort mer	Bläck är nästan borta	Ingen förändring	Ingen förändring
K	Tar bort mycket, bläck flyter inte ut	2/3 av märket är borta	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
L	Tar bort mer än K, bläck flyter inte ut	Mer än K har rengjorts	Tar bort lite till.	Ingen förändring	Ingen förändring
M	Blöder ut mycket, absorberar inget.	Blöder ut mycket, absorberar inget.	Blöder ut mycket, absorberar inget.	Ingen förändring	Ingen förändring

				
<i>Fig 20. A-D efter rengöring med agar agars</i>	<i>Fig 21. E-F efter rengöring med Gellan Gum</i>	<i>Fig 22. I & J efter rengöring med Peggy-6</i>	<i>Fig 23. K & L efter rengöring med HWR dry gel</i>	<i>Fig 24. M efter rengöring med Gellan Gum</i>

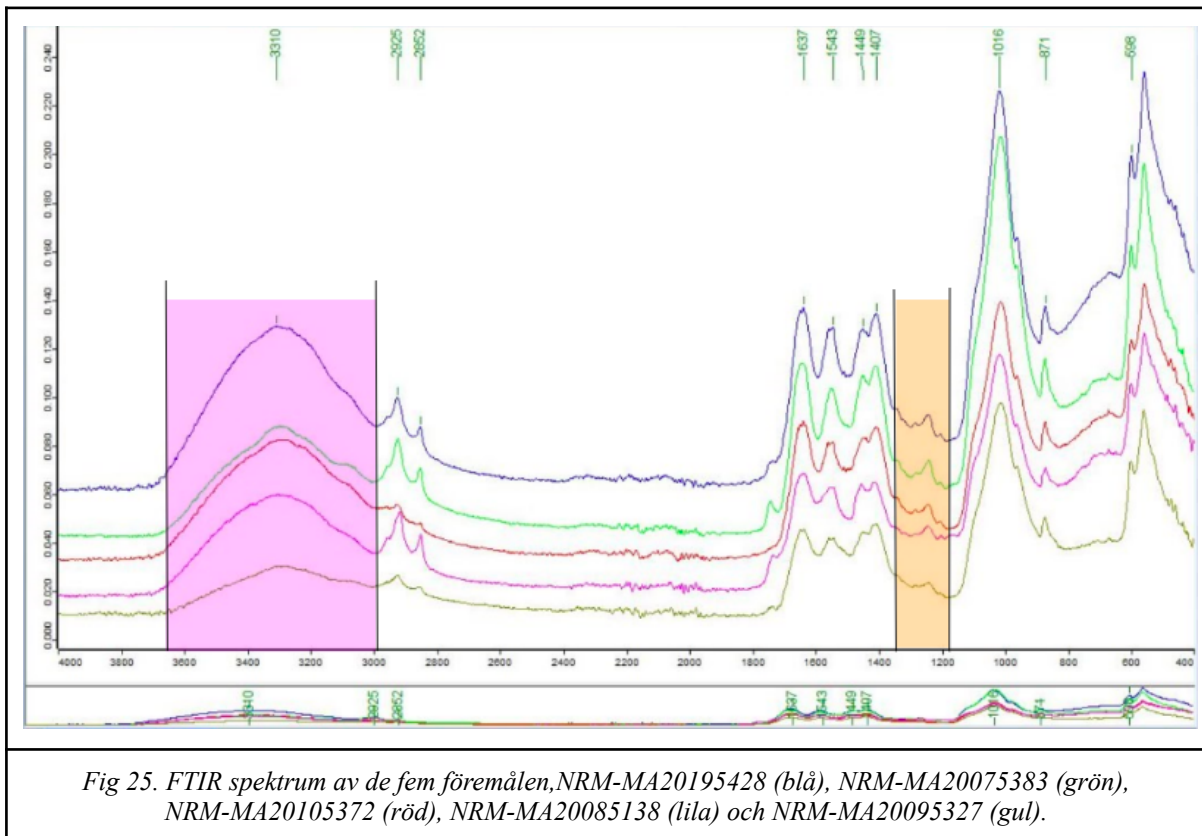
4.2 FTIR

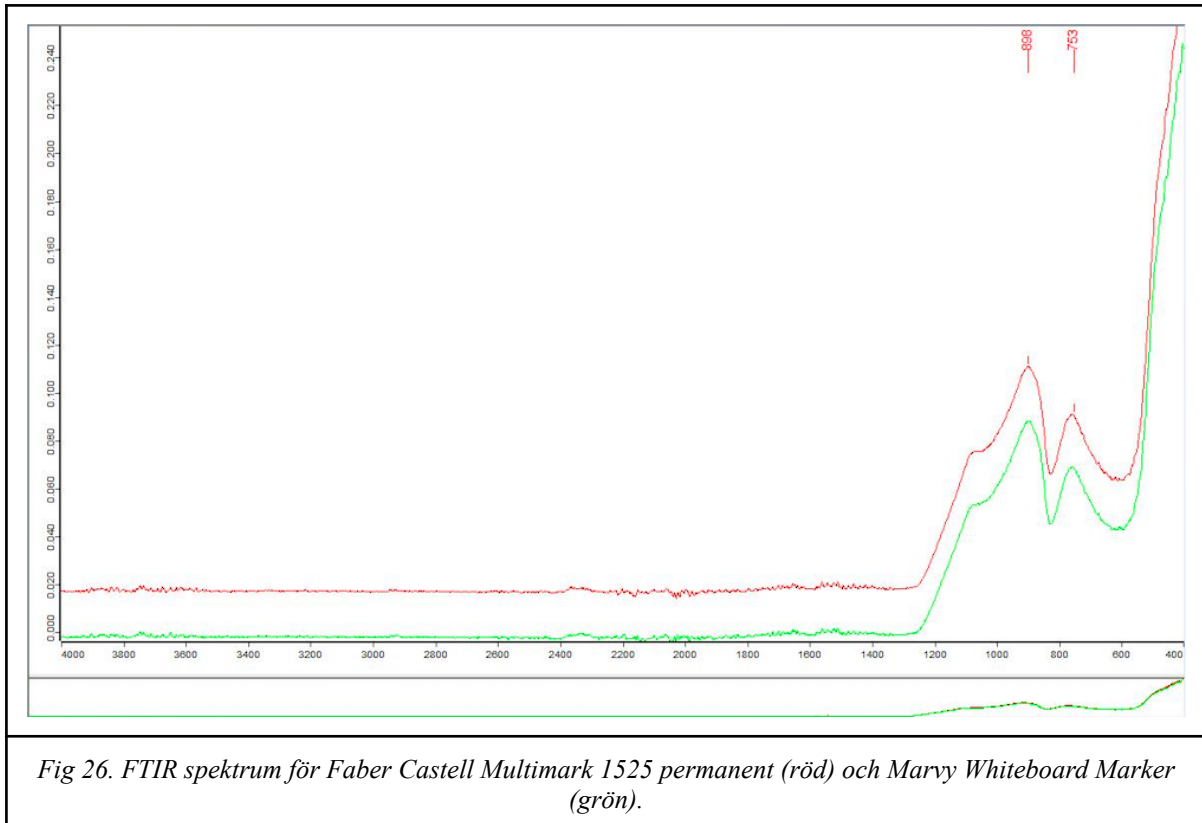
Karaktärisering för provernas organiska och oorganiska komponenter kan utföras visuellt med jämförelse mellan FTIR-spektrumet för provet och ett referensspektrum för ett känt material, det går även att jämföra provets FTIR-spektrum i en digitaliserad databas med kända referensmaterial (Derrick m.fl., 1999, s. 82 och 91-92). För denna undersökning valdes det att karaktärisera provet visuellt med ett referensspektrum då den digitala databasen inte erhöll tillräckligt många kända referensmaterial.

Figur 25 visar de fem proven tagna från föremål NRM-MA20195428 (blå), NRM-MA20075383 (grön), NRM-MA20105372 (röd), NRM-MA20085138 (lila) och NRM-MA20095327 (gul), FTIR-spektrum i regionen 4000-400 cm^{-1} . Spektrumerna för alla fem föremål visade tydligt att proven består av samma komponenter. Eftersom bläcket som används för märkningarna är åtminstone två olika, betyder det att spektrumerna troligtvis enbart visar resultat på att proven består av brunbjörns skeletts organiska och oorganiska beståndsdelar. Följande toppar identifierades med FTIR Functional Group Database Table with Search - InstaNANO: 3310 cm^{-1} (O-H), 1637 cm^{-1} (N-H), 1449 cm^{-1} (C-H), 1407 cm^{-1} (O-H), 1016 cm^{-1} (C-F) och 598 cm^{-1} (halogen förening) i fig 25.

Spår av bläck i proverna är svårare att identifiera då inverkan av bläck på FTIR-spektrumet kan vara för litet för att kunna mätas med denna teknik. Dock, i jämförelse med andra FTIR-spektrum av olika typer av bläck, kan följande toppar och områden vara identifierade som komponenter av bläck som finns i proven; 2925 cm^{-1} , 2852 cm^{-1} , 1543 cm^{-1} , 871 cm^{-1} och absorptionskurvorna i det markerade lila och orangea området i spektrumet (fig 25), då dessa områden inte passar in i jämförande spektrum för brunbjörn.

Figur 26 visar FTIR-spektrum i regionen $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ för två separata prov av pennorna Faber Castell® Multimark 1525 Permanent och Marvy Whiteboard Marker. FTIR-spektrumet visar på två mer dominanta toppar som kan urskiljas vid 898 cm^{-1} och 753 cm^{-1} , varav den förstnämnda toppen kan vara en fördröjning av 871 cm^{-1} toppen hos brunbjörn-testerna. Oavsett detta, så är spektrumet (fig 26) nästintill identiskt med Atanassova m.fl. (2021) spektrum för Faber Castell® Pitt Artist Pen Big Brush som innehåller India-ink, vilket tyder på att studiens prov för de två typerna av bläck innehåller samma material som Atanassova m.fl. (Derrick m.fl., 1999, s. 83). De menar dock att deras spektrum för pennan uppvisar dålig absorption i IR-arbetsområdet och identifiering av deras komponenter inte var möjlig.





4.2.1. Konklusion från FTIR

Enligt den muntliga källan är pennan som används på NRM-MA20075383, NRM-MA20105372, NRM-MA20095327 och NRM-MA20085138 inte vattenlöslig och eftersom spektrumet för NRM-MA20195428 är nästintill identiskt med de fyra andra föremålen, är det sannolikt att även denna bläck inte är vattenlöslig och består av liknande komponenter. En bättre jämförande analys hade möjligtvis kunnat utföras vid tillgång till en större databas för kända referensmaterial. I dagsläget går det endast att konkludera att proven från de fem björnskeletten består av brunbjörn, det går inte säkert att fastställa deras bläcks komponenter.

4.3 Observation och tillståndsbedömning av undersökningsobjekten

Föremålens tillståndsbedömning är baserad på den okulära och mikroskopiska analysen utförd den 29 mars 2023 (bilaga 2.A-2.D). Den okulära och mikroskopiska analysen för björnskeletten tyder på att tid inte är en avgörande faktor för hur bläcket har förändrats och bryts ned, då det kan ses en stor skillnad på hur bläcket flutit ut eller bleknat för alla föremål. På de mikroskopiska bilderna (bilaga 2.C) och fotomikroskopiska bilderna (bilaga 2.D) ses det att bläcket har sjunkit ner i porerna hos alla föremål. Däremot för föremålen NRM-MA20095327, NRM-MA20075383 och NRM-MA20085138 verkar det som att bläcket har trängt sig ner längre in i skelettet än hos de resterande föremålen. Föremålet NRM-MA20195428 hanterades extra varsamt då dess sacrum sitter löst, för att stabilisera föremålet rekommenderas lagning med PVAc.

4.4 Bläckborttagning på björnskelett

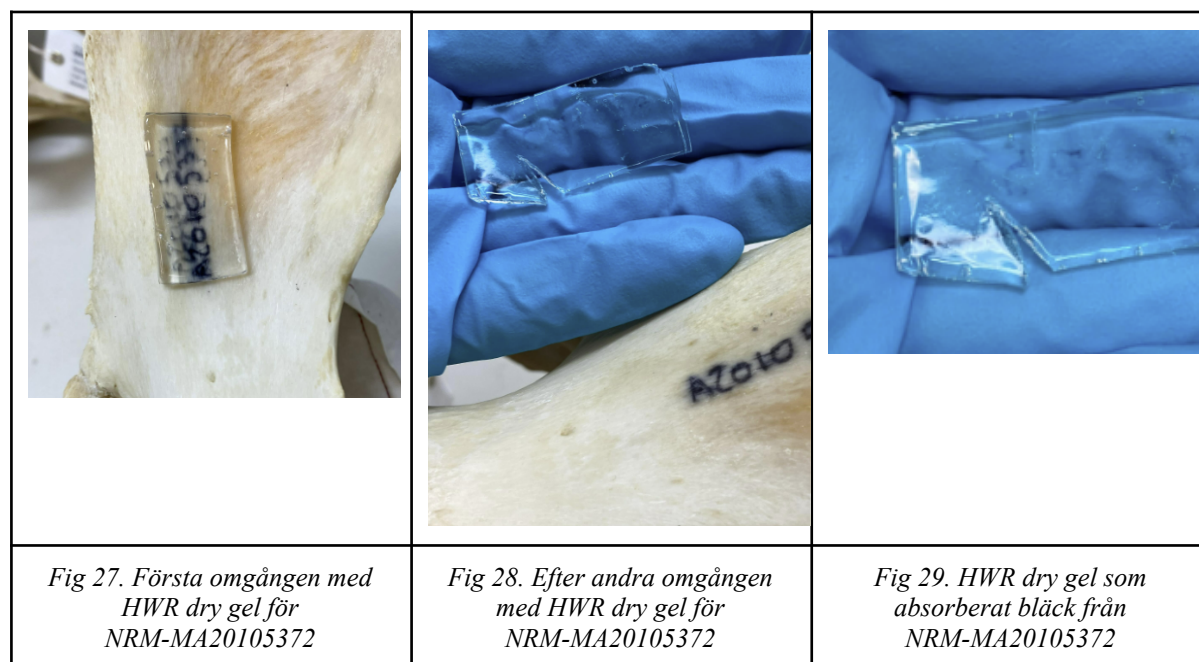
4.4.1 Bläckborttagning med HWR dry gel och isopropanol och destillerat vatten

Utifrån resultatet från **4.1 Experimentell studie bläckborttagning på älgkranium** valdes kombinationen L - HWR dry gel laddad i 50 % vol/vol isopropanol och destillerat vatten (bilaga 2.H).

Det utgick från att de pennor som föremålen har märkts med är vattenfasta som det föreslås från Peter Mortensen och i viss mån av resultatet under 4.1 FTIR. Resultat kan ses i tabell 3 och bilaga 2.I. Det valdes att utföra bläckborttagningen en andra gång för NRM-MA20105372, då denna gav ett positivt resultat för gel- och lösningskombinationen. Eftersom gelen var som mest aktiv under de första 30 minuterna i första försöket, byttes det till ny gelbit efter varje halvtimme, detta fungerade fyra gånger, sedan kunde inte gelen avlägsna mer av bläcket (fig 27-29; bilaga 2.J).

Tabell 3. Nedan visar HWR dry gel laddad i vol/vol isopropanol och destillerat vattens effektivitet för att avlägsna björnskelettens bläck efter 10, 20, 30, 60 och 120 minuter.

	10 min	20 min	30 min	60 min	120 min
NRM-MA20075 372	Ingen upplösning	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
NRM-MA20105 372	Avlägsnade lite	Avlägsnade lite	Avlägsnade lite	Ingen förändring	Ingen förändring
NRM-MA20095 327	Ingen upplösning	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
NRM-MA20195 428	Ingen upplösning	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
NRM-MA20085 138	Ingen upplösning	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring



4.4.1.1 Konklusion från bläckborttagningen.

Bläckborttagning med kombinationen HWR dry gel laddad i vol/vol isopropanol och destillerat vatten var endast möjlig på NRM-MA20105372, vilket kan tyda på att resterande föremåls bläck troligtvis inte består av samma kemiska sammansättning. Den muntliga källan är därmed inte trovärdig och andra gel-lösningsmedel-kombinationer kan vara nyckeln för bläckborttagning hos de andra björnskeletten.

4.4.2 Bläckborttagning med Gellan Gum och toluen

Utifrån tabell 3 går det säkert att säga att alla föremål utom NRM-MA20105372 troligtvis inte är alkoholbaserade. Därmed valdes det att testa det starkare lösningsmedlet toluen för att avlägsna märkningarna. Baserat på resultatet från 4.2 *Bläckborttagning på älgkranium* valdes kombination M då den löste oljefärgen. Kombination D valdes ej då agar agars verkar ha en tendens att efterlämna rester av gelen på skelett. Testet utfördes inte i mer än 30 minuter då toluen är ett starkare lösningsmedel i jämförelse med isopropanol, och kan möjligtvis skada skelettet. Resultat kan ses i tabell 4 och bilaga 2.K.

Tabell 4. Nedan visar Gellan Gum laddad i toluens effektivitet för att avlägsna björnskelettens bläck efter 10, 20 och 30 minuter.

	10 min	20 min	30 min
NRM-MA20075372	Ingen upplösning	Ingen förändring	Ingen förändring
NRM-MA20095327	Lite rengöring	Ingen förändring	Ingen förändring
NRM-MA20195428	Ingen upplösning	Ingen förändring	Ingen förändring
NRM-MA20085138	Löser upp innan första 10 min. Läskapper suger upp det mesta av bläcket då gelen inte suger upp något.	Fortsätter att lösa bläcket och läskapper används för att absorbera det.	Ingen förändring

4.4.1.2 Konklusion från rengöringen

Fläckborttagning med kombinationen Gellan Gum laddad i toluen var endast möjlig för NRM-MA20085138 och NRM-MA20195428. De resterande två föremålen NRM-MA20075372 och NRM-MA20095327 har högst troligtvis en annan sorts bläck än NRM-MA20085138, NRM-MA20195428 och NRM-MA20105372. Resultatet för bläckborttagningen kan vara påverkat av märkningarnas ålder, men utifrån tidigare observationer kan detta inte föreslås som enda anledning till varför vissa märkningar kunde avlägsnas delvis och andra inte. Detta för att märkningarna på föremål NRM-MA20075372 och NRM-MA20085138 verkat försvunnit mer än på NRM-MA20105372 och NRM-MA20095327.

5. DISKUSSION

Den första forskningsfrågan för uppsatsen; **“Vilken kombination av gel och lösningsmedel är mest lämplig för bläckborttagning på björnkranium och björnbäcken?”** har delvis besvarats i den experimentella studien och undersökningen för bläckborttagning på älgkraniet samt björnskeletten. Då ingen publicerad forskning kunde hittas på undersökande rengöringsmetoder för bläck på skelett har forskning på bläckborttagning på andra material använts som fakta och inspiration.

Utifrån den muntliga källan Mortensen har Artline 725 används till märkning på alla föremål förutom NRM-MA20195428. Artline 725 består av etylalkohol, 1-metoxipropan-2-ol och etyllaktat och enligt regeln “lika löser lika” bör därför bläcket åtminstone delvis kunna lösas i geler laddade i etanol, isopropanol och toluen (Horie, 2010, s. 52-70; Acco Brands, 2016) men som tidigare nämnt går detta inte att appliceras i helhet för studien. Den tidigare studien av Samolik m.fl. (2017) visar även på en möjlighet att rengöringsmetoder med geler kan fungera, de har emellertid använt andra lösningsmedel och geler, men principen kan även fungera för bläck på skelett. Testerna på älgkraniet utfördes med pennan Faber Castell® Multimark Permanent (alkoholbaserad) som representant för Artline 725 då det inte var möjligt att införskaffa Artline 725 innan testet utfördes.

I enlighet med **4.1 Experimentell studie bläckborttagning på älgkranium** går det att konkludera att för just älgkraniets märkningar med Faber Castell® Multimark Permanent, var kombination L (HWR dry gel laddad med vol/vol isopropanol och destillerat vatten) den med bäst resultat. Detta bedömdes efter de nämnda faktorerna som kan läsas under **1.6 avgränsningar**: 1) mängd av bläck kvar på föremålet. 2) gelens effektivitet för migrering av det lösta bläcket in i gelstrukturen. 3) mängd av gelrester på föremålet.

Agar-agar-kombinationerna (A-D) och Gellan Gum-kombinationerna (E-H) gav båda två väldigt dåliga resultat utifrån bedömningskriterierna. Agar-agar-gelerna kunde inte lösa något av bläcket, absorbera det och lämnade dessutom gelrester på ytan. Detta beror troligen på gelens effektivitet för att släppa lösningsmedel, men även dess kapillärkraft för att absorbera det lösta bläcket. Möjligtvis är det så att älgkraniets porer var för stora för att kapillärkraften skulle kunna verka. Oavsett detta så har tidigare studier bekräftat att agar agars efterlämnar gelrester på föremål då kohesionskrafter inuti gelen har liknande magnitud som vidhäftningskrafter med det behandlade substratet (Kavda m.fl., 2017), medan andra studier menar att agar agars inte bör kunna efterlämna gelrester på grund av deras svaga bindningar (Giordano m.fl., 2022). I dessa studier har man dock utfört sina tester på andra material som skiljer sig från skelett både fysiskt och kemiskt. Ett bättre resultat för agar agars kanske hade varit möjligt ifall gelens koncentration ändrades så att dess viskositet, absorption och dispersion var högre eller lägre. Varför A och D inte gav ett lovande resultat beror på att ett lösningsmedel för agar agar måste vara hydrofilt och aceton och toluen ses som hydrofobisk i vatten (Lee Scott, 2012).

Gellan Gum-kombinationerna (E-H) hade alla åtminstone förmågan att lösa bläcket men kunde sedan endast absorbera mindre delar av det lösta bläcket, detta beror troligen på gelens kemiska struktur. HAGG hade möjligtvis givit ett bättre resultat än studiens LAGG, eftersom lösningsmedel kan tilläggas HAGG redan vid tillredning vilket gör att mängden önskade lösningsmedel kan bestämmas. Förmodligen beror även resultatet på hur länge gelen har förmåga att avlägsna lösningsmedel innan den torkar ut. Den har även tidigare gett lovande resultat inom papperskonservering som är ett poröst material, dock är det återigen inte kemiskt eller fysiskt likt skelett (Maheux, 2015).

Peggy-6 och HWR dry gel-kombinationerna gav de bästa resultaten inom studien och kombination L (HWR dry gel med vol/vol isopropanol och destillerat vatten) var den gel som värderades som bäst efter den okulära och mikroskopiska analysen. Detta beror troligen på de kemiska gelernas höga retentionsförmåga för att hålla lösningsmedlet och på så sätt kunna släppa lösningsmedlet på ett kontrollerat sätt samtidigt som gelerna har en stark förmåga att absorbera bläcket (CSGI, u.å). Kombinationen J och L var troligen bättre än I och K då de två förstnämnda var laddade med isopropanol som kunde lösa bläcket bättre än etanol. Men varför L kunde avlägsna mer bläck än J

beror högst sannolikt på skillnaden mellan HWR dry gel och Peggy-6 kemiska sammansättning samt deras tänkta ändamål. Förhoppningsvis kommer nya kemiska geler att kunna tillverkas i framtiden där det är möjligt att ladda dem med fler lösningsmedel, till exempel opolära lösningsmedel som toluen och aceton, så att flera material och typer av smuts kan rengöras.

Önskvärt så hade de två fysiska gelerna givit ett bättre resultat än de kemiska då det ses som det bättre ekonomiska valet, men val för framtida studier bör även ta hänsyn till deras förutsättningar och budget. De kemiska gelerna kan nämligen inte återanvändas oändligt och har en dyr inköpskostnad.

Efter att det konkluderats att HWR dry gel laddad med vol/vol isopropanol och destillerat vatten gav bäst resultat, utfördes bläckborttagning på björnskelettens märken med denna kombination. Dock redan efter de första 10 minuterna efter applicering av gelen, sågs det att gelen endast var effektiv på NRM-MA20105372. Detta tyder på att föremålen har wetside- eller dryside-fläckar och bläckens komponenter som löser pigment eller färgämne skiljer sig åt för föremålen. Därmed kunde det uteslutas att det använts åtminstone tre olika pennor för märkning av föremålen då Mortensen redan uppgett sig ha använt en okänd penna till föremål NRM-MA20195428, och Artline 725 för resterande. Om detta hade varit korrekt så hade HWR dry gel laddad med vol/vol isopropanol och destillerat vatten kunnat avlägsna bläck från fler föremål än NRM-MA20105372. Efter 30 minuter av rengöring för NRM-MA20105372 uppmärksammades det att gelen inte längre hade förmåga att absorbera bläcket. Gelen fick dock vara kvar tills två timmar hade gått för att se om någon förändring kunde ske. Eftersom det inte skedde något förändring valdes det att utföra en andra omgång av rengöring med gelen för att avlägsna så mycket av bläcket som möjligt vilket inspirerades av studien av Baglioni m.fl. (2017). Då gelen var som mest aktiv under de första 30 minuterna i första försöket, byttes det till ny gelbit efter varje halvtimme, processen var effektiv totalt fyra gånger, efter det kunde gelen inte längre lösa eller absorbera bläcket. Detta pekar på att det bläck som inte lösts befinner sig djupare i porerna än vad som antagits och gelen har inte en tillräcklig stark kapillärkraft för att få upp bläcket, förmodligen avlägsnade HWR dry gel endast det yttersta lagret av bläcket (Musolino m.fl., 2019).

Utifrån resultatet med HWR dry gel utfördes ett sekundärt experiment på älgkraniet där oljefärgen Georgian Oil Colour Lamp Black representerade oljebaserat bläck. Gellan Gum laddad i toluen användes för att försöka avlägsna strecket, agar agars valdes inte då det vid tillfället redan konstaterats att agarn inte kunde laddas i toluen på grund av att toluen är hydrofobisk. Gellan Gum laddad i toluen (kombination M) kunde lösa upp oljefärgen men hade fortfarande inte förmågan att låta oljefärgen migrera in i gelen. Därmed, med inspiration från papperskonservering, lades läskpapper direkt på det lösta bläcket efter avlägsnande av gelen, så att läskpappret kunde absorbera bläcket istället.

Till följd utsattes föremålen NRM-MA20075372, NRM-MA20095327, NRM-MA20195428 och NRM-MA20085138 för en andra bläckborttagningsmetod där Gellan Gum laddad i toluen applicerades på föremålen i 10, 20 och 30 minuter. Gelen täcktes med Melinex® och en vikt lades på för att maximera kontaktytan. Här kunde en stor del av bläcket på föremål NRM-MA20085138 lösas under de första 20 minuterna med kombinationen och sedan avlägsnades bläcket med läskpapper. Samma kombination avlägsnade även en liten del av bläcket på NRM-MA20195428 under de första 10 minuterna.

Det går inte att utesluta att metoden inte kan användas för de resterande föremålen NRM-MA20075372 och NRM-MA20095327 då deras märkningar troligtvis består av en annan typ av bläck. Troligtvis kan en annan gel- och lösningsmedels-kombination tillämpas för att avlägsna bläcket. Exempelvis kiselgel och organiska lösningsmedel, Velvesil Plus™ laddad med aceton eller bensylalkohol, eller gel av metylcellulosa laddad i etanol, aceton, naphtha och xylene (Musolino m.fl., 2019; Briffa, 2018; Samolik m.fl., 2015). Eftersom de olika typerna av bläck kan ha olika penetreringsförmågor förklarar detta eventuellt varför märkningarna ser makroskopiskt och mikroskopisk annorlunda ut från varandra och inte går att rengöra med samma gel- och lösningsmedel-kombination (Pozo-Antonio m.fl., 2016). Resultatet kan även vara påverkat av bläckets ålder men utifrån tidigare observationer kan detta inte anges som enda anledning då märkningarna högst troligtvis består av olika bläcktyper. Eisen (1993) menar dock att bläckborttagningens resultat

beror på hur länge fläcken suttit på föremålet. Eisens studie är däremot för textilier och kan därför inte i sin helhet appliceras på naturhistoriskt material. Resultatet kan även bero på de strukturella egenskaperna hos föremålen, då skelett varierar med och inom ryggradsdjursarter beroende på individens ålder, näring, hälsotillstånd med mera (Figueiredo m.fl., 2012).

Pozo-Antonio m.fl. (2016) resultat för rengöring av graffiti på sten bör bäras i åtanke för studiens analys och resultat. De kom nämligen fram till att rengöringen alltid bör utföras så snabbt som möjligt innan färgen hunnit torka då det ger bättre resultat. Vilket tyder på att gelerna kanske är mer lämpliga att användas direkt vid felmärkningar av skelett och inte på skelett där bläcket suttit i flera år. Den sista slutsatsen som är relevant för kandidatuppsatsen är att alla de testade rengöringsmetoderna i Pozo-Antonio m.fl. (2016) studie, orsakade färgförändringar i stenen runt om där märkningarna satt, vilket även skedde för de tester där bläcket löstes utan att migrera in i gelerna. Det finns även publicerad forskning som tyder på att andra rengöringsmetoder såsom laser ger ett önskvärt resultat för bläckborttagning på liknande material som elfenben utan att skada föremålen (Madden m.fl., 2001), eller kemisk rengöring för bläckborttagning på tavlor kan vara lämplig (Dobruskin, 1988). Följaktligen kan framtida studier jämföra resultat mellan bläckborttagning med laser, geler, kemisk och mekanisk rengöring.

Det hade varit förmånligt utifrån ett hälsoperspektiv om de svagare lösningsmedlen acetone och etanol hade gett ett bättre resultat än isopropanol och toluen då deras hälsoeffekter är mycket mildare. Att utsättas för isopropanol och toluen under en längre tid och i stora mängder kan leda i värsta fall till döden, och därför bör dessa lösningsmedel användas under rätt omständigheter och miljöer.

Den andra forskningsfrågan för uppsatsen, *“Kan resultatet även användas på skelett av andra animaliska grupper och skelettdelar?”* har utvärderats och besvarats utifrån resultaten från **4.1 Experimentell studie bläckborttagning på älgkranium** och **4.4 Bläckborttagning på björnskelett**.

När ämnet studerades om tidigare försök har utförts för bläckborttagning på skelett upptäcktes det att geler framförallt använts för bläckborttagning på papper, pergament, PMMA och graffitirengöring på olika typer av sten och byggnader, då bläcket skapat estetiska och kemiska problem för föremålen, vilket delvis stämmer överens med björnskeletten (Baglioni m.fl., 2017; Samolik m.fl., 2015; Musolino m.fl., 2019; Briffa, 2018). Eftersom rengöring var genomförbart på dessa material sågs det som en stor möjlighet att bläckborttagning med gel även kunde utföras på skelett, vilket var både helt och delvis möjligt för studiens älgkranium och björnskelett. Alla sex föremål kommer från olika individer med olika levnadsvanor och dieter vilket kan påverka deras skelett. Bäckben och kranium hos vilda ryggradsdjur har likväl samma kemiska uppsättning och grupperas som platta ben (Jørgensen & Botfeldt, 1986, s. 11). Så det är bevisat att metoden kan användas på åtminstone två sorters ryggradsdjur men inte andra sorters skelettdelar, det är dock högst sannolikt.

Om denna metod för bläckborttagning ska användas i praktiken för andra typer av skelett, rekommenderas det att utvärdera först och främst om avlägsnandet av märkningen påverkar föremålet etiskt, estetiskt och kemiskt. Därefter vilken typ av bläck som ska avlägsnas och slutligen om föremålets kondition, eftersom alla dessa faktorer kan påverka metodens resultat. Exempelvis menar Figueiredo m.fl. (2012) att skeletts strukturella egenskaper kan variera med och inom ryggradsdjursarter beroende på individens ålder, näring, hälsotillstånd med mera (Figueiredo m.fl., 2012). Samolik m.fl. (2015) studie påstår att det lyckade resultatet för deras studie om graffitiborttagning med gel berodde på att det gick att identifiera vilken typ av graffiti som skulle avlägsnas så att rätt lösningsmedel användes (Samolik m.fl., 2015).

Om bläckborttagning med gel skulle bedömas som farligt för föremålet kan någon av de metoder som föreslagits i forskningspublikationerna vägas mot varandra istället. Det är inte känt att dessa metoder har utförts för just skelett, men har precis som för gelerna, använts på andra porösa och/eller organiska material. Exempelvis visar Caverhill m.fl. (1996) studie på att dryside-fläckar kan avlägsnas från bomullspapper med lasern Q-switched Nd:YAG.

Flera sorter av graffiti har samma kemiska substanser, graffiti består oftast av pigment blandade med syntetiska hartser och lösningsmedel såsom aceton, ensamt eller i kombination med alkoholer eller estrar (Pozo-Antonio m.fl., 2016). Därmed kan förmodligen flera av graffitirengöringsmetoderna appliceras för bläckborttagning på skelett med möjligtvis mindre förändringar. Kavda m.fl. (2017) och Baglioni m.fl. (2017) menar att den mer kontrollerbara rengöringsmetoden med geler är bättre än traditionella metoder. Då appliceringstiden kan bestämmas exakt samt då gelerna är transparenta kan konservatorn även följa processen bara genom att titta på dem. Pozo-Antonio m.fl. (2016) studie visade på att de tre traditionella metoderna däremot kan skada föremålets yta och orsaka kemisk kontaminering, vilket kan tyda på att rengöring med gel också är en mindre invasiv metod.

Uppsatsens tredje forskningsfråga, "***Går det att avslöja den kemiska sammansättningen av björnskelettens bläck genom FTIR-analys?***" har besvarats utifrån resultat och analys av **4.2 FTIR** samt tidigare granskande forskning som lästs. Analys och resultat med FTIR kan fastställa ett föremåls organiska och oorganiska materialsammansättning. För studien var metoden enkel att utföra, men tolkning av provens spektrum kräver erfarenhet och inläsning på området.

Bläckets kemiska sammansättning och framförallt dess lösningsmedel har försökts identifieras i studien för att hitta lämpligt gel-lösningskombination för bläckborttagningen för att minimera kemisk stress på björnskeletten (Casanova m.fl., 2016). Enligt Casanova m.fl. (2016) används framförallt gaskromatografi med masspektrometri (GC-MS) för att identifiera organiska ämnen, men Atanassova m.fl. (2021) har även utfört studier med FTIR och röntgenfluorescens (XRF) för att just identifiera bläcks organiska beståndsdelar. Det de båda artiklarna kommit fram till är att det krävs mer än en analysmetod för att identifiera bläck, exempelvis föreslås det att kombinera resultat från infraröda spektroskopier med RAMAN spektroskopi.

Det som gick att identifiera med säkert resultat var att proven innehåll brunbjörn skelett med topparna 3310 cm^{-1} (O-H), 1637 cm^{-1} (N-H), 1449 cm^{-1} (C-H), 1407 cm^{-1} (O-H), 1016 cm^{-1} (C-F) och 598 cm^{-1} (halogen förening) i fig 25. Vissa dalar och toppar stämmer inte överens med andra brunbjörnsreferensspektrum och dessa områden kan visa på bläckets innehåll i proven, 2925 cm^{-1} , 2852 cm^{-1} , 1543 cm^{-1} , 871 cm^{-1} och absorptionskurvorna i det markerade lila och orangea området i spektrumet, men det är inte tillräckligt med information för att identifiera bläckets beståndsdelar.

För denna studie, var det inte möjligt att identifiera bläcket eller dess beståndsdelar med ett gott resultat och på ett icke-invasivt sätt. Detta kan bero på att proven inte innehöll något bläck, även om det går att se okulärt och mikroskopiskt att bläcket fanns på föremålens yta där proven togs. Spår av bläck i proverna är troligtvis svårare att identifiera då inverkan av bläck på FTIR-spektrumet kan vara för litet för att kunna mätas med denna teknik. Med hänsyn till tidigare forskning inom området, kan det inte uteslutas att det krävs mer än en analysmetod för att identifiera bläcks kemiska komponenter. Om studiens FTIR-analys hade kombinerats med RAMAN, infraröd spektroskopi, GC-MS, FT-NIR eller XRF hade troligtvis beståndsdelarna kunnat identifieras (Havermans m.fl., 2005; Atanassova m.fl., 2021; Keheyen & Giulianelli, 2006).

6. SLUTSATSER

Studien har undersökt om olika geler kan användas för bläckborttagning på skelett och om FTIR kan användas för att identifiera den kemiska sammansättningen för bläcket på föremålen. Studien bygger främst på den experimentella studien för älgkraniet där olika kombinationer med gel och lösningsmedel användes för att avlägsna alkoholbaserat bläck samt oljefärg. Alla resultat har sedan analyserats och bedömts makroskopiskt, okulärt och fotografiskt, och mikroskopiskt med miksopskopet LEICA S9D och Dino-lite Digital Microscope. Undersökningsmetoden FTIR användes även för att identifiera det bläck som föremålets märkningar består av. Utifrån studiens resultat, analys och diskussion dras följande slutsatser för studiens frågeställningar:

- De två följande kombinationerna för gel och lösningsmedel, 1) HWR dry gel laddad i vol/vol isopropanol och destillerat vatten och 2) Gellan Gum laddad i toluen, var de kombinationerna som gav bäst resultat för bläckborttagning på studiens björnskelett.
- Metoden kan med störst sannolikhet användas på skelett från andra ryggradsdjur, då bläckborttagning kunde utföras på studiens älgkranium och tre av fyra björnbäcken.
- FTIR kunde inte användas för att säkert identifiera bläckets kemiska sammansättning.

Andra slutsatser som kan dras utifrån studien är följande:

- Etablerade metoder för bläckborttagning på skelett saknas.
- Rengörings tester med traditionella rengöringsmetoderna bör jämföras med rengöring av geler för att se vilken kommer att ge ett bättre resultat ur ett estetiskt perspektiv för bläckborttagning på skelett.
- För de mest tillförlitliga resultaten för identifieringen av bläckets komponenter bör minst två analysmetoder som FTIR i kombination med GC-MS och RAMAN användas.

6.1 Vidare forskning

Utifrån studiens dragna slutsatser bör forskning fortsätta inom området för bläckborttagning på skelett. Vidare forskning, tester och analyser för bläckborttagning på skelett med gel bör utföras på skelett från andra ryggradsdjur och typer av bläck, för att se vilka begränsningar metoden har. Detta för att skeletts strukturella egenskaper kan variera beroende på art, individens ålder, näringsupptag och hälsotillstånd. Begränsningar såsom tid, budget, och hälsoaspekter bör tas i beaktning vid framtida studier så att forskningen kan utföras på ett korrekt sätt.

Som nämnts tidigare bör vidare forskning ske med andra geler, detta gäller även för lösningsmedel. Det rekommenderas att använda geler och lösningsmedel som tidigare bekräftats fungera för bläckborttagning på andra föremål av organiskt material och/eller med en porös struktur. Det kan även undersökas om de traditionella rengöringsmetoderna kan ge ett bättre resultat för bläckborttagning estetiskt och etiskt.

Till vidare forskning föreslås det även att klarlägga om resultat för bläckborttagning med gel kan bero på hur bläcket åldrats på föremålen och hur länge märkningen suttit där.

7. SAMMANFATTNING

Denna kandidatuppsats undersöker bläckborttagning av okänt bläck på björnskeletten NRM-MA20075383, NRM-MA20105372, NRM-MA20095327, NRM-MA20195428 och NRM-MA20085138 från NRM och ett älgkranium med hjälp av fyra stycken hydrogeler laddade i olika lösningsmedel, genom en experimentell studie. Syftet är att genom en empirisk studie med kvantitativ ansats och analys, löslighetstudie, och explorativ ansats, alstra kunskap om bläckborttagning på skelett och därmed minska kunskapsglappet inom ämnet. Uppsatsens målsättning är att utforska vilka kombinationer av geler och lösningsmedel som kan användas för avlägsnandet av bläckborttagning på skelett samtidigt som föremålets strukturella integritet bibehålls så att de kan studeras och bevaras för vetenskaplig forskning och utbildningsändamål.

Studiens ämne, mål och syfte motiveras av den observerade kunskapsluckan av publicerade studier och metoder för bläckborttagning på skelett. Bristen av information och kunskap kring detta beror troligtvis på att konservering av naturhistoriskt material är en relativt liten gren inom konservering.

Följande forskningsfrågor undersöks i studien:

- Vilken kombination av gel och lösningsmedel är mest effektiv för bläckborttagning för studiens björnkranium och björnbäcken?
- Kan resultatet även användas på skelett av andra animaliska grupper och skelettdelar?
- Går det att avslöja den kemiska sammansättningen av björnskelettens bläck genom FTIR-analys?

Studiens undersökning är tvärvetenskaplig mellan de fyra områdena konservering, zoologi, kemi och biologi. Dess teoretiska utgångspunkter är reversibilitet (Muñoz Viñas, 2005), *minimalt ingrepp* (Muñoz Viñas, 2005), teorin om *nedbrytningsfaktorer/distinkta faktorer* (Michalski, 1990), Den estetiska teorin och the new scientific conservation theory (Muñoz Viñas, 2005).

Tryckta källor för bläckborttagning på andra material såsom papper, pergament, tavlor har använts som källmaterial. Även artiklar för graffitiborttagning på olika porösa material såsom sten, byggnader och skulpturer, då studiens skelett även är ett poröst material.

Data för de kemiska komponenterna i björnskelettens märkningar har samlats in genom provtagning och sedan analyserats med deras individuella spektrum skapade med FTIR. FTIR-analysen visade på att märkningarnas bläck inte kunde identifieras. Detta konkluderades även med tidigare forskning, där alla studier använt åtminstone två analysmetoder för att identifiera bläck.

Skelettens märkningar och allmänna konditionstillstånd bedömdes makroskopiskt och mikroskopiskt med olika verktyg som LEICA S9D och Dino-lite Digital Microscope. Efter detta utfördes en experimentell studie på älgkraniet där 13 olika gel- och lösningsmedelkombinationer testades för att avlägsna den alkoholbaserade pennan Pennan Multimark av Faber Castell och oljefärgen Georgian Oil Colour Lamp Black som representerade en oljebaserad bläck.

Rengöringstestet utfört på älgkraniet konkluderade att kombinationen HWR dry gel laddad i vol/vol isopropanol och destillerat vatten gav bäst resultat för att avlägsna den alkoholbaserade bläcken, och Gellan Gum laddad i toluen var bäst för att avlägsna oljefärgen, dock behövdes läskpapper användas direkt efteråt för att absorbera den lösta färgen som gelen inte kunde mottaga. Fastställandet av detta bedöms utifrån följande faktorer: 1) mängd av gelrester på föremålet. 2) gelens effektivitet för migrering av det lösta bläcket in i gelstrukturen. 3) mängd av bläck kvar på föremålet. Observationen utfördes med hjälp av mikroskopi och en makroskopisk analys.

Först användes kombinationen HWR dry gel laddad i vol/vol isopropanol och destillerat vatten på alla björnskelett då det utgick från studiens muntliga källa att märkpenan som använts var alkoholbaserad. Eftersom denna kombination endast gav ett positivt resultat på ett av skeletten bedömdes det som möjligt att resterande föremåls märkningar bestod av en annan bläcktyp. Därmed testades Gellan Gum laddad i toluen på de fyra övriga föremålen, där denna kombination gav ett positivt resultat på två av föremålen.

Studien konkluderade följande:

- De två följande kombinationerna för gel och lösningsmedel, 1) HWR dry gel laddad i vol/vol isopropanol och destillerat vatten och 2) Gellan Gum laddad i toluen, var de kombinationerna som gav bäst resultat för bläckborttagning för studiens björnskelett.
- Metoden kan med störst sannolikhet användas på skelett från andra ryggradsdjur, då bläckborttagning kunde utföras på studiens älgkranium och tre av fyra björnbäcken.
- FTIR kunde inte användas för att säkert identifiera bläckets kemiska sammansättning.

Andra slutsatser som kan dras utifrån studien är följande:

- Etablerade metoder för bläckborttagning på skelett saknas.
- Rengörings tester med traditionella rengöringsmetoderna bör jämföras med rengöring av geler för att se vilken kommer att ge ett bättre resultat ur ett estetiskt perspektiv för bläckborttagning på skelett.
- För de mest tillförlitliga resultaten för identifieringen av bläckets komponenter bör minst två analysmetoder som FTIR i kombination med GC-MS och RAMAN användas.

8. KÄLLFÖRTECKNING

- Acco Brands. (2016). *Material Safety Data Sheet*.
<http://www.accobrands.com.au/pdf/Artline-Permanent-Fine.pdf>
- Appelbaum, B. (1987). Criteria for treatment: reversibility. *Journal of the American Institute for Conservation*, 26, 65–73.
- Asscher, Y., Regev, L., Weiner, S., & Boaretto, S.E. (2011). Atomic disorder in fossil tooth and bone mineral: an FTIR study using the grinding curve method. *ArcheoSciences*, 135-141.
<https://doi.org/10.4000/archeosciences.3062>
- Atanassova, V., Ghervase, L., & Cortea, I. M. (2021). Laser removal of marker tags from contemporary graffiti painting. *Journal of Physics Conference Series* 1859(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1859/1/012001>
- Baglioni, P., Alterini, M., Giorgio, R., Shashoua, Y., Brajer, I., Baglioni, M., Bridgland, J. (2017). Nanofluids confined in chemical hydrogels for the selective removal of graffiti from street art. *IN PUBLICATION ICOM Committee for Conservation 18th Triennial Meeting Copenhagen Denmark 4-8 September 2017*.
- Baglioni, P., & Chelazzi, D. (2013). *Nanoscience for the Conservation of Works of Art*. Royal Society of Chemistry.
- Bartoletti, A., Barker, R., Chelazzi, D., Bonelli, N., Baglioni, P., Lee, J., Angelova, L. V., & Ormsby, B. (2020). Reviving WHAAM! a comparative evaluation of cleaning systems for the conservation treatment of Roy Lichtenstein's iconic painting. *Heritage Science*, 8(1), 1–30.
<https://doi.org/10.1186/s40494-020-0350-2>
- Botfeldt, K. B., Frank, S. K., Meyer, I., & Herm, C. (2018). Status Report, Conservation and Exhibition Proposal for 14 natural Skeletons from the Anatomical Collection at the University of Fine Arts in Dresden. *VDR Beiträge zur Erhaltung von Kunst- und Kulturgut*, 1, 71-86.
- Briffa, C. (2018, 2 januari). Investigating the removal of permanent marker ink from historical parchment, using acetone and benzyl alcohol with Velvessil Plus™ gel. *SCHOOL OF CONSERVATION BLOG*.
<https://www.westdean.org.uk/study/school-of-conservation/blog/ma/investigating-the-removal-of-permanent-marker-ink-from-historical-parchment-using-acetone-and-benzyl-alcohol-witt-velvessil-plus-gel>
- Britannica. (u.å.). India ink. I Britannica. Hämtad 2023-04-24 från
<https://www.britannica.com/art/India-ink>
- Bustamante-Torres, M., Romero-Fierro, D., Arcentales-Vera, B., Palomino, K., Magaña, H., & Bucio, E. (2021). Hydrogels Classification According to the Physical or Chemical Interactions and as Stimuli-Sensitive Materials. *Gels*, 7(4), 182. <https://doi.org/10.3390/gels7040182>
- Byrne, K., Knapp, T., Hitchcock, A., Black, L., & Vogt-O'Connor, D. (2000). *NPS Museum Handbook, Part II*. National Park Service.
- C, Margariti. (2019). The application of FTIR microspectroscopy in a non-invasive and non-destructive way to the study and conservation of mineralised excavated textiles. *Heritage science*, 7(63). <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0304-8>

- Caroll, V. (2019). (*General*) *High Acyl Gellan Gum In Parchment Conservation by Cathie Magee*. [Inlägg i diskussionsforum]. Online Community for the American Institute for Conservation and Foundation for Advancement in Conservation. <https://community.culturalheritage.org/blogs/valinda-carroll/2019/07/01/high-acyl-gellan-gum-in-parchment>
- Casanova, E., Pele-Meziani, C., Guilminot, E., Mevellec, J-Y., Riquier-Bouclet, C., Vinçottea, A., & Lemoine, G. (2016). The use of vibrational spectroscopy techniques as a tool for the discrimination and identification of the natural and synthetic organic compounds used in conservation. *Analytical Methods*, 8(8514) <http://doi.org/10.1039/c6ay02645a>
- Caverhill, J., Latimer, I., & Singer, B. (1996). An investigation into the use of a laser for the removal of modern ink marks from paper. *The conservator*, 20(1), 65-76. <https://doi.org/10.1080/01410096.1996.9995104>
- Charteris, L. (1999). Reversibility – myth and mis-use. In *Reversibility – Does it Exist?* (A. Oddy, ed.) pp. 141–145. London: British Museum.
- Collections Trust. (2020). *Labelling and marking booklet*. <https://collectionstrust.org.uk/wp-content/uploads/2016/11/labelling-and-marking-booklet-2020.pdf>
- CSGI-Consorzio per lo Sviluppo dei Sistemi a Grande Interfase. (2019). Nanorestore Gel® Dry. 2–7.
- Das, M., & Kumar Giri, T. (2020). Hydrogels based on gellan gum in cell delivery and drug delivery. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 56(1). <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2020.101586>
- Deffner och Johann. (u.å.) *Nanorestore Gel® HWR Dry Gel*. Hämtad 2023-04-10 från <https://deffner-johann.de/en/nanorestore-gelr-hwr-dry-gel.html>
- Derrick, M. R., Stulik, D., & Landry, J. M. (1999). *Infrared spectroscopy in conservation science*. Getty Conservation Institute.
- Djabourov, M., Nishinari, K., & Ross-Murphy, S.B. (2013). *Physical Gels from Biological and Synthetic Polymers*. Cambridge University Press.
- Dobruskin, S. (1988). Abnahme von Kugelschreiberfarbstoff (Removal of ball point ink from from a modern painting). *Restauro*, 94(1), 292-296.
- Eiser, D. (1993). Removing ink stains. *SA cleaning review*, 35(3), 4.
- Faber Castell. (u.å.). *Rethink Your Ink - Pitt Artist Pens and India Ink*. Hämtad 2023-04-12 från <https://www.fabercastell.com/blogs/creativity-for-life/rethink-your-ink>
- Faber Castell. (2017). *Certification. Description of the FABER-CASTELL Marker Multimark permanent (Ref. No. 1513../ 1523../ 1525..) and a Certification of the Safety*. <https://cdn.abicart.com/shop/ws12/69712/art7/162591507-976c1f-2219474a.pdf>
- Figueiredo, M. M., Gamelas, J. A. F., & Martins, A. G. (2012). Characterization of Bone and Bone-Based Graft Materials Using FTIR Spectroscopy. *InTech*. <https://doi.org/10.5772/36379>
- FTIR Functional Group Database Table with Search - InstaNANO. Hämtad 2023-05-16 från <https://instanano.com/all/characterization/ftir/ftir-functional-group-search/>

- Giordano, Q., Caruso, M.R., & Lazzara, G. (2022). New tool for sustainable treatments: agar spray—research and practice. *Heritage Science volume 10*(123).
<https://doi.org/10.1186/s40494-022-00756-9>
- Grant, T. *Government of Canada. (2019-02-22) Conservation of Wet Faunal Remains: Bone, Antler and Ivory – Canadian Conservation Institute (CCI) Notes 4/3*. Hämtad 2023-04-10 från <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/conservation-faunal-bone-antler-ivory.html>
- Havermans, J., Aziz, H. A., Penders, N. (2005). NIR as a tool for the identification of paper and inks in conservation research. *Restaurator*, 26(3), 172-180.
<https://doi.org/10.1515/rest.2005.26.3.172>
- Horie, C.V. (2010). Solvents. I C.V. Horie (Red.), *Materials for Conservation* (s. 52-70). London: Routledge.
- Iannuccelli, S., & Sotgiu, S. (2010). Wet Treatments of Works of Art on Paper with Rigid Gellan Gels. *The Book and Paper Group Annual*, 29(1), 25-39.
- Jørgensen, G. & Botfeldt, K. (1986). *Knogler, tak tænder, skaller og hornmaterialer: Struktur, nedbrydning og konservering*. Konservatorskolen Det Kongelige Danske Kunstakademi.
- Keheyani, Y. & Giulianelli, L. (2006). Identification of Historical Ink Ingredients Using Pyrolysis-GC-MS. A Model Study. *e-Preservation Science*, 3(1), 5-10.
- Kontopoulos, I., Presslee, S., Penkman, K., & Collins, M. J. (2018). Preparation of Bone Powder for FTIR-ATR Analysis: The Particle Size Effect. *Vibrational Spectroscopy*, 99(65), 167-177.
<https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2018.09.004>
- Lee Scott, C. (2012). The use of agar as a solvent gel in objects conservation. *The American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works*, 19(1), 71-83.
- Leroux, M. (2016). Soft Matter: Gel Development for Conservation Treatment Gellan Gum and Nanorestore Gel®. *The Book and Paper Group Annual*, 35(1), 43-47.
- Madden, O., Pouli, P., Abraham, M., & Fotakis, C. (2001). Removal of dye-based ink stains from ivory: evaluation of cleaning results based on wavelength dependency and laser type. I LACONA (Conference) (4th : 2001 : Paris), *Les lasers dans la conservation des oeuvres d'art = Lasers in the conservation of artworks: LACONA IV: Paris, 11-14 septembre 2001* (s. 37-40). International Council on Monuments and Sites.
- Maheux, A. F. (2015). Cross-Disciplinary Uses for Gellan Gum in Conservation. *The Book and Paper Group Annual*, 34(1), 69-79.
- Michalski, S. (1990). An overall framework for preventive conservation and remedial conservation. ICOM Committee for Conservation preprints, 2, 589–591.
- Muñoz Viñas, S. (2005). *Contemporary Theory of Conservation*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann
- National Center for Biotechnology Information. (u.å.) Agar. Hämtad 2023-04-20 från <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Agar>
- National Center for Biotechnology Information. (u.å.). *PubChem Compound Summary for CID 1140*,

- Toluene*. Hämtad 2023-04-12 från <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Toluene>
- National Center for Biotechnology Information. (u.å.). *PubChem Compound Summary for CID 180, Acetone*. Hämtad 2023-04-12 från <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acetone>
- National Center for Biotechnology Information. (u.å.). *PubChem Compound Summary for CID 3776, Isopropyl Alcohol*. Hämtad 2023-04-12 från <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Isopropyl-Alcohol>
- National Center for Biotechnology Information. (u.å.). *PubChem Compound Summary for CID 702, Ethanol*. Hämtad 2023-04-12 från <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Ethanol>
- National museums Liverpool. (u.å.). Hämtad 2023-04-04 från <https://www.sharemuseumseast.org.uk/wp-content/uploads/2013/10/Marking-and-Labeling-Methods-and-Positions.pdf>
- Patel, R., & Davidson, B. (2003). *Forskningsmetodikens grunder: Att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Studentlitteratur.
- Rapp Py-Daniel, A. (2014). Bones: Preservation and Conservation. I Smith, C. (Red.), *Encyclopedia of Global Archaeology* (985–989). Springer, New York, NY.
- Rice, J. W. (2011). Principles of Textile Conservation Science, No. V: The Characteristics of Soils and Stains Encountered on Historic Textiles. I M. M. Brooks. & D. Eastop (Red.), *Changing views of textile conservation* (s. 118–119). Getty Conservation Institute.
- Schmitt, J., & Flemming, H.C. (1998). FTIR-spectroscopy in microbial and material analysis. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 41(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S0964-8305\(98\)80002-4](https://doi.org/10.1016/S0964-8305(98)80002-4)
- Senvaitiene, J., Beganskiene, A., Salickaite-Bunikiene, L., & Kareiva, A. (2006). Analytical identification of historical writing inks: a new methodological approach. *Lithuanian journal of physics*, 46(1), 109-115. <https://doi.org/10.3952/lithjphys.46108>
- Solutions for conservation of cultural heritage. (u.å.). *Nanorestore Gel® Peggy*. Hämtad 2023-04-10 från <https://www.csgi.unifi.it/products/peggy.html>
- Solutions for conservation of cultural heritage. (2019). *NANORESTORE GEL® PEGGY. Technical Sheet*. Hämtad 2023-04-10 från https://www.csgi.unifi.it/products/downloads/gelpg_ts_eng.pdf
- South East museums. (u.å.). *Inventory Marking*. Hämtad 2023-04-06 från <https://southeastmuseums.org/support/conservation/conservation-advice-inventory-marking/>
- Stiber Morenus, L., W. Eng, C., Takahatake, N., & C. Rambaldi D. (2015). 16TH- AND 17TH-CENTURY ITALIAN CHIAROSCURO WOODCUTS: INSTRUMENTAL ANALYSIS, DEGRADATION, AND CONSERVATION. *Journal of the American Institute for Conservation*, 54(4), 238-271. <https://doi.org/10.1179/1945233015Y.0000000008>
- Stone, T.G. (1977). Conservation of two Athapaskan caribou hide robes: ballpoint ink removal. *Journal of the International Institute for Conservation, Canadian Group*, 3(1), 16-18.
- Wagner B., Donten, M.L., Bulska, E., Jackowska A., & Sobucki, W. (2007). Analytical approach to the conservation of the ancient Egyptian manuscript “Bakai Book of the Dead”: a case study. *Microchim Acta*, 159, 101–108. <https://doi.org/10.1007/s00604-007-0732-0>

Woods, Michael., & Woods, Mary. (2000). *Ancient Communication: Form Grunts to Graffiti*.
Runestone Pr.

Zumdahl, S.S., Zumdahl, S.A. (2010). Chapter 22: Organic and biological molecules. I S.S. Zumdahl,
S.S. Zumdahl, *Chemistry* (s. 1023-1043). Belmont.

Bilaga 1: Lista av material

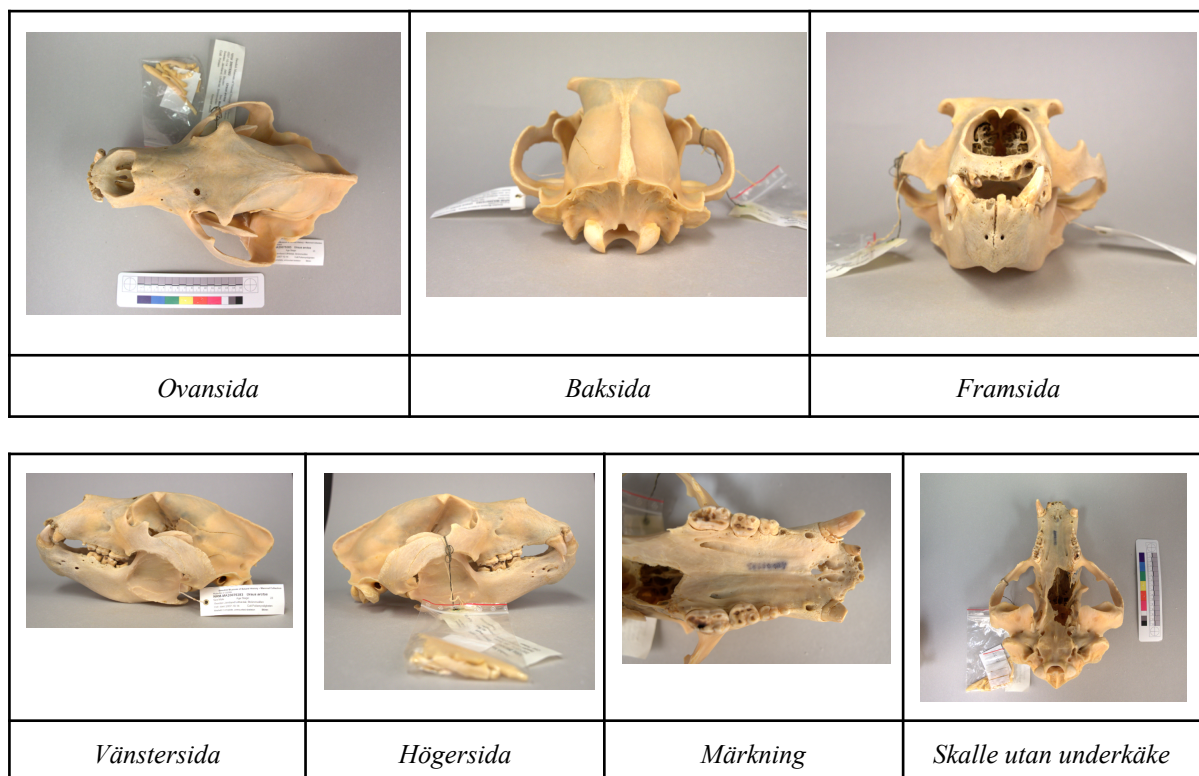
Materialen som använts för studiens experimentella del och deras tillverkare:

- Multimark av Faber Castell®
- Georgian Oil Colour Lamp Black av Daler Rowney
- Agarpulver från HWR Chemicals
- Low Acyl Gellan Gum (LAGG)-pulver från Thermo Scientific
- Kalciumacetat från Amresco®
- HWR dry gel av Nanorestore Gel®
- Peggy-6 av Nanorestore Gel®

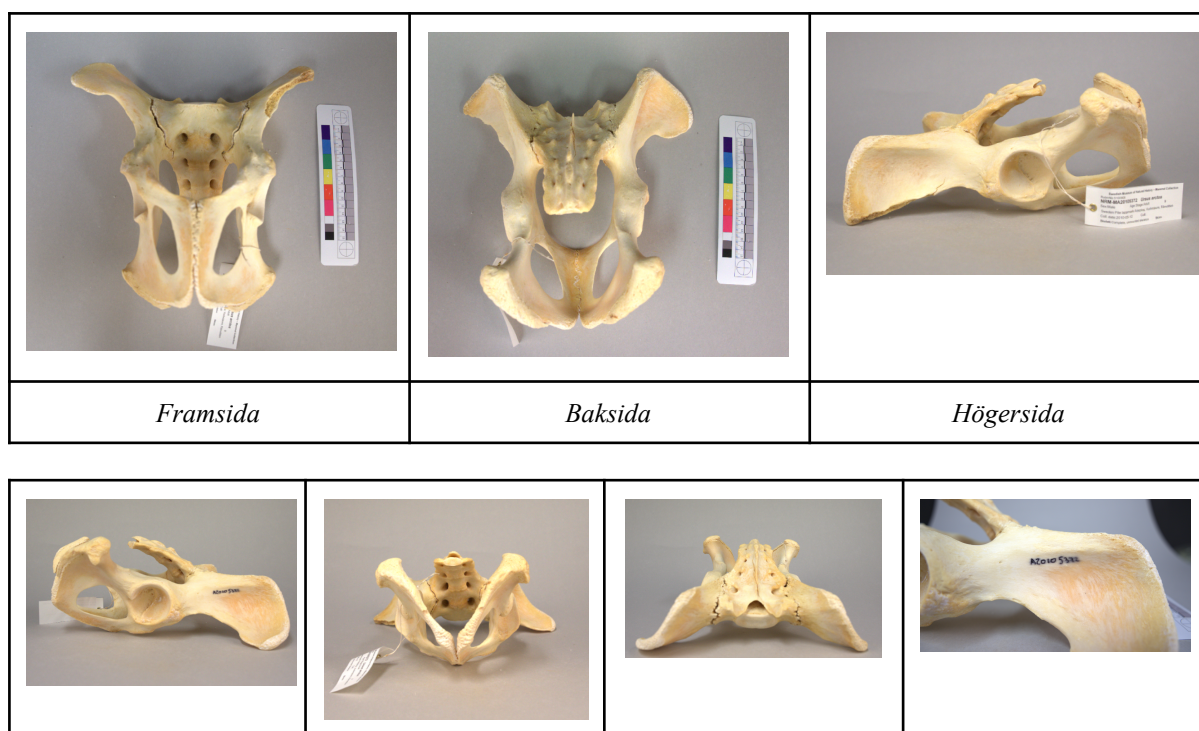
Bilaga 2: Bilder

A. Översiktsbilder av föremålen

1. NRM-MA20075383

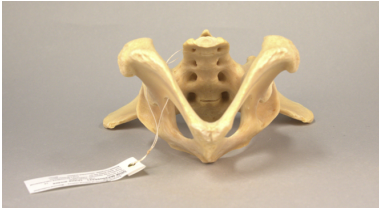



2. NRM-MA20105372







<i>Vänster sida</i>	<i>Undersida</i>	<i>Ovansida</i>	<i>Märkning</i>
---------------------	------------------	-----------------	-----------------

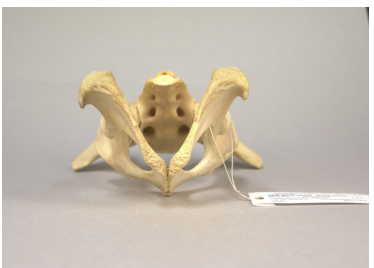

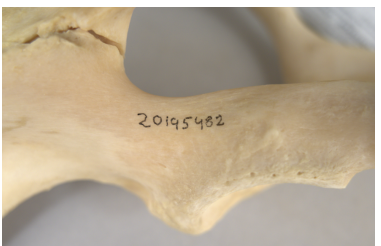
3. NRM-MA20095327

		
<i>Framsida</i>	<i>Undersida</i>	<i>Ovansida</i>

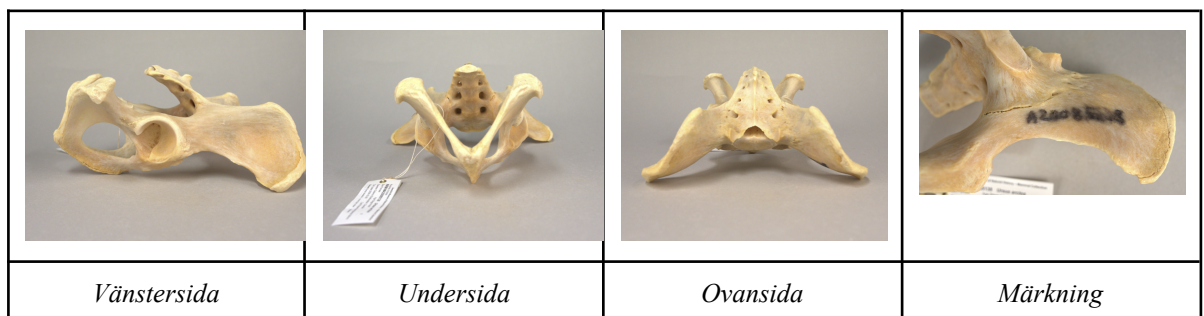
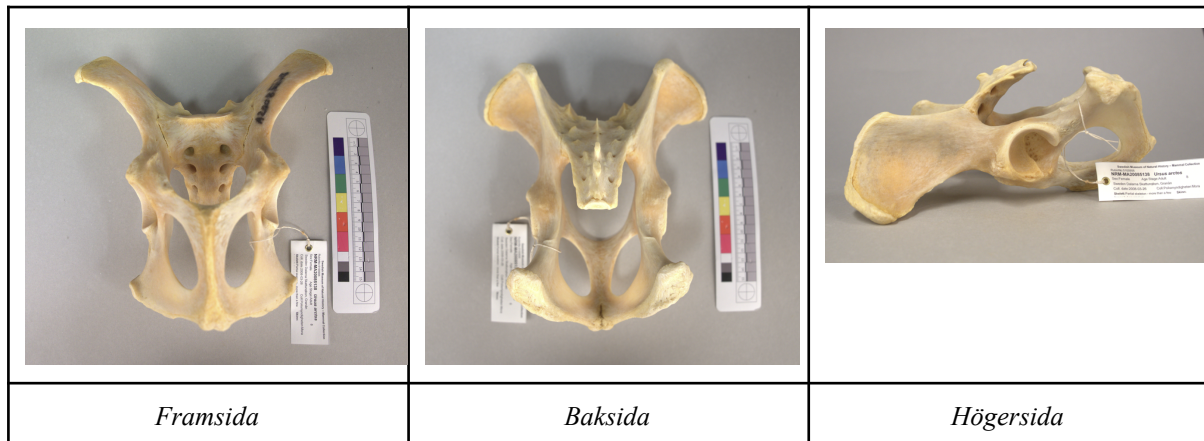
		
<i>Vänstersida</i>	<i>Högersida</i>	<i>Märkning</i>

4. NRM-MA20195428

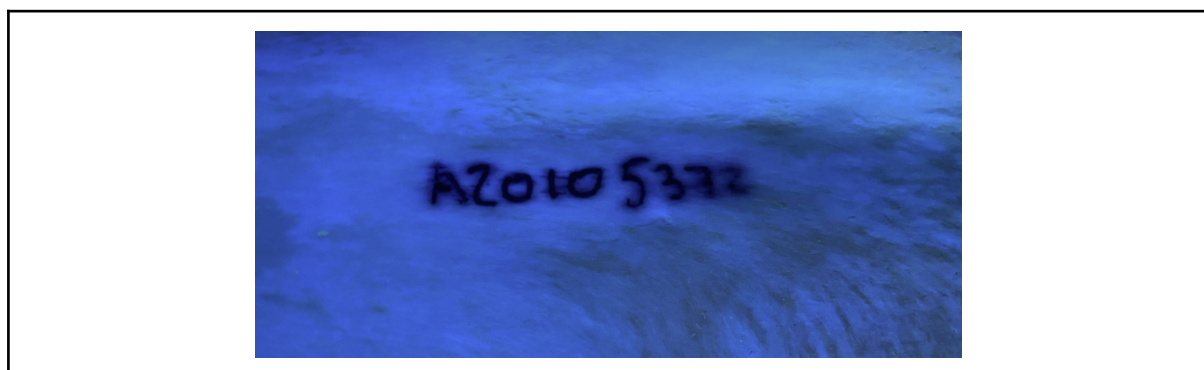
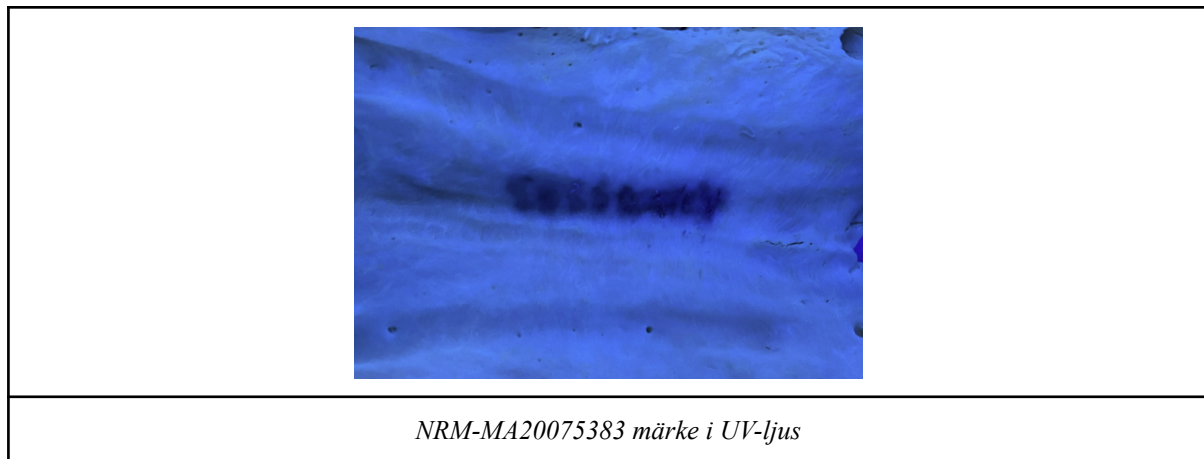
			
<i>Framsida</i>	<i>Baksida</i>	<i>Vänstersida</i>	<i>Högersida</i>

		
<i>Undersida</i>	<i>Ovansida</i>	<i>Märkning</i>

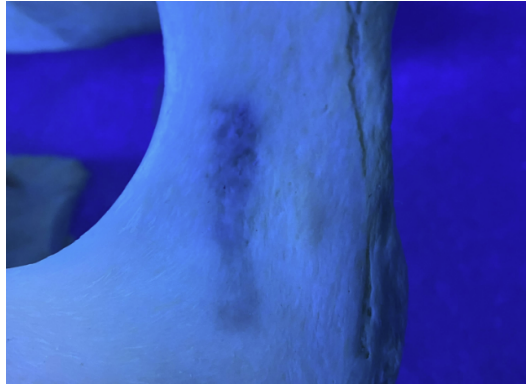
5. NRM-MA20085138



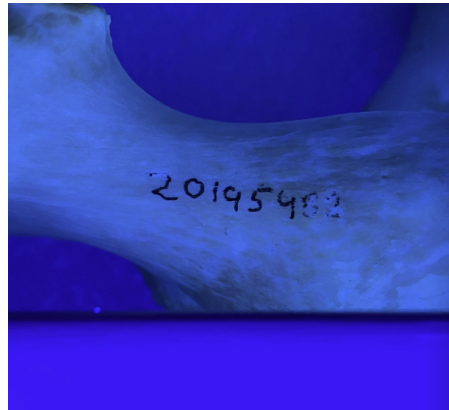
B. Björnskelettens märkningar i UV-ljus (bilder tagna med Iphone 11 Pro)



NRM-MA20105372 märke i UV-ljus



NRM-MA20095327 märke i UV-ljus

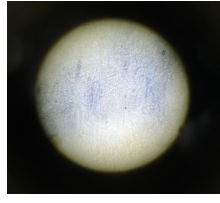
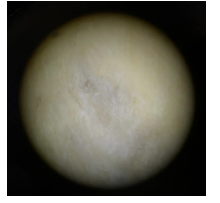

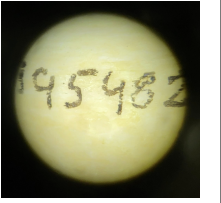
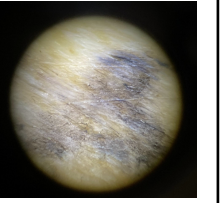


*NRM-MA20195428
märke i UV-ljus*

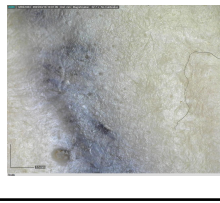
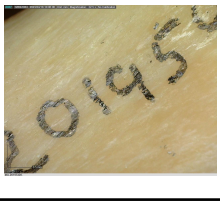

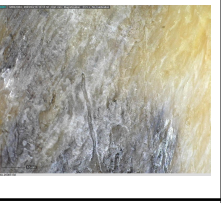
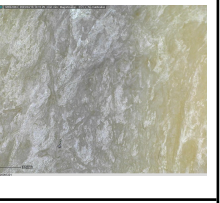


NRM-MA20085138 märke i UV-ljus





C. Mikroskopiska bilder tagna på björnskeletten med LEICA S9D före åtgärd

				
<i>NRM-MA20075383</i>	<i>NRM-MA20095327</i>	<i>NRM-MA20105372</i>	<i>NRM-MA20195428</i>	<i>NRM-MA20085138</i>

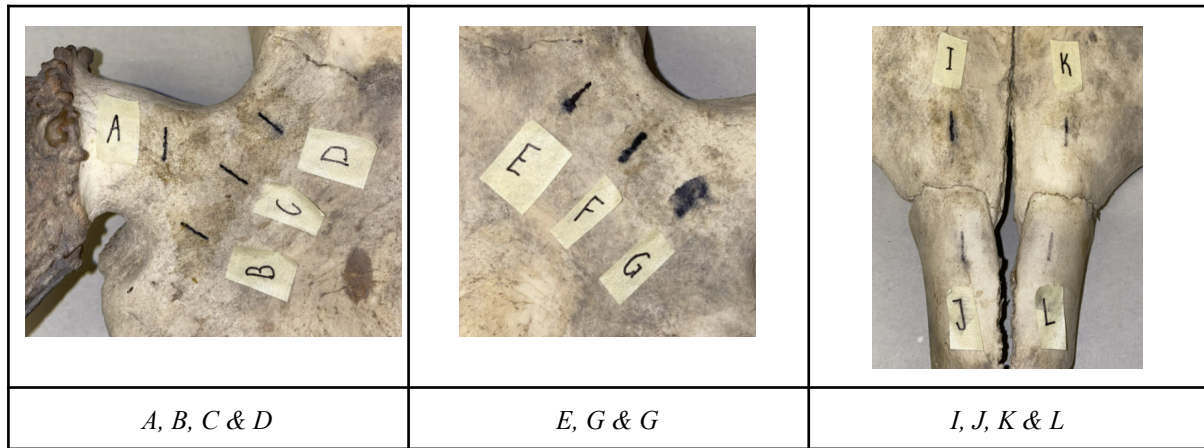
D. Mikroskopiska bilder tagna på björnskeletten med Dino-lite Digital Microscope före åtgärd

				
<i>NRM-MA20075383</i>	<i>NRM-MA20195428</i>	<i>RM-MA20105372</i>	<i>NRM-MA20085138</i>	<i>NRM-MA20095327</i>

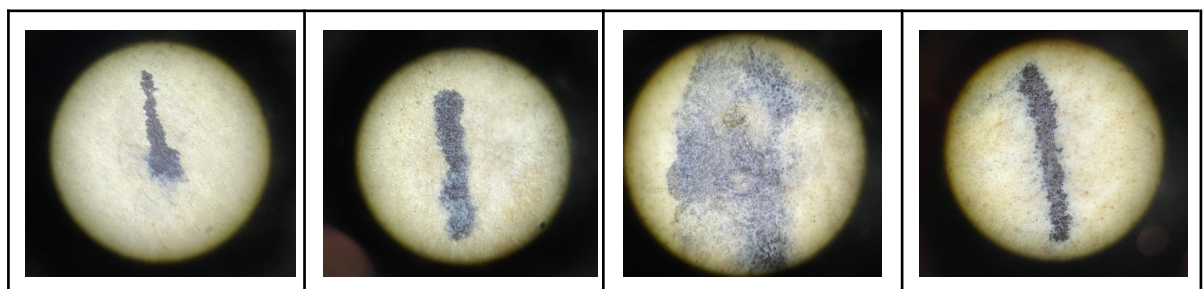
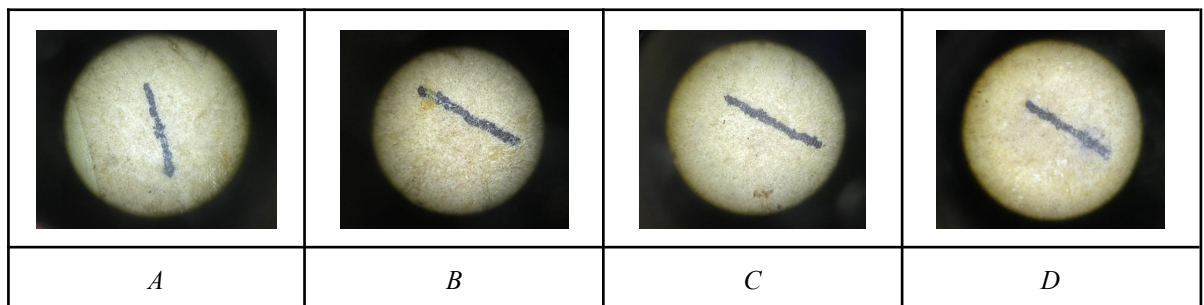
E. Bilder tagna med Iphone 11 Pro när geler suttit på älgkraniet i 20 minuter

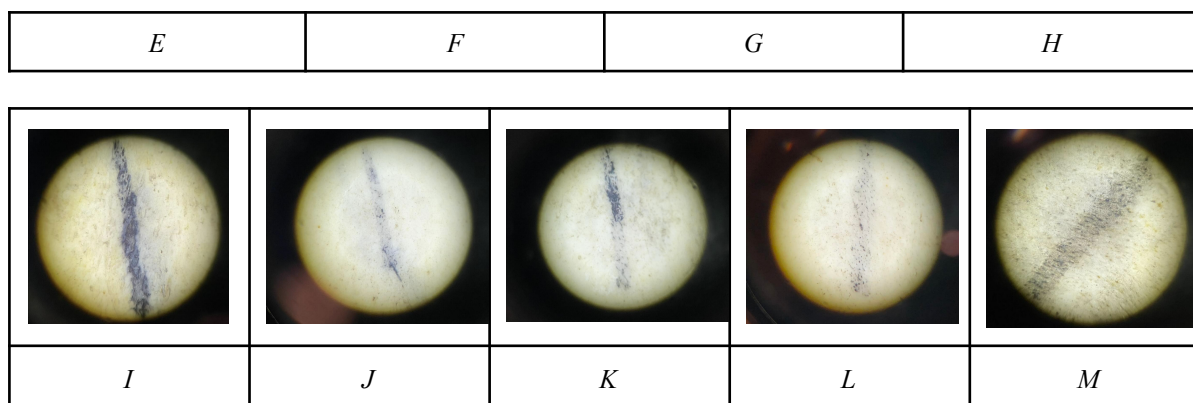
			
<i>E, F & G</i>	<i>I & J</i>	<i>K & L</i>	<i>M</i>

F. Bilder tagna med Iphone 11 Pro när geler suttit på älgkraniet i 120 minuter

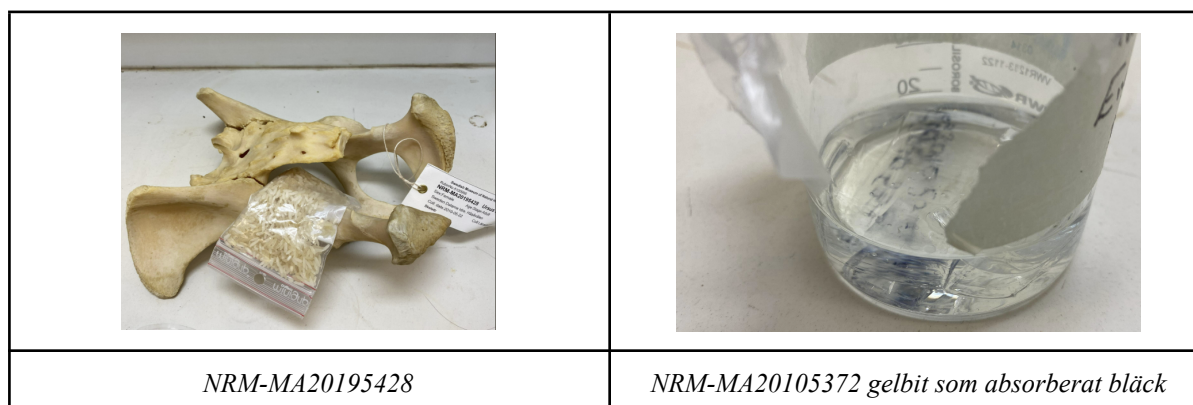


G. Mikroskopbilder tagna med LEICA S9D på älgkraniet efter rengöring med geler

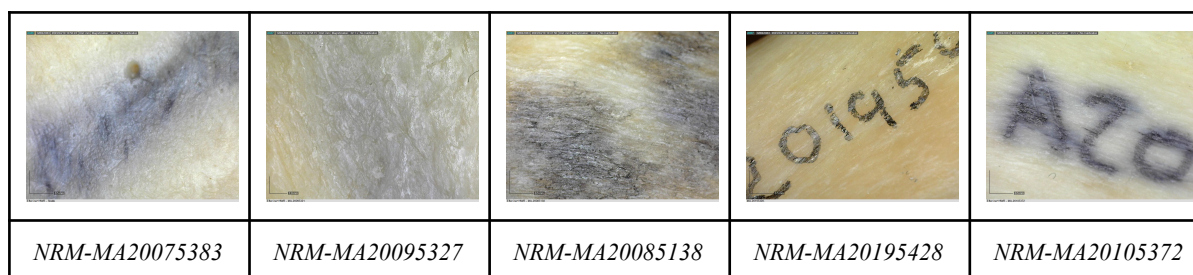




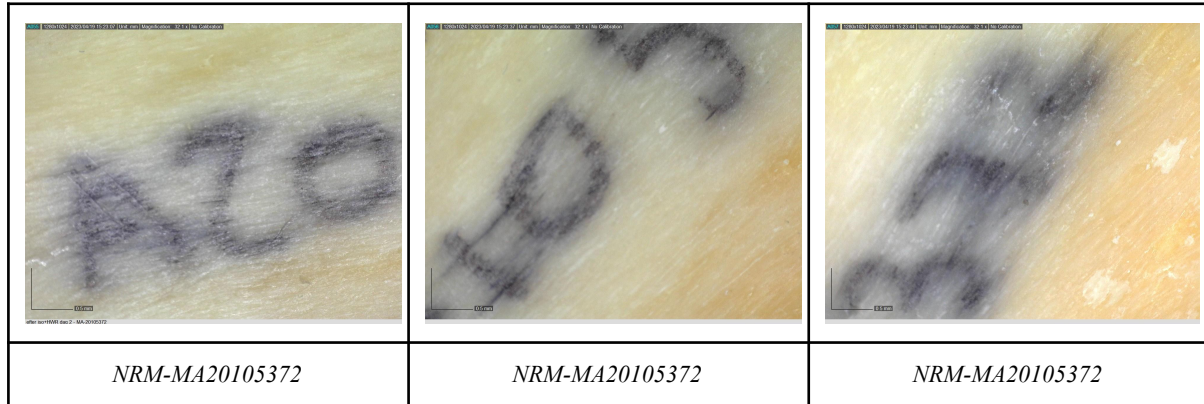
H. Bilder med Iphone 11 Pro vid rengöring med HWR dry gel laddad med vol/vol isopropanol och destillerat vatten på föremålen NRM-MA20105372 och NRM-MA20195428



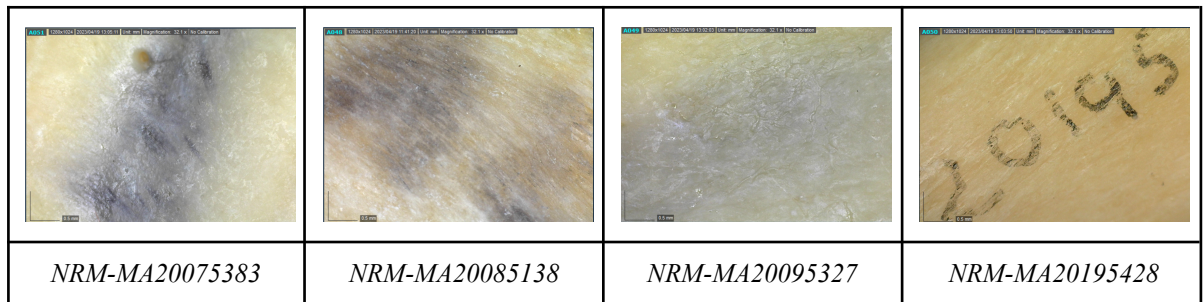
I. Bilder med Dino-lite Digital Microscope efter rengöring med HWR dry gel laddad med vol/vol isopropanol och destillerat vatten på föremålen NRM-MA20075383, NRM-MA20105372, NRM-MA20095327, NRM-MA20195428 och NRM-MA20085138



J. Bilder med Dino-lite Digital Microscope efter rengöring en andra gång med HWR laddad med vol/vol isopropanol och destillerat vatten på föremål NRM-MA20105372

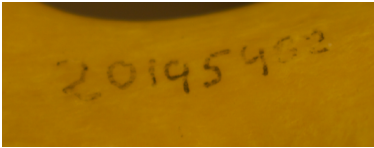

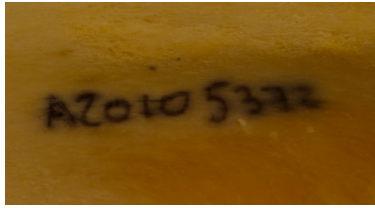


K. Bilder med Dino-lite Microscope efter rengöring med Gellan Gum laddad med toluen på föremålen NRM-MA20075383, NRM-MA20085138, NRM-MA20095327 och NRM-MA20195428



L. Slutgiltiga bilder med systemkamera efter bläckborttagning



		
<i>NRM-MA20195428</i>	<i>NRM-MA20085138</i>	<i>NRM-MA20105372</i>