



Konservering og undersøkelse av gjenstandsmateriale fra bronse- og steinalder. Gjelder S13262, S13264, S13265, S13365, S13366 frå id 150773, id 150775, id 150776 på Sømme (Sømme III). Sømme gnr.15, bnr.161 mfl. i Sola kommune, Rogaland fylke.

Ruben With og Hege Ingjerd Hollund

AM saksnummer: 09/03639

Journalnummer:

Dato: 19.11.2019

Sidetall: 45 m/vedlegg

Opplag:

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen

Stikkord: Hvalbein, bek, menneskebein, fiskefelle, PEG-behandling og beinanalyse.

Oppdragsrapport 2020/18
Universitetet i Stavanger,
Arkeologisk museum,
Avdeling for fornminnevern

Utgiver:
Universitetet i Stavanger
Arkeologisk museum
4036 STAVANGER
Tel.: 51 83 31 00
Fax: 51 84 61 99
E-post: post-am@uis.no

Stavanger 2020

**Konservering og undersøkelse av
gjenstandsmateriale fra bronse- og
steinalder. Gjelder S13262, S13264,
S13265, S13365, S13366 frå id
150773, id 150775, id 150776 på
Sømme (Sømme III). Sømme gnr.15,
bnr.161 mfl. i Sola kommune,
Rogaland fylke.**

Ruben With og Hege Ingjerd Hollund



Universitetet
i Stavanger

Arkeologisk museum

Universitetet i Stavanger Arkeologisk museum OPDRAGSRAPPORT	RAPPORTNUMMER 2020/18
Universitetet i Stavanger Arkeologisk museum, 4036 Stavanger Telefon: 51832600, fax: 51832699, e-post: post-am@uis.no	TILGANG:
RAPPORT TITTEL <i>Konservering og undersøkelse av gjenstandsmateriale fra bronse- og steinalder. Gjelder S13262, S13264, S13265, S13365, S13366 frå id 150773, id 150775, id 150776 på Sømme (Sømme III). Sømme gnr.15, bnr.161 mfl. i Sola kommune, Rogaland fylke.</i>	SIDETALL: 45 sider + vedlegg
	OPPLAG:
	DATO: 19.11.19
AM Journalnr 09/03639 SAKSHANDSAMAR: Arne Johan Nærøy FORFATTAR(AR): Ruben With og Hege Ingjerd Hollund	

OPDRAGSGJEVAR Statens Vegvesen	OPDRAGSGJEVERS REF. Odd-Magnar Nerland
REFERAT Gjenstandsmaterialet fra Sømme III levert til konservering besto i hovedsak av skjørt beinmateriale, beingjenstander og noe vått treverk. Beinmaterialet inkluderte større fragment av hvalbein, skjøre fragmenta av andre dyrebein (bjørnekjeve) og det som viste seg å være deler av et hoftebeinfra menneske. Treverket bestod blant annet av trebiter og stokker som in situ så ut som om de var del av en konstruksjon satt ned i strandkanten, kanskje som del av en fiskefelle. Det ble også funnet en svært godt bevar bearbeidet gjenstand med ukjent funksjon, som daterte til bronsealder. Bevaringsgraden på beinmaterialet var svært varierende frå nesten oppløst materiale til sterkt, robuste beinfragmenter. Analyser viste også at ulike nedbrytningsmekanismer har vært gjeldende på ulike deler av lokaliteten. Treverket var mettet med vann og såg i utgangspunktet godt bevart ut. Undersøkelser viste imidlertid at treet var sterkt nedbrutt. Dette krevde aktiv behandling for å fjerne vannet uten å ødelegge formen på fragmentene. Fiskefellen ble behandlet ved konsolidering med PEG-voks, etterfulgt av frysetørking.	
STIKKORD	
Hvalbein	Fiskefelle
Bek	PEG-behandling
Menneskebein	Beinanalyse

Innhold

1	INNLEDNING	4
2	BESKRIVELSER AV FUNN	4
2.1	Bein.....	4
2.1.1	Generelt	4
2.1.2	Mulig harpun med innlegg og bek S13262.1	6
2.1.3	Andre gjenstandsfunn av bein.....	7
2.1.4	Hoftebein, S13365.1	7
2.1.5	Ryggvirvel og ribbein, knølhval S13262.59 og 60	8
2.1.6	Bjørnekjeve S13365.18.....	11
2.1.7	Beinmateriale for eksperiment, S13265.57-58.....	11
2.2	Tre	12
2.2.1	Generelt	12
2.2.2	Bearbeida stokk, ukjent funksjon S13264.1	13
2.2.3	Fiskefelle S13366.1	15
2.2.4	Andre bearbeidede tre-fragment	18
2.3	Skjelldunge S13264	19
2.4	Oppsummering funnbeskrivelser	21
3	Undersøkelser og analyser.....	22
3.1	Metoder.....	22
3.1.1	Røntgen.....	22
3.1.2	Sveipelektronmikroskopi (SEM) og kjemisk analyse ved røntgenspektrografi (EDS).....	22
3.1.3	Kjemisk analyse ved Fourier Transform Infrarød Spektroskopi (FTIR)	22
3.1.4	Grunnstoffsanalyse ved portabelt røntgenfluoresensapparat (pXRF) . Feil! Bokmerke er ikke definert.	
3.1.5	Miljøanalyser: pH og glødetap.....	23
3.1.6	Proteinanalyse ved masse-spektrometri (ZooMS).....	23
3.1.7	Histologiske analyser og DNA-screening.....	23
3.2	Resultat og diskusjon	24
3.2.1	SEM-EDS	24
3.2.2	Kjemisk analyse ved FTIR.....	28
3.2.3	pH-måling og glødetapsanalyse jordprøver	30
3.2.4	Proteinanalyse ved masse-spektrometri (ZooMS).....	31
3.2.5	Histologiske analyser og DNA-screening	31

3.3	Oppsummering analyseresultat	33
4	Behandling	34
4.1	Bein.....	34
4.2	Tre	35
4.2.1	Behandling av fiskefellen med PEG.....	35
4.2.2	Behandling av øvrig tremateriale med Kauramin (melaminplast).....	37
4.3	Skjell.....	39
4.4	Oppsummering behandling	39
5	Kunnskapspotensiale/framtidig forskning	40

SAMMENDRAG

Denne rapporten gjør rede for undersøkelse og konservering av funn fra Sømmevågen-prosjektet, delprosjekt Sømme III. Dette utgjør boplassområder hovedsakelig fra steinalder, senmesolitikum og tidligneolitikum, samt med noen funn fra senneolitikum og bronsealder. Det er snakk om i hovedsak to materialgrupper: tre og bein. Utgravningene viste at store mengder bein og gevir, og noe tre og skjellmateriale, var relativt godt bevart under metertykke lag av flygesand og torv. Materialet var opprinnelig deponert i en strandsoner. Gjenstander av ubrent bein, og noe ubrent beinmateriale av dyr og mennesker, ble levert til konservering. Verdt å nevne er funn av mulig harpun av hvalbein med rester av bek til feste av mothaker, og deler av en menneskehoft. Noe av dette var svært nedbrutt og skjørt, andre fragment og gjenstander var relativt robuste. Undersøkelser og konserveringsbehandling var fokusert på å identifisere materiale og tilstand, og passiv konservering ved kontroll av klima og gode pakkemetoder. Noe gjenstandsmateriale måtte også limes. Funnene av vantrukket tre fordret aktiv og tidkrevende konservering i form av mekanisk rensing, impregnering og frysetørring. Stokker som har utgjort del av en eller annen konstruksjon i strandsonen, kanskje en fiskefelle, krevde mye arbeid på grunn av størrelse og mengde. Et unikt funn av en forseggjort gjenstand, men med ukjent funksjon, var også en utfordring med tanke på ønsket om å bevare den fine formen og overflaten. Denne gjenstanden ble også dokumentert ved hjelp av laserscanning, noe som gjorde det mulig å lage både en digital og en fysisk printet 3D-modell.

1 INNLEDNING

Sømmevågen-prosjektet er et forvaltningsprosjekt som startet i 2013, der Statens vegvesen er tiltakshaver. Prosjektet er delt opp i fire del-prosjekt; Sømme I, II, III og IV. Denne rapporten tar for seg konservering og undersøkelse av funn levert til konservering fra del-prosjektet Sømme III, dvs. utgravningene av id 150773, id 150775 og id 150776, i 2014. Disse utgjør tre boplasser/boplassområder som hovedsakelig kan dateres siste del av eldre steinalder (seinmesolitikum) og tidlig yngre steinalder (tidligneolitikum), dvs. tiden mellom 6400 – 3300 f.Kr. Innenfor det undersøkte området er det i tillegg gjort gjenstandsfunn fra slutten av yngre steinalder (seinneolitikum) og det er dokumentert dyrkingsspor fra seinneolitikum og bronsealder, og enkelte strukturer fra bronsealder og førromersk jernalder. Se også arkeologisk rapport (Meling 2020) og resultat fra de naturvitenskapelige undersøkelsene (Fredh & Westling 2020).

Undersøkelsesområdet ligger på gården Sømme gnr. 15, bnr. 161 i Sola kommune. Sømme ligger ned mot Sømmevågen i øst, som utgjør den sørlige og innerste delen av Hafrsfjorden. Like sørøst for Sømme ligger Stavanger lufthavn Sola. Utgravingsfeltet lå på en flate ca. 10moh, like vest for Rv.509

Sømme III er interessant når det gjelder konservering både på grunn av den høye alderen (eldre og yngre steinalder) og den eksepsjonelle bevaringen av organisk materiale som tre og bein (bein er et sammensatt materiale med en mineralsk og en organisk del). Jordkjemien spiller en rolle for type nedbrytning og bevaringsgrad for bein og i så måte kan man gruppere jordsmonn i to typer. Et gunstig bevaringsmiljø har nøytral til høy pH, mens et ugunstig miljø er karakterisert av lav pH, lavt organisk innhold og et høyt fosfatinnhold. Under gunstige jordbunnsforhold finnes det potensiale for bevaring av ulike materialer, men nedbrytning og bevaringsgrad vil også avhenge av andre faktorer som for eksempel mikrobiologisk aktivitet (Nielsen-Marsh et al., 2007), som i stor grad avhenger av oksygentilgang. Miljøet på Sømme III er i det minste delvis av den gunstige typen med høyt organisk innhold og lite oksygen, men dette kan ha variert gjennom de tusenvis av årene funnene lå gjemt i bakken. Funn av mikroskopiske pyrittkorn i jorden vitner om dette, ettersom disse kun oppstår i miljø fritt for oksygen og rikt på organisk materiale. Det vil si at siden sedimentering (torvvekst og akkumulasjon av flyvesand over materialet), har i det minste deler av lokaliteten vært stabilt oksygenfri over lang tid. Målinger av pH på jordprøver indikerte også at pH noen steder er høy.

Konserveringsarbeidet ble utført av Ruben With og Hege Hollund, mens Cora Oschmann bidrog med støtte under feltarbeid, og med konservering av treverk. Trond Magne Storstad har utført analyser for identifisering av plantebasert materiale.

2 BESKRIVELSER AV FUNN

2.1 Bein

2.1.1 Generelt

Titusener av fragment av dyrebein har blitt funnet i løpet av utgravningen på Sømme III. Dette er et unikt og verdifullt materiale som ved nærmere undersøkelser vil fortelle mye om dyreliv, jakt og livberging i steinalderen. Storparten av materialet bestod av hjortebein og hjortegevir og peker mot at dette var en spesialisert jaktstasjon. Men det ble også gjort funn av hund, bjørn, sel og fisk. I tillegg ble det funnet menneskebein, blant annet et armbein, et fragment av et hoftebein og noen tenner. Bare de dyrebeina som viste seg utfordrende å grave ut, både på grunn av tyngde og dimensjoner og på grunn av at det var sterkt nedbrutt, ble levert til konservering. Dette gjaldt to hvalbein (et ribbein og en ryggvirvel), tre preparat med nedbrutt beinmateriale av først ukjent art, og en bjørnekjeve. Videre har en del av konserveringsoppdraget bestått i å undersøke, tilstandsvurdere, behandle, samt pakke skjørt og særlig verdifullt gjenstandsmateriale av bein.

Det viste seg å være stor variasjon i tilstand på materialet fra ulike deler av lokaliteten, fra komplette robuste bein som lufttørket uten å endre form, til materiale med en tilstand som minnet om våt kjeiks; svært mykt i våt tilstand og svært skjørt etter tørking. Mye av materialet består av relativt små fragment på noen få centimeter i størrelse, ikke ulikt det materialet som ble funnet i lignende kontekster på Sola flyplass på 80-tallet. Materialet ble stort sett hardere ved tørking, men det er ofte svært sprøtt og skjørt, og i noen tilfeller har tørkingen ført til vridninger og sprekker i materialet. Det siste gjelder også fragmentene av hjortegevir som det ble funnet mye av.

Bein er et sammensatt materiale. Det består i hovedsak av et mineralisert protein: bunter av proteinfibrer (i hovedsak kollagen) delvis innkapslet i mineralet, som er et kalsiumfosfat med noe karbonat (Hedges, 1987, Wright and Schwarcz, 1996). Nedbrytning av bein vil kunne være både mekanisk, kjemisk og biologisk og inkluderer prosesser som oppløsning av mineralet i sure miljø, eller tap av proteinet på grunn av bakteriell aktivitet (Hedges, 2002).

Biologisk nedbrytning fører derfor til stor skade på materialet: det blir dels omdannet og dels mer porøst. Med lite oksygen og kjølige temperaturer er det som nevnt mindre mikroorganismeaktivitet og det faktum at så mye materiale har overlevd i relativt god stand tilsier at denne typen nedbrytning trolig ikke har spilt en veldig stor rolle, men dette kan nok variere på lokaliteten. Såkalte humusprodukter, organiske nedbrytningsprodukter, som det er mye av i torva og som har farget beinmaterialet brunt, er også noe som kan beskytte mot bakterieangrep (Nicholson, 1998).

For bevaring av bein er pH en av de viktigste faktorene. Et surt miljø, lav pH, vil føre til oppløsning av mineralet mens nøytral til høy pH bidrar til god bevaring (Turner-Walker, 2008, Nielsen-Marsh et al., 2007). Noen få pH-målinger er gjort på sedimentprøver fra Sømme. Disse er beskrevet i analysekapittelet og viser at pH i de målte områdene lav, både i sanda og torva. Videre henger de gode bevaringsforholdene på Sømme III også sammen med det faktum at lokalitetene i en lang periode har ligget under vann/grunnvannsnivå og at sedimentene ikke er drenerende. Dette skaper et stabilt vannmettet miljø med lite tilgang på oksygen og dermed mindre mikroorganismeaktivitet. Når det gjelder bein i slik kontekst vil det ha en 'selv-bufrende' effekt i og med at oppløsning av beinmineralet vil føre til at det raskt etableres balanse med tanke på metning av vannet i beinporene, og siden dette ikke blir vasket ut, vil det hindre videre oppløsning (Turner-Walker, 2007). I dette tilfellet blir derfor den viktigste nedbrytningsprosessen sakte kjemisk nedbrytning av beinproteinene ved hydrolyse. Proteinene (for det meste kollagen) vil derfor trolig være noe nedbrutt, men ikke vasket ut. Hvor fort denne kjemiske prosessen går henger mye sammen med temperatur, og Sømme III har der også en fordel i og med at lokaliteten ligger på relativt høye og kjølige breddegrader, i tillegg til at materialet har ligget i vann dypt under bakken, noe som bufferer temperatursvingninger og holder det stabilt kjølig.

På tross av nøytral pH er bein fra torvmyr ofte *demineralisert*, det vil si at det har mistet noe av beinmineralet fordi mineraler er løst opp og vasket ut.. Torv består av humussyrer som er dannet av ved nedbrytning av organisk materiale. Dette er kompliserte og store organiske molekyler som binder seg til blant annet kalsiumet i beinmaterialet. Humussyrene kan derfor føre til delvis oppløsning av beinmaterialet. I tillegg binder humussyrene seg til beinproteinene (Turner-Walker, 2007, van Klinken and Hedges, 1995), og er trolig opphavet til den brune fargen vi ser på mye av Sømmematerialet.

Det interessante ved Sømme III er at beinmaterialet stort sett er funnet i sand, men rett under torva som har vokst over beina. Det ligger derfor i overgangen mellom to miljøtyper som kan ha ulike effekt på materialet. Dette kan være en av grunnene til den store variasjonen i tilstand, fra hele, godt bevarte bein og beingjenstander, til sterkt fragmentert materiale som er mykt (i våt tilstand) og flatklemt. Beinmaterialet har siden deponering også gjennomgått variasjoner i miljøet over tid i og med at landet steg, torvmyr voks fram og flyvesand senere dekket lokaliteten. I tillegg kan dreneringa utført ved utgraving ha hatt en effekt på materialet. En særlig problematisk type nedbrytning er dersom materialet skulle være sterkt demineralisert, i tillegg til at proteinet delvis er nedbrutt. Dette kan skje i slikt vanntrukne miljø som det vi dels har på Sømme (Turner-Walker, 2007, Cronyn, 1990). Slikt materiale kan se godt bevart ut men vil krumpe, sprekke og deformeres ved tørking.

Ved undersøking av både tre- og beingjenstander ble det funnet mikroskopiske korn av pyritt. Pyritt er jernsulfid, også kjent som svovelkis, og mer populært på engelsk som 'fool's gold' på grunn av sin gyldne metallisk farge. Dette er jernsulfid som blir utkrystallisert i porer i beinet på grunn av anaerobe, sulfat-reducerende bakterier, aktive i miljø uten oksygen og med god nok tilgang på svovel, jern og nedbrutt organisk materiale. Pyritten viser derfor at miljøet har vært stabilt oksygenfritt i lang tid. Pyritt kan imidlertid utgjøre et konserveringsproblem. Når oksygen kommer til ved utgraving, vil dette mineralet bli oksidert, og i prosessen blir det dannet syre. Syren vil løse opp beinet, og om disse prosessene får fortsette kan resultatet være katastrofalt (Turner-Walker, 2007).

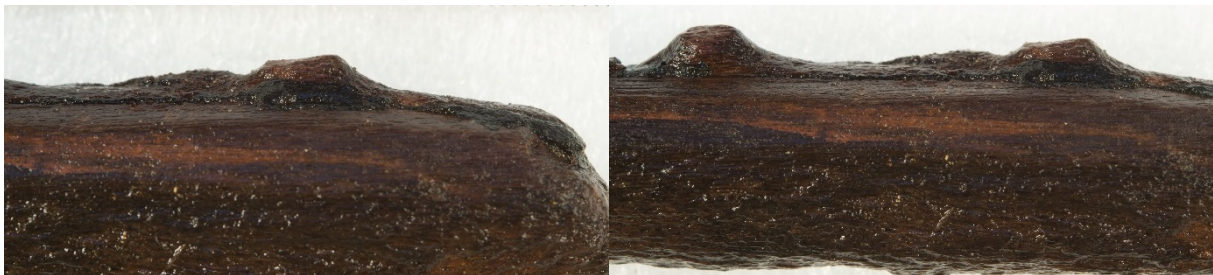
En del av det mest nedbrutte og myke Sømme-materialet så også ut til å være trykket flatt, trolig på grunn av tyngden på de ovenpå voksende torv- og sand-lag noe som vil ha medført sprekker og fragmentering som igjen akselererer nedbrytning over tid.

2.1.2 Mulig harpun med innlegg og bek S13262.1

Dette er en nær komplett gjenstand, om lag 33 cm lang, som består av hvalbein (se analysekapittel) og bek (Fig. 1-3). Gjenstanden utgjør to deler i bein: en større spydformet del, og en innfelt del med minst to mulig mothaker, festet med bek. Det ser ut som om mothakene er slitt bort.



Figur 1: Gjenstand av bein og bek (S13262.1), som den ble levert til konservering, før behandling.



Figur 2: Detalj, innlegg med haker festa med bek. I våt tilstand.



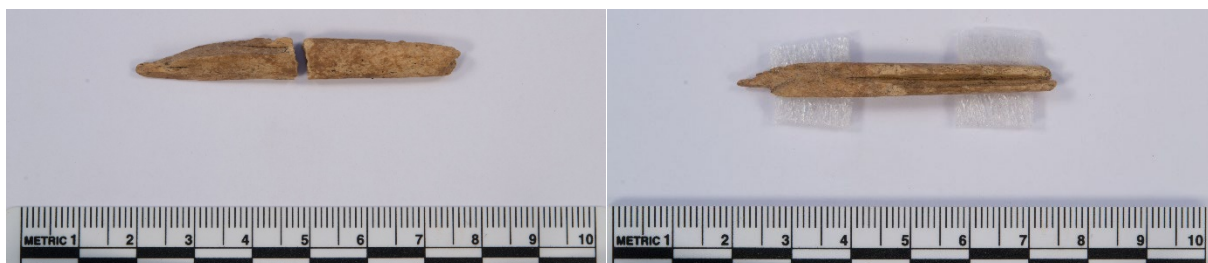
Figur 3: Gjenstanden (S13262.1) etter behandling/tøking. Det lyse hakkert midt på den ene siden er trolig kommet til under utgraving.

2.1.3 Andre gjenstandsfunn av bein

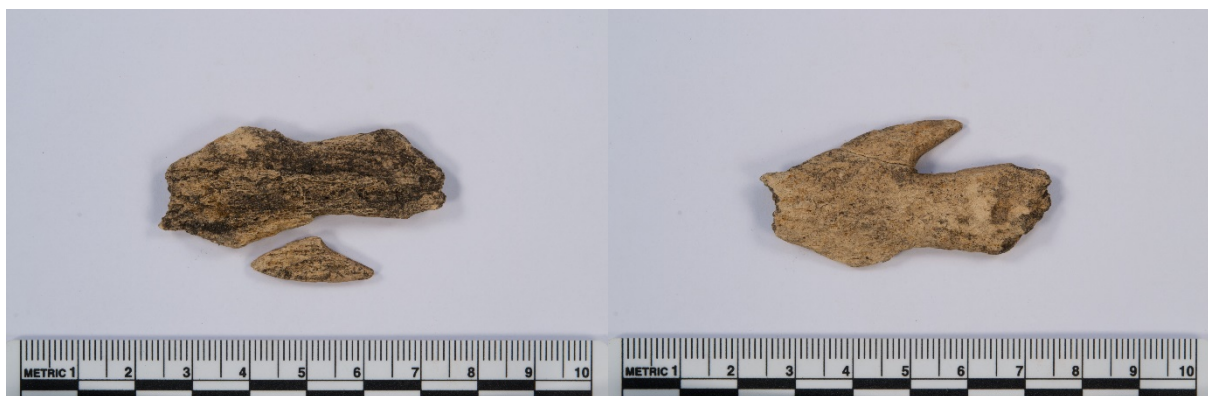
Flere mindre fragmenter/gjenstander av bein ble også behandlet av konservator. Arbeidet innebar en lett mekanisk rensing, undersøkelse i mikroskop/lupe, og liming av fragmenter (Fig. 4-6).



Figur 4: Prosjektil eller nål (S13265.1), etter rensing og liming av tre fragmenter. Denne gjenstanden av bein er et antatt prosjektil av en sort med trekantet tverrsnitt med to flaterende sider og en avrundet side. Det finnes noen merker etter bearbeidingen og enkelte steder ses langsgående linjer som kan være bruksspor. Gjenstanden er spiss i ene enden og med et brudd i andre.



Figur 5: Gjenstanden er et fragment av en antatt flinteggpil (S13365.4), før og etter konservering/liming. Fragmentet er knekt i begge ender og har kun innhakk på den ene siden.



Figur 6: Harpunfragment (S13265.75), før og etter konservering/liming. Harpunen har trolig hatt mothaker på begge sider. Hvilken del av harpunen som her er bevart er likevel vanskelig å si da den har brudd i begge ender og ikke noen entydige karakteristika på at den tilhører bakre, midtre eller fremre del.

2.1.4 Hoftebein, S13365.1

I en grav ble det funnet beinrester som senere viste seg å være fragmenter av menneskelig hoftebein, muligens en kvinne. Materialet var svært mykt og nedbrutt, perforert av mange små og større røtter, og det var ikke mulig å identifisere dette som noe som helst i felt da det ble tatt inn i en klump med sand og torv. Røntgenbilder og rensing under mikroskop på konserveringsavdelingen bekreftet at det faktisk var restene etter det gravlagte individet. Fragmentene hardnet etter tørking og er relativt robuste. Det ene fragmentet

er lett gjenkjennelig som hoftebein. Beinoverflaten er imidlertid sterkt skadet med et lag av fin sand som er trykket inn i selve overflaten. Det er også mange hull fra røtter.



Figur 7: Hoftebeinsfragment, S13365.1, før, under og etter rensing, samt røntgenbilde (filmmr. 2878).

2.1.5 Ryggvirvel og ribbein, knølhval S13262.59 og 60

Det ble gjort funn av to store hvalbeinfragment, en ryggvirvel og et ribbein, der proteinanalyse viste at begge kan være fra knølhval (se analysedel), og dermed muligens fra samme individ. Størrelse og tyngde på disse, i tillegg til dårlig og skjør tilstand, var noe som gjorde utgraving, rensing og pakking utfordrende. Begge ble tatt ut i gipspreparat for å gi ekstra støtte under transport. Pakkingen for transport var ikke nok til å stive av så store og tunge preparat så en del bevegelse førte til større sprekker og fragmentering. Etter uttørring har materialet hardnet, men er fremdeles svært skjørt. Etter behandling ble fragmentene pakket i spesialtilpasset polyetylen-skum dels støttet med fin netting (Fig. 8-12).



Figur 8: Ryggvirvelen S13262.59 i gipspreparat, før og under rensing og 'demontering'.

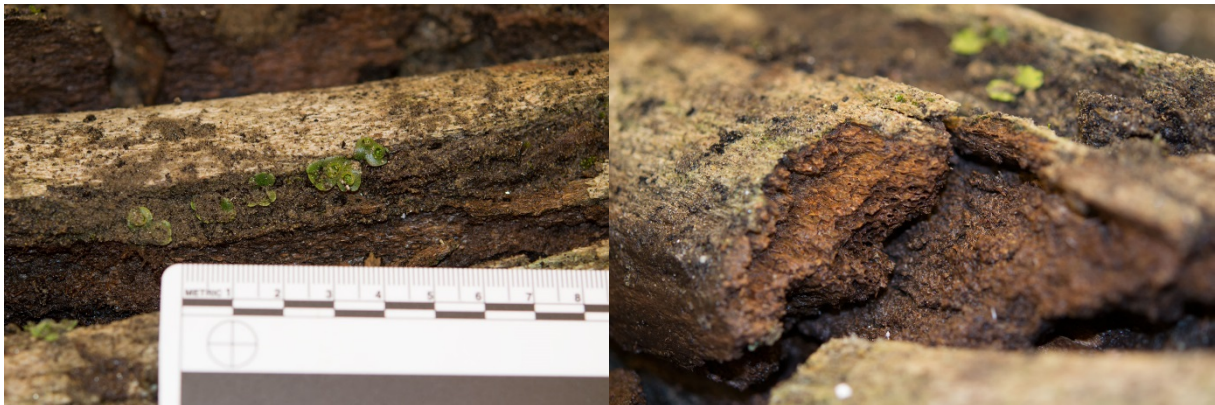


Figur 9: Ryggvirvelfragmentene etter rensing og rekonstruksjon ved hjelp av skum og netting for støtte. Ved utgraving av ryggvirvelen i laboratoriet, kunne det telles 6 større fragmenter som utgjorde virvellegemet og et stort antall mindre fragmenter. Dessverre var verken de tverrgående taggene eller materialet som danner virvelbuen bevart. Disse delene av en ryggvirvel består av tettere beinmateriale hvorimot de indre delene av virvellegemet består av spongiøst materiale. Områdene hvor disse beintaggene tidligere hadde sittet, var de gjenværende stumpene av fragmentert og svært skjøre i forhold til å falle fra hverandre. Dette gjorde det nødvendig å feste netting over de mest alvorlig fragmenterte områdene, for slik å holde så mange som mulig av de mindre fragmentene på plass i sin opprinnelige posisjon.

Ribbeinet lå to dager eksponert *in situ* for det ble løftet ut i preparat. Det hadde da allerede begynt å vokse minst to ulike typer mose på overflaten: Tvaremose (*Marchantia polymorpha*) og en type bladmose (pers komm. Trond Magne Storstad). Det bevarte ribbeinet var totalt ca. 80 cm langt, men var sprukket opp i flere større og mindre fragment. Sprekkene gikk langs lengden på ribbeinet. Det største fragmentet er cirka 64 cm langt (Fig. 10-12).



Figur 10: Ribbeinet, S13262.60, under utgraving i konserveringslaboratoriet. Overflaten på beinet er relativt godt bevart. Deler av overflaten var dekket av et cirka 0,5 cm tykt lag av mørkt, fint materiale. Dette laget var ganske tungt og seigt slik at små biter av beinoverflaten ble skrellet av dersom større biter av dette ble fjernet. Det var av og til vanskelig å se overgangen mellom beinoverflata og det mørke materialet, og det ble stilt spørsmål om deler av dette kunne være sterkt nedbrutt beinmasse. Undersøkelse av materialet i sveipelektronmikroskop viste derimot at det meste trolig er plantebasert (se analysedel) og stammer fra torven.



Figur 11: Detaljbilder som viser mosevekst, den lyse overflaten og mørkere, brunt bein under dette. Den porøse indre delen av ribbeinet er brun på farge og skjørere enn den mer kompakte, lyse overflata, og dels oppsmuldret. Den lyse overflata kan komme av at beinet på et tidspunkt har ligget ute på overflaten og blitt solbleika. Mange små røtter har vokst gjennom porene i beinet.



Figur 12: Ribbeinfragmenta etter fremrensing, før (venstre) og etter (høyre) tørking. Lufttørking på kjølerom førte til at noen av de tynnere fragmentene ble vridd og noe deformert.

2.1.6 Bjørnekjeve S13365.18

Ved utgravningen av graven med hoftebeinet ble det også funnet deler av en bjørns underkjeve, inkludert tre tenner; en jeksel og de to nedre hjørnetennene. Denne var svært skjør og fragmentert og ble løftet ut i gipspreparat, støttet med sanden under. Samtlige av tennene var som følge av miljøet i konteksten farget sort, de hadde alle skader, men begge hjørnetennene satt fortsatt i beinet. Jekselen lå i preparatet uten ytterligere relasjon til, men mellom, de to kjevebeina. Det øvrige kjevebeinet var mykt, og det var tydelig hvordan røtter og den fysiske belastningen av jordmassene hadde påvirket materialet. Den originale overflatestruktur var i svært liten grad bevart, imidlertid var det mulig å observere en tilnærmet utforming av kjevebeinene.



Figur 13: Bjørnekjeve, S13365.18, før og etter rensing.

2.1.7 Beinmateriale for eksperiment, S13265.57-58

Et lite område ble gravd i løpet av tre dager, av konservatorer. Målet var å samle inn beinmateriale som kunne brukes i et forskningsprosjekt der målet er å teste graden av DNA-forurensning av materialet ved utgravning, i tillegg til effekten av temperatur på DNA-bevaringsgrad direkte etter utgraving. Bein fra et område ble gravd ut 'sterilt', det vil si, med heldekkende Tyvek-drakt, munnbind og hansker (Fig. 14). Disse beina ble også direkte lagret i en kjølebagg i felt, og transportert til kjølerom på museet samme dag. De ble ikke håndtert ut over dette. Andre ruter i samme området ble gravd på vanlig vis, og ble ikke lagret kjølig. Målet var å utføre DNA-analyse på de ulike gruppene med ben etter 1-2 års lagring i 1) ukontrollert temperatur (på kontoret); 2) fryser og 3) kjølerom (cirka 4 °C). Ingen beinfragment ble soldet eller vasket, og de ble samlet inn med en del jord på overflaten. Det ble også tatt ut prøver for glødetapsanalyse og pH-måling fra utgravningsområdet.



Figur 14: Hege Hollund utfører 'steril' graving på lok 9, lag 149 (til venstre). Til høyre, rørknokler av hjort for eksperiment, fra lok 7B, lag 708 (S13265.86). Femten av de største fragmenta ble brukt i eksperimentet.

Det ble først gravd på lok 9, lag 149, i ruter på 2x2 meter. Torvlaget var her cirka 15-20 cm tykt med en brå overgang til sanden under. Torva var mørk rødbrun med mye større røtter og en del større steiner, noen nedbrutte og oppsmuldra. Beinfragmenta ble i hovedsak funnet i overgangen mellom sand og torv. Beina var i relativt god stand, harde og med en mørkere rødbrun farge. Det ble imidlertid gjort få funn i løpet av 1,5 dag i lag 149. Vi gravde også noe i lag 143, i ruter på 1x1 meter. Dette var del av en kjøkkenmødding og dermed et helt annet miljø og kontekst. Møddingen bestod av mørk gråbrun sand, cirka 5-7 cm tjukt, over et tynt lag med lysere brun sand og til slutt et lag med skjørbrent stein. Her fant vi noe mer bein, men disse var i dårligere stand enn de funnet i torva i lag 149, lysebrune og skjøre og vanskelig å få hele ut av jorda.

Beklageligvis ble det dermed ikke funnet mye materiale under denne eksperimentelle gravingen, og det var små fragmenter av ulike typer bein, ikke ideelle for et sammenlignende eksperiment. Senere i utgravningsperioden ble det oppdaget et område med mye hjortebeinsfragment (lok 7B, lag 708), som også kunne være aktuelle for eksperimentet (Fig. 14). Denne gangen ble det ikke utført 'steril' graving, men beinfragmenta ble fraktet til museet neste dag, delt i de tre grupper for ulik lagringstemperatur, og ble ikke videre håndtert eller rensset.

De innsamla beinprøvene ble analysert for DNA-bevaring i august-september 2016, i forbindelse med et forskningsprosjekt. I tillegg ble det tatt ut prøver for vurdering av tilstand på beinet på mikroskopisk nivå, såkalt histologisk analyse (se analysekapittel).

2.2 Tre

2.2.1 Generelt

Det er svært sjelden at treverk bevares i arkeologisk kontekst i Rogaland, selv fra mye yngre lokaliteter. Ved Sømme III var det ikke mye, men noe bevart bearbeidet treverk, blant annet tilspissede stokker som muligvis har vært del av en fiskefelle, en unik bearbeidet gjenstand med ukjent funksjon og tre bearbeidede trepinner og -biter, også med ukjent funksjon. Ellers fantes det godt bevart gammelt naturlig treverk som røtter, greiner og bark. Bevaringen av trevirke fra denne lokaliteten kan tilskrives et unikt, oksygenfattig miljø. Imidlertid har ikke nedbrytningen vært stanset, den har kun vært svært treg. Tre består i hovedsak av tre bestanddeler; cellulose, hemicellulose og lignin. Cellulosemolekylene er lange, rette kjeder på mellom 5000–10 000 enheter. De er buntet sammen til såkalte fibriller, som igjen er buntet sammen til fibre, omtrent slik som stålvaier er buntet sammen av et stort antall ståltråder (Grattan, 1987). Nedbrytningen av cellulosen i trevirket har forekommet og gitt et trevirke som tilsynelatende er i godt bevart. Dette kan skyldes at ligninet, som dannes av mer komplekse molekyler, er vanskeligere å bryte ned og dette kan opprettholde en ytre struktur og utseende i vasstrukken tilstand. Ligninet i seg selv tilfører liten styrke til materialet og trevirket er følgelig svært svakt. Materialet fra konteksten som har en ubrudd ytterflate kan imidlertid være mer motstandsdyktig mot nedbrytning enn materiale med brutt ytterflate.

I jorden brytes trevirket ned både mekanisk, kjemisk og biologisk. Hvilke faktorer som påvirker nedbrytningen er avhengig av miljøet gjenstanden ligger i og hva slags materiale gjenstanden er laget av. De gode bevaringsforholdene for trevirke ved Sømmevågen skyldes antagelig at torv, grunnvann og de store mengdene flygesand har dannet et surt og oksygenfattig miljø der materialet befant seg. I et slikt miljø er det få mikroorganismer som trives og det avdekte trevirket har derfor i hovedsak gjennomgått kjemisk, men også noe mekanisk nedbrytning. Ligninet er betydelig mer motstandsdyktig mot kjemisk nedbrytning enn hva cellulose og hemicellulose er. Som følge av massetapet ved nedbrytning, vil materialet som normalt bidrar til treets styrke forsvinne (Grattan, 1987).

Etter hvert som materialet brytes ned og forsvinner vil vann fra konteksten trekke inn i treet. Vannet fyller ut hulrom i den nedbrutte cellestrukturen og opprettholder denne i et skjørt rammeverk av lignin (Grattan, 1987). Selv om mye av cellulosen i trevirket er brutt ned, er likevel mye av materialet tilsynelatende godt bevart. Dette kan skyldes at ligninet, som dannes av mer komplekse molekyler, er vanskeligere å bryte ned og at dette dermed kan opprettholde en ytre struktur og utseende i vasstrukken tilstand. Ligninet i seg selv tilfører liten styrke til materialet og trevirket er følgelig svært svakt. Materialet fra konteksten som har en

ubrutt ytterflate kan imidlertid være mer motstandsdyktig mot nedbrytning enn materiale med brutt ytterflate.

I jorden brytes trevirket ned både mekanisk, kjemisk og biologisk. Hvilke faktorer som påvirker nedbrytningen er avhengig av miljøet gjenstanden ligger i. De gode bevaringsforholdene for trevirke ved Sømmevågen skyldes antagelig at torv, grunnvann og de store mengdene flygesand har dannet et surt og oksygenfattig miljø der materialet befant seg. I et slikt miljø er det få mikroorganismer som trives og det avdekte trevirket har derfor i hovedsak gjennomgått kjemisk, men også noe mekanisk nedbrytning. Ligninet er betydelig mer motstandsdyktig mot kjemisk nedbrytning enn hva cellulose og hemicellulose er, og som følge av massetapet ved nedbrytning, vil materialet som normalt bidrar til treets styrke forsvinne (Grattan, 1987). Ved uttørring vil etter hvert også det bundne vannet fordampe. Dette vannet finnes i cellevegger som er mindre nedbrutt, og når det fordampes vil det føre til vridning, krymping, sprekkdannelse og deformering av materialet.

De fleste bearbeidede trefragmentene funnet på utgravningen var av løvtre, og så godt bevart ut. Ved å vege disse i luft og vann, og ta med i betraktning tetthet for de ulike treslagene i 'fersk' tilstand, kunne vi regne ut hvor mye av den opprinnelige tremassen som er nedbrutt og tapt. Dette viste at tross i det godt bevarte utseende, var det meste treverket svært nedbrutt, med opp til over 80% tap av tremasse (Tabell 1). Før behandling og impregnering er det dermed viktig å oppbevare materialet i vann ettersom ukontrollert tørking ville etterlate en svært ødelagt og krympet gjenstand. Den best bevarte biten var av furu som var lett brent på overflaten, noe som kanskje har beskyttet denne mot nedbrytning.

Museums nr.	Gjenstand	Vekt i luft, g	Vekt i vann, g	Vedart*	UMAX	Tetthet g/cm ³	Tapt tremasse %
S13262 (6644)	Pinne	143,8	4,7	Hassel, eller muligens or	920	0,10	77,47
S13615.4 (8065)	Spiss trebit	127	11	Furu	285	0,28	32,27
S13264.1	Bearbeida stokk	113,5	3	Ask	1161	0,08	85,71
S13264.2	Trestykke	52,6	2,8	Ringporet løvtre, mest trolig eik (men ask er ikke fullstendig utelukket)	526	0,17	70,92

Tabell 1: Rapporterer Umax, tetthet og tapt tremasse for ulike funn av tre fra utgravningen på Sømme. Umax = et mål for vanninnhold: $((\text{vekt i luft} - (3 \times \text{vekt i vann})) / (3 \times \text{vekt i vann})) \times 100$. Tetthet = masse per volum, tetthet etter nedbrytning: $(3 \times \text{vekt i vatn}) / (\text{vekt i luft} - \text{vekt i vatn})$. Tapt tremasse, %: $((\text{Tetthet fersk} - \text{Tetthet nedbrutt}) / \text{Tetthet fersk}) \times 100$. Rapporterte verdier for 'tetthet fersk' (normal/conventional density) for de ulike vedartene kan variere, men våre verdier er fra Unger (2001). *Vedartsbestemmelse er utført av Trond Magne Storstad, Arkeologisk Museum, UiS.

2.2.2 Bearbeida stokk, ukjent funksjon S13264.1

Her beskrives den mest forseggjorte tregjenstanden fra Sømme, som det foreløpig ikke er funnet lignende paralleller til (Fig. 16 og 17). Vi vet derfor ikke noe om gjenstandens opprinnelige funksjon, og det er et unikt funn i norsk, og kanskje internasjonal, sammenheng. Gjenstandens form er også eksepsjonelt godt bevart og ser ut til å være komplett, med ytre mål på cirka 20x4 cm og godt bevarte overflater. Stokken gjenstanden er laget av har preget utformingen, og i enkelte områder har gjenstanden ikke vært ytterligere bearbeidet enn at det er dannet en jevn overflate. Denne overflaten har vært utgangspunkt for den videre utformingen av gjenstanden, og ses som tverrgående furer av ulik dybde og bredde, som også danner

rygger eller bånd mellom furene med ulik bredde. Det er to dypere furer i den ene enden og en i den andre. Videre er det, sentrert gjennom den smalere siden av gjenstanden, dannet et stort rektangulært hull. Dette er ca. 1,0 cm høyt og strekker seg langs store deler av lengden på gjenstanden på midten. De fleste kantene på gjenstanden bærer lite preg av slitasje som man skulle forvente om det var plassert tau eller annet i hull og rundt furer, og det kan derfor se ut som om den ikke har vært i bruk.



Figur 15: Tregjenstanden slik den såg ut ved ankomst til laboratoriet. Gjenstanden ble støttet av et stykke av den underliggende torven under transport. Det lysegrå materialet på bildet til høyre er pyrittkorn i torva på overflata av tregjenstanden.

Det ble funnet pyrittkorn (jernsulfid) i torva på overflata av gjenstanden (Fig. 15) og det er derfor mulig at det også finnes pyritt som har utkrystallisert inne i porer i treet, noe som gjør materialet potensielt ustabil ettersom dette ved høy luftfuktighet kan oksidere og sette i gang reaksjoner som skader treet (se også analysekapittel og kapittel om behandling). Funnet av pyritt understreker for øvrig også at det var gode bevaringsforhold for organiske materialer i området ettersom dette er et mineral som bare dannes i oksygenfattig miljø.

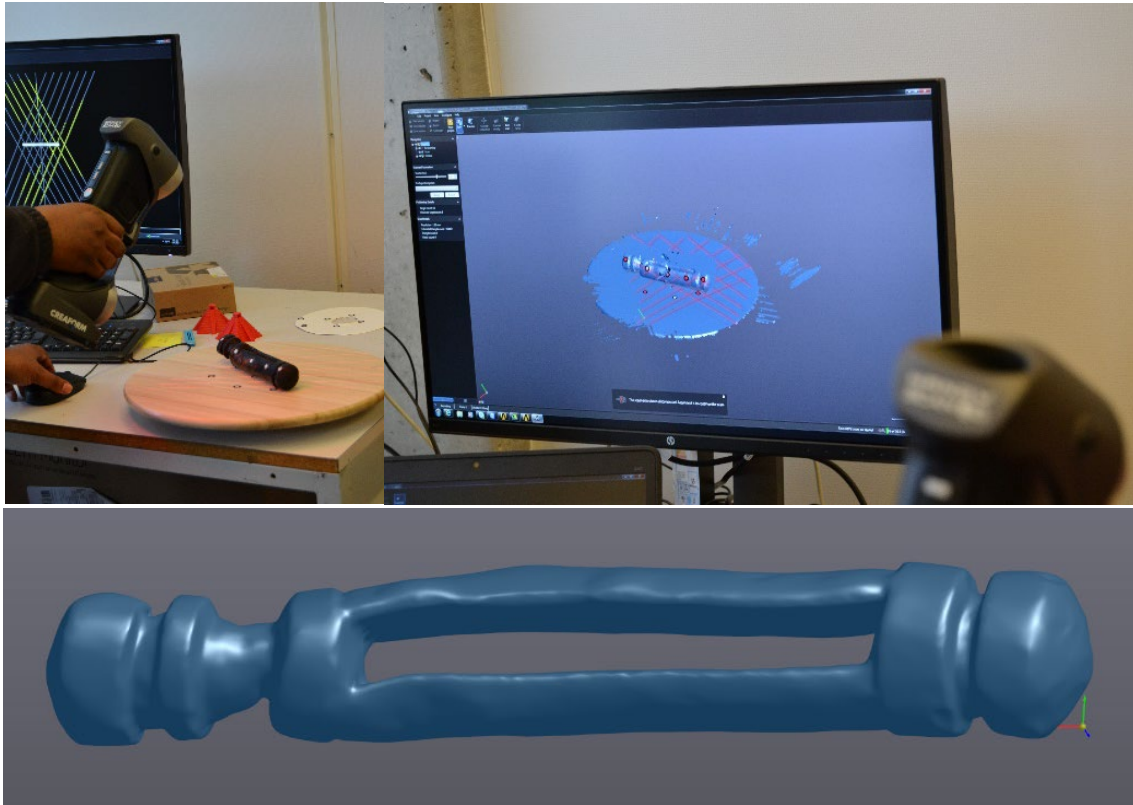


Figur 16: Gjenstanden etter rensing, men for impregnering og tørking. LEGGE TIL RØNTGENBILDE?

Selv om gjenstanden så svært godt bevart ut, viste veging og utregning at den var sterkt nedbrutt og det kan se ut som om over 80% av tremassen er tapt (se fig. 16 og tabell 1 over). Gjenstanden må derfor behandles og impregneres for å erstatte vannet med et annet materiale, og for deretter å kunne tørkes uten å kollapse.

Ettersom form og størrelse kan endre seg under og etter konserveringsprosessen, er dokumentasjon særlig viktig. Vi har derfor eksperimentert med 3D dokumentasjonsformer, både fotogrammetri og laserskanning for å lage digital 3D-modell, og en fysisk 3D-printet modell. Fotogrammetri blir vanligvis brukt på utgravningene for å dokumentere landskap og strukturer og lager en 3D modell av

utgravningsområder i plan. Det viste seg utfordrende å få laget en hel 3D-modell på basis av fotografier av gjenstanden fra alle vinkler, og vi kom ikke lenger enn til en modell av halve gjenstanden. Dette arbeidet ble utført av Theo Bell Gil, på basis av en serie foto tatt av Ruben With. En 3D laserskanning av gjenstanden ble videre utført på Institutt for maskin, bygg og materialteknologi (IMBM), teknisk og naturvitenskapelig fakultet, UiS, med en håndholdt laserskanner av type HandySCAN 3D (Fig. 17). Små klistrelapper måtte festes forsiktig på gjenstanden under skanningen. Dette arbeidet ble lagt til rette for av Yaaseen Ahmad Amith og utført av Aboma Wagari Gebisa, begge ved IMBM.

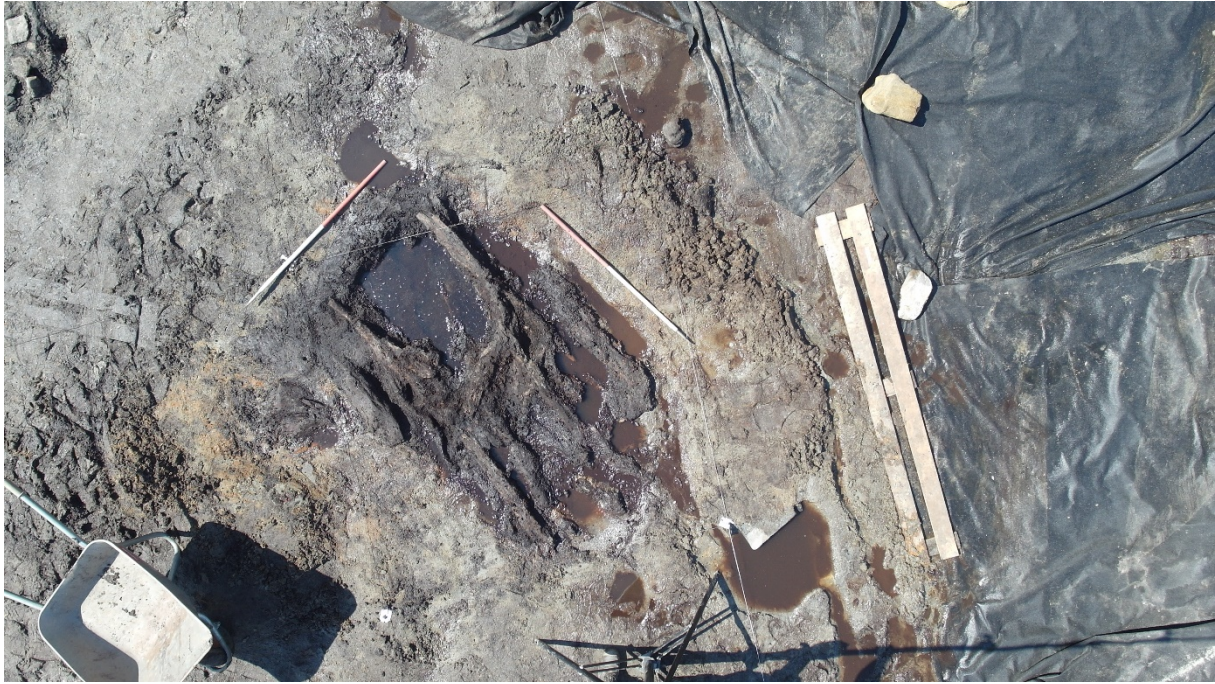


Figur 17: Laseskanning av gjenstanden S13264.1, og digital 3D-modell.

Ut fra dette arbeidet kunne vi få både stillbilder, og en film der man kunne bevege modellen digitalt (Fig. 17) samt at vi fikk printet en kopi av gjenstanden i svart plastikk. Slike kopier gir også helt andre muligheter til å håndtere, undersøke og dele gjenstanden, enn den skjøre nedbrutte originalen som foreløpig må ligge i vann. Det ble også tatt røntgenbilder, både for å dokumentere form og størrelse, og får å avdekke eventuelle skjulte skader eller konstruksjonselementer.

2.2.3 Fiskefelle S13366.1

Under utgravningen ble det funnet en større konsentrasjon trevirke (Fig. 18). Det er usikkert hva dette materialet tidligere har dannet, men det kan ha vært brukt i sammenheng med konstruksjonen av en fiskefelle.



Figur 18: Oversiktsbilde over konsentrasjonen av trevirke funnet (det mørke, våte feltet i midten) kanskje del av en fiskefelle ettersom materialet må ha stått i vann nær stranda.

Hovedkonsentrasjonen av materialet bestod av 14 trestykker. I tillegg ble to kraftigere trestykker av tettere materiale (nr. 9 og 10) funnet nær den øvrige konsentrasjonen. Noen av stykkene ble vedartsbestemt som følger: or (nr. 4 og 16), eik (6a og 9), ask (10), or/hassel/bjørk (12), og hassel/or (14a). Materialets dimensjoner varierte noe, men generelt var de avlange, flate og uten kvister. Av dette materialet var det syv som tydelig var et slags skalkmateriale (nr. 1, 2, 3, 4, 6, 11 og "større ukjent")(Fig. 19).



Figur 19: Eksempler på skalkmateriale fra fiskefellen med bark bevart på overflaten og et linseformet snitt (fragment nr 11B (B)) og et tydelig bearbeidet stykke med en spiss ende (fragment nr 6A).

Skalkmaterialet er dannet ved at de ytre delene av yteveden tangentialt er skåret/revet fra hovedstokken, og materialet har følgelig et linseformet tverrsnitt, med smalere og spisse sider (Fig. 20). Imidlertid er det lite trolig at materialet har vært skåret fra hovedstokken og det antas at det har vært dratt/revet av, da innsiden av disse i de fleste tilfellene fulgte fibrene og dermed dannet en ujevn og bølgete overflatestruktur. I enkelte tilfeller var også denne overflaten flisete. Oversiden, eller yttersiden, var betydelig jevnere og hadde mykere overganger, i noen tilfeller satt også barken fortsatt på materialet.

Deler av materialet ble også dannet av kjepper/pinner, noen med ubrutt ytterflate (nr. 5, 12, 14, 15, 16 og "liten ukjent"). Disse var både med og uten bark, materialet var i enkelte tilfeller mer nedbrutt og følgelig presset sammen slik at de hadde et tilnærmet elipseformet tverrsnitt (Fig. 20).



Figur 20: Eksempel på kjepper/pinner blant trevirket som dannet fiskefellen (Fragment 14(A)A).

I tillegg falt noe av materialet utenfor de nevnte kategoriene (nr. 7, 8 og 13). Disse hadde likevel den generelle avlange og flate utformingen, men ingen overflate som umiddelbart avslørte deres opphav (Fig. 21).



Figur 21: Eksempler på trevirke som utgjorde del av fiskefellen (fragment nr 7 og 8).

Skalk-materialet har antagelig vært rester/overskuddsmateriale fra annen bearbeiding og en av disse hadde i den ene enden blitt bearbeidet slik at den formet en spiss (nr. 6, fig. 20). Dette var det eneste tilfellet hvor materialet var bearbeidet, utover å ha blitt skilt fra hovedstokken. Enkelte hadde riktig nok tydelige verktøysspor (nr. 7, 11, 12 og 14), med disse forekom tilsynelatende tilfeldig og kan ha tilkommet under den initiale bearbeidingen (Fig. 22).



Figur 22: Trevirke fra fiskefellen med sannsynlige verktøyspor (fragment nr. 7 og 14B).

Materialet kan muligvis ha vært benyttet uten videre bearbeiding, da de fra den initiale bearbeidingen både er smalere og flatere ut mot endene. I tillegg er endene områder hvor materialet brytes raskere ned, slik at materiale som kunne båret vitne om bearbeiding, antagelig er tapt. Noen av fragmentene hadde også furer inn i siden, men da det ikke kunne observeres tydelige verktøyspor i sammenheng med disse kan dette være områder hvor materialet har vært mer tilbøyelig for nedbryting (nr. 2 og 8).

Ved rensing av materialet ble det observert mindre pinner, trefragmenter og barkfragmenter som lå på tvers under og/eller svært nær hoveddelene (nr. 6, 8, 10, 11, 12, 14 og "liten ukjent"). I hovedsak ble de mindre fragmentene funnet under hoveddelene i preparatene og de kan mulig ha inngått i en eventuell konstruksjon (Fig. 23). De mindre pinnene og fragmentene kan også stamme fra hoveddelene.



Figur 23: Eksempler på mindre fragment av tre og bark som lå ved/under de 16 hovedfragmentene (fragment 14B venstre, og to mindre kjeppfragment, til høyre - 'ukjent' fra boks nr. 16).

2.2.4 Andre bearbeidede tre-fragment

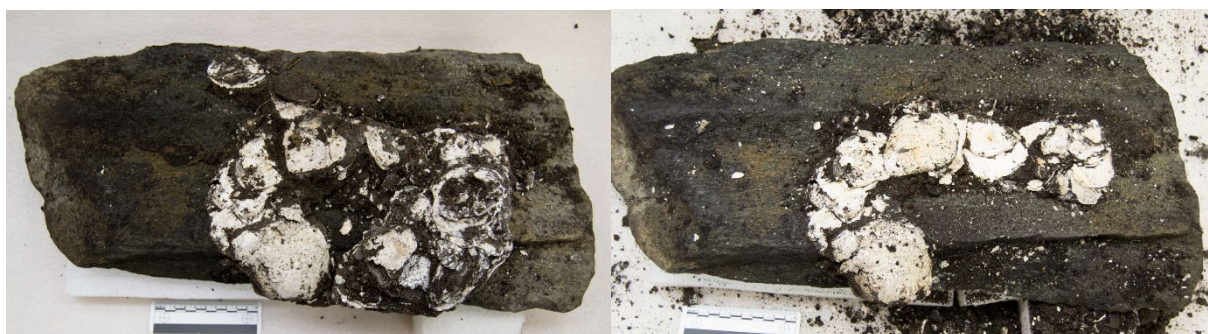
Tre andre fragment av tre ble vurdert til å være bearbeidede. Tresort og tilstand er rapportert i tabellen over (Fig. 24). Funksjonen til fragmentene er ukjent. Det ene (S13262.79) er en større, lett bøyd pinne/stokk, ca. 40 cm lang, som er grovt tilspisset. Det går en fure langs nesten hele lengden av pinnen og den snor seg delvis rundt pinnen. Det andre (S13264.2) er en trebit med rette kanter som kan ha vært del av en større gjenstand, trolig av løvtre. Det tredje (S13615.4, F8065) er en grovt tilspisset bit av furu der deler av overflaten er forkullet.



Figur 24: Tre bearbeida tre-fragment i våt tilstand, før konservering, fra øverst til venstre: trebit (S13264.2), spiss bit (S13615.4) og lengre pinne (S13262.79).

2.3 Skjelldunge S13264.7

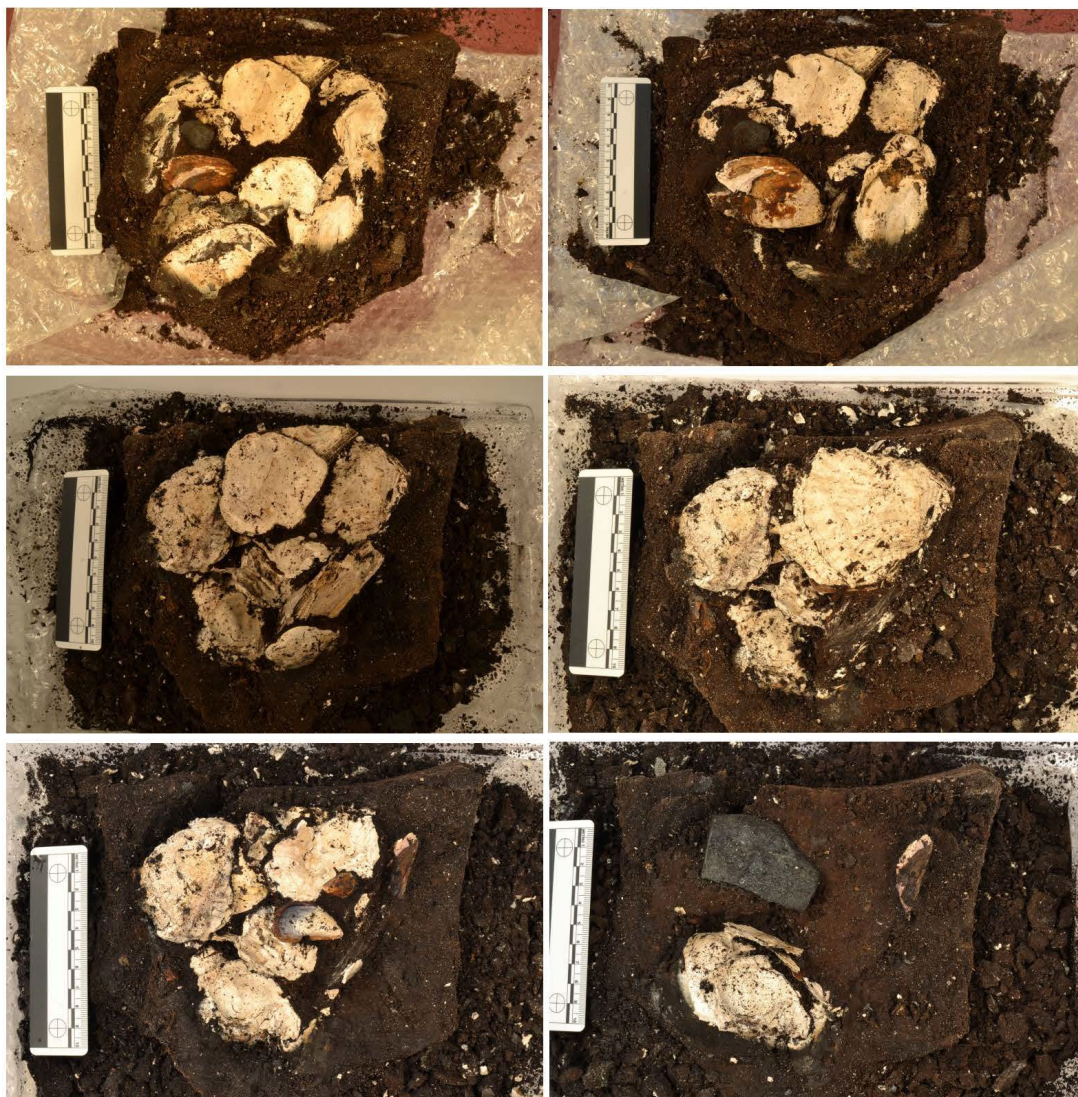
En konsentrasjon av skjell ble tatt ut i to deler: den ene lå i et lag torv på ei stor, tykk steinhelle, mens den andre var i en separat klump med fuktig torv (Fig. 25-27). Funn av skjell er interessant ettersom størrelse, form og alder kan fortelle om miljø og sesong (Russo, 1991, Campbell, 2008) i tillegg til mulig kosthold/matkilder. Undersøkelser av skjellmøddinger har vist at østers oftest ble samlet inn på våren (Russo, 1991, Schulting, 2010). I tillegg er slike dels organiske økofakter interessante ettersom ulike typer analyser kan anvendes, som radiokarbon-datering, DNA-analyser og isotopanalyser, og gi ytterligere informasjon om evolusjon, kosthold, klima, sesong og miljø (for eksempel saltvann versus ferskvann, pH og temperatur) (Colonese et al., 2014, Eerkens et al., 2013, Vonhof et al., 2003). Skjell kan også ha blitt brukt som råmateriale for å lage smykker eller andre dekorative elementer.



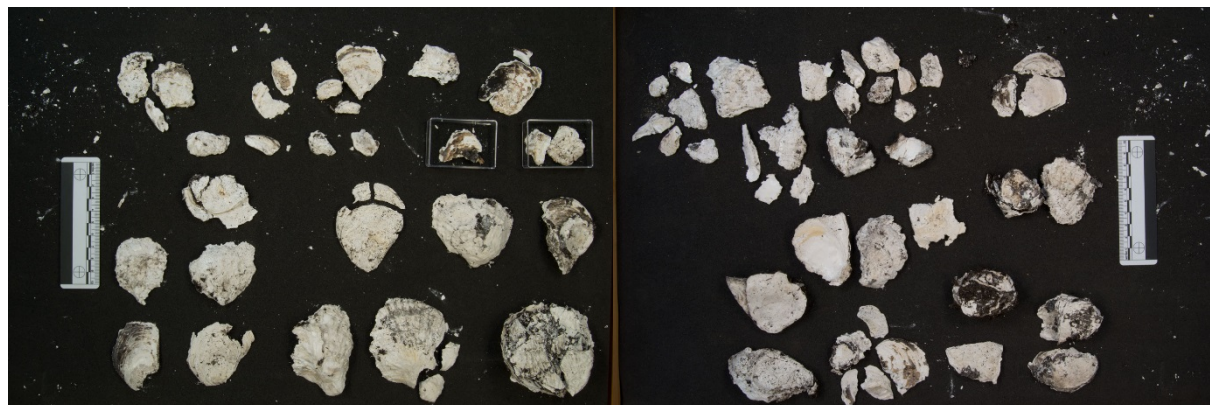
Figur 25: Foto under utgraving av skjelldunge på steinhelle.

Det meste av konsentrasjonen bestod av fragment av østers (trolig flatøsters, *Ostrea edulis*, men dette er ikke bekreftet av ekspert). Disse var i form av svært skjøre fine flak, av og til papirtynne, som støvet/smuldret og delte seg i enda mindre og tynnere flak ved berøring. Det største østersfragmentet som ser nær komplett ut er cirka 7,5 cm langt (dorsal til ventral side) og 8 cm bredt (fra anterior til posterior side). Det er ikke mulig å si noe om antall individer på grunn av graden av fragmentering. I mange tilfeller var det bevart flak av en tynn brun hinne på skjelloverflaten. Dette er trolig periostracum, en slags hud,

som består for det meste av protein. Denne hinna krakkelerte og/eller krøllet seg når materialet tørket inn, og flaket ofte av skjelloverflaten. Dette sier imidlertid noe om de gode bevaringsforholdene for rent organisk materiale.



Figur 26: Foto under utgraving av torvklump med skjell.



Figur 27: De største østersfragmenta.

Det ble også gjort funn i skjellkonsentrasjonen av noen få andre typer skjell: Noen blåskjell av ulik størrelse, en strandsnegl, og et ukjent fragment som tydelig er av en annen art. Også blåskjell og strandsnegler hadde små rester av periostracum. Strandsneglen var komplett og relativt robust, men med rester av periostracum som flaket av. Også blåskjellene var noe mer stabile enn østersene, men fragmenterte, dels myke og skjøre og også med periostracum som flaket av.

Utgravningen av skjellkonsentrasjonen i laboratoriet førte videre til funn av mikrofauna. Små, millimeterstore skjell av ulike arter har nok ikke noe å gjøre med menneskelig aktivitet, men er, på samme måte som de større skjellene, nyttige miljøindikatorer. I tillegg ble det funnet mikroskopiske sylindre, som kan stamme fra insekter. Muligens er dette av en sort som heter Trichoptera, en flue der larven lever i vann og lager seg små sylindrerformede 'hus' delvis av naturlige materialer som sand. Det er nødvendig at en ekspert (entomolog) ser på disse for å identifisere art, men slike insekterester kan også fortelle om miljø, landskap, klima og sesong (Christensen et al., 2004, Sparrenbom et al., 2006, Bennike et al., 2011).



Figur 28: Til venstre foto av mulig insektskall, til høyre mikroskopiske skjell (i tillegg til en liten beinbit). Målestokk er i millimeter.

I tillegg ble det også funnet noen ubrente botaniske makrofossiler, blant annet bringebærfrø (pers. komm. Sara Westling). Igjen, vi vet ikke om disse har noe med menneskelig aktivitet å gjøre, men materialet er tatt vare på, og kan eventuelt sammenlignes med det øvrige botaniske prøvene fra Sømme III.

2.4 Oppsummering funnbeskrivelser

Utgravningen ved Sømme III har produsert et stort og unikt materiale der sjeldne materialgrupper som tre, bek og ubrent bein er bevart. Beinmaterialet som er levert til konservering består av gjenstander av ubrent bein, samt dyre- og menneskebein som utgjorde en konserveringsutfordring på grunn av den skjøre tilstanden. Generelt varierer tilstanden dramatisk, ofte innenfor korte avstander på lokaliteten. I tillegg viste røntgenfotografering og mikroutgraving i laboratorium av et svært nedbrutt beinstykke at dette var et hoftebein fra menneske. En samling treverk som dels bestod av tilspissede stokker lagt i en slags kasseform, er tolket som en fiskefelle. Også verdt å nevne spesielt er den unike tregjenstanden med ukjent funksjon og den godt bevarte beingjenstanden med rester av bek. Videre ble det tatt inn et preparat av skjell, der det meste ser ut til å bestå av skjøre østersfragment.

3 Undersøkelser og analyser

3.1 Metoder

3.1.1 Røntgen

Røntgenfotografering er et svært viktig redskap i konserveringsarbeidet, for å undersøke og dokumentere gjenstander og materiale. Det er ofte vanskelig å identifisere arkeologiske gjenstander når de kommer ut av jorda, sterkt nedbrutte, korrodert og fragmenterte. Røntgenfotografering utnytter prinsippet om at ulike materialer, med ulik tykkelse og tetthet, vil være mer og mindre 'gjennomsiktig' for røntgenstråler. Edelmetall eller bly vil derfor vises godt som hvite områder, mens sprekker, hull og korroderte områder vil vises som mørkere eller svarte felt. Eventuelt kan man ta røntgen av preparater for å identifisere hva som finnes i en slik jordklump, før mikroutgravning i laboratoriet.

3.1.2 Sveipelektronmikroskopi (SEM) og kjemisk analyse ved røntgenspektrografi (EDS)

Elektronmikroskopi gjør det mulig å fokusere på svært små områder og forstørre det man ser flere hundretusen ganger. I tillegg er såkalt røntgenspektrografisk analyseutstyr (EDS analysator) kobla til mikroskopet, så man kan gjøre grunnstoffsanalyse av det man ser i mikroskopet. Prinsippet er at man bruker en stråle av elektron i stedet for lys til å 'se' prøven. Elektronstrålen sveiper over prøven, elektrona reagerer med prøvematerialet slik at ulike typer stråling blir reflektert eller generert, sendt tilbake, og treffer ulike detektorer. Denne reflekterte strålinga blir brukt til å forme et bilde på en skjerm (Watt, 1997 s 25). Ulike typer reflektert stråling vil bli 'oppfatta' av ulike typer detektorer i mikroskopet, og de gir forskjellig informasjon om prøvematerialet, og kan gi høyoppløselige bilder av overflatetopografien, eller gråskala bilder som i likhet med røntgenfotografering, reflekterer tettheten til materialet. Den primære elektronstrålen som treffer atomene i prøvematerialet, kan også kolliderer med elektron i prøven på en slik måte at energi blir frigitt i form av røntgenstråler. Energien og bølgelengda til disse røntgenstrålane er karakteristiske for ulike grunnstoff, og vi kan derfor få informasjon om den kjemiske sammensetningen til det analyserte området på prøven (Watt, 1997, s 30-45). Denne metoden vil heretter bli kalla SEM-EDS. Tolking av røntgenspektrografiske resultat er nødvendig ettersom flere grunnstoff kan danne overlappende signaler. Tolkingen av resultatene i form av grunnstoffs-spektra, krever derfor at man må ha noe forhåndskunnskap til materialet og om hva man forventer å finne i prøven.

3.1.3 Kjemisk analyse ved Fourier Transform Infrarød Spektroskopi (FTIR)

FTIR er en kjemisk analyseteknikk som egner seg særlig godt for identifisering av organiske sammensatte materialer, men også pigment, korrosjonsprodukter og andre mineral. I motsetning til røntgenspektrografiske teknikker er det ikke grunnstoffsammensetninga vi får informasjon om, men ulike bindinger og deler i et molekyl (altså en større del som er sett sammen av flere ulike grunnstoff). Prinsippet for å kunne identifisere disse er derimot det samme: ulike stoff har ulik energi, og blir dermed påvirket på ulike måter når det blir utsett for stråling. Ved FTIR blir prøvematerialet utsatt for infrarød stråling. Infrarød stråling har for lav energi til å påvirke elektroner i materialet, men molekylet absorberer energien og begynner å bevege seg. Måten molekyl beveger seg på er avhengig av strukturen til molekylet, og ulike bevegelser vil føre til at infrarød stråling med ulik bølgelengde og energi blir absorbert. Dette resulterer i et spektrum med toppar som representerer de ulike energiene absorbert, og disse er karakteristiske for ulike molekyldele og bindinger (Derrick et al., 1999, s 8). Dette spekteret er et slags fingeravtrykk for stoffet som analyseres, og kan så sammenlignes med spektrum fra analyse av kjente referansematerialer. Når det gjelder analyse av beinmateriale kan FTIR-spektra indikere tilstand både når det gjelder beinmineralet og beinproteinet, ved sammenligning med moderne/ferskt bein. Ut fra spekteret kan tre ulike parameter regnes ut som reflekterer relativ tilstand: krystallinitet, forholdet mellom mengde karbonat og fosfat (reflekterer endringer i beinmineralet), og forholdet mellom protein og fosfat (reflekterer tap av beinproteinet) (Weiner and Bar Yosef, 1990, Trueman et al., 2008). Analysen krever bare noen få milligram med materiale og er dermed nær ikke-destruktiv.

3.1.4 Miljøanalyser: pH og glødetap

Det er et ønske å samle inn kvantitative data som beskriver miljøfaktorer viktige for å forstå tilstanden på ulike kategorier arkeologisk materiale, og dermed informasjonspotensialet til en lokalitet. En rask, enkel og billig analyseprotokoll for å få ut noen slike viktige parameter ble testet ut på Sømme III. Det innebar måling av pH, samt glødetapsanalyse som gir tre ulike parameter: prosent fuktighet, prosent organisk innhold og prosent karbonat. Jordprøver ble tatt fra det marine sandlaget i tillegg til torvlaget over. Videre ble det tatt prøver fra preparatet med ribbeinet, og fra to ulike kulturlag der det også fantes beinrester.

Jordprøvene ble tatt fra en 'fersk' overflate. Altså, den eksponerte sedimentoverflaten ble skrapet bort med en ren graveskje. Cirka 100 ml jord ble tatt ut per delprøve, for å brukes både til pH-måling og glødetapsanalyse. Gravskjeen ble rensert med avionisert vann mellom hvert prøveuttak for å hindre krysskontaminering.

I laboratoriet ble større steiner og røtter fjernet fra prøvene, og 20 g jord vegd ut for pH-måling. Dette ble blandet med avionisert vann i flasker, og ristet i cirka 15-30 minutter. Etter risting og etter at all materie var falt til bunnen, ble pH-måling gjort på en prøve av vannet, med pH-elektrode (pH/ISE instrument HI-98184).

For glødetapsanalyse ble det tatt ut cirka 3 ml prøve, som ble vegd før tørking ved 105 °C over natta. Glødetapsanalysen fulgte et standard oppsett for slik analyse (Se for eksempel Heiri et al., 2001, Goldin, 1987, Howard and Howard, 1990) og innebar gløding i glødetapsovn i to steg: først ved 550 °C, og så ved 950 °C. Etter første steg blir prøven vegd (den blir oppbevart i eksikator i mellomtiden for ikke å ta opp nytt vann), og dette er utgangspunktet for å regne ut prosent organisk innhold. Vekt etter gløding ved 950 °C er utgangspunkt for å regne ut prosentandel karbonat (stort sett kalk, kalsiumkarbonat). Vekt etter tørking ved 105 °C ble også notert, og dette viser fuktuttap, altså prosent fuktighet i prøven. Denne variabelen vil nødvendigvis variere mye gjennom en sesong alt etter hvor mye det regner osv. Vekt ble notert med fire desimalers nøyaktighet.

3.1.5 Proteinanalyse ved masse-spektrometri (ZooMS)

Proteinanalyse ved det som blir kallet ZooMS (Zooarchaeology by Mass Spectrometry), er en relativt ny analysemetode i arkeologi. Dette er en rask og billig metode for kjemisk analyse av bein/biologisk materiale for artsidentifikasjon. Analysen er lite destruktiv i og med at veldig små biter beinmateriale kan analyseres (cirka 3-5mm). Prinsippet er at sammensetningen av delkomponenter av proteinet (aminosyrer) er karakteristisk for dyreart. Analysen ble utført av Matthew Collins og Krista McGrath ved BioArch, universitetet i York. Mer detaljer om metoden finnes i rapporten fra York (vedlagt).

3.1.6 Histologiske analyser og DNA-screening

Histologiske analyser av arkeologisk bein, eller også såkalt histotafonomisk analyse, er en relativt ny metode i arkeologien. Ved mikroskopiske analyser, enten ved lysmikroskopi av tynnsliip, eller elektronmikroskopi av tykke tverrsnitt, kan man vurdere tilstand og identifisere ulike typer nedbrytningsprosesser, som for eksempel såkalt bioerosjon, som er nedbrytning som følge av mikroorganismer. Slik informasjon er nyttig for å vurdere om materialet egner seg for videre analyser, for eksempel av protein eller DNA. Det kan også gi informasjon om tafonomiske prosesser og hjelpe til med å karakterisere miljøet i bakken, og eventuelle endringer i dette over tid (Bell, 2012, Hollund et al., 2012).

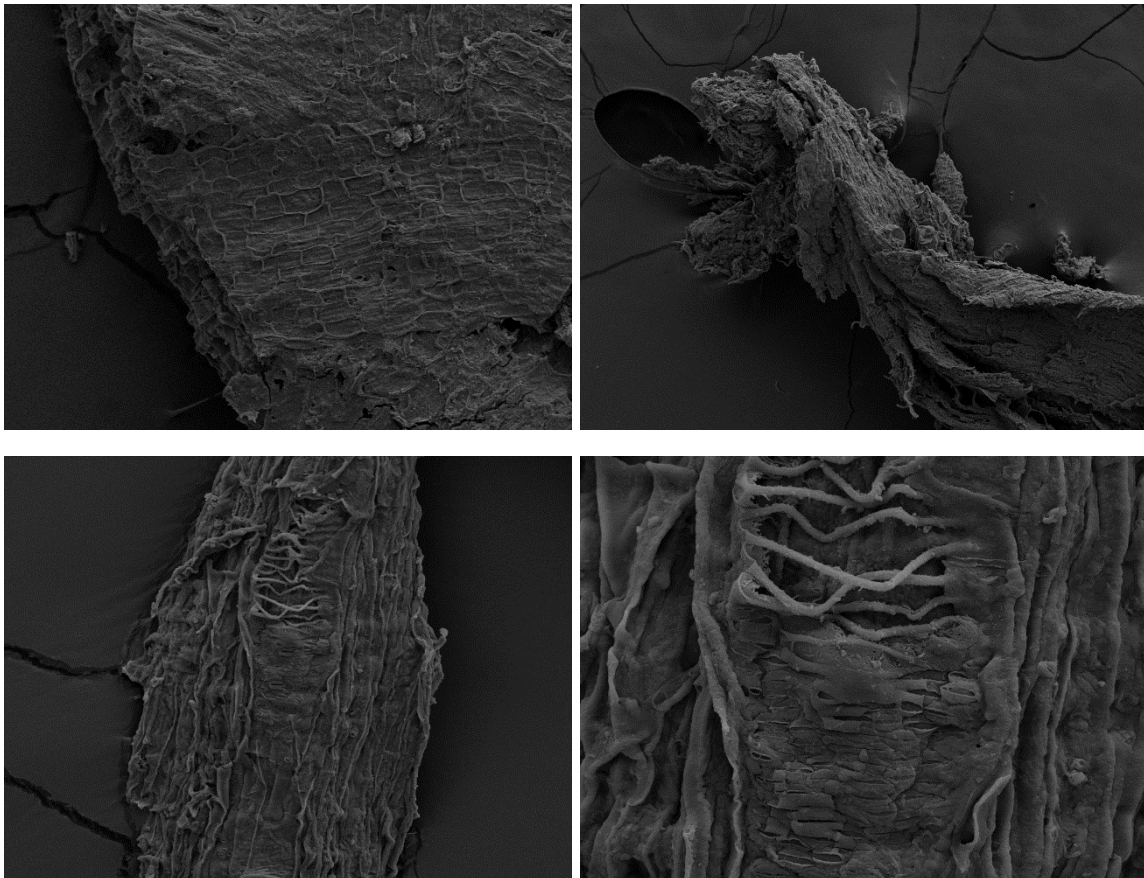
DNA-analyse ble utført på hjortebeinsfragmenter for å screene materialet og vurdere om og i hvilken grad opprinnelig hjorte-DNA er til stede. For dette ble såkalt 'shotgun sequencing' utført, ved University College Dublin. Denne typen DNA-sekvensering gjør at man kan analysere og 'lese av' flere millioner fragment samtidig, som er et tilfeldig utvalg av alle DNA-molekylene i prøven, både fra den opprinnelige organisme (i dette tilfellet hjort), og fra annet DNA i tilknytning til prøven, som mikroorganismer, og eventuelt moderne menneske-DNA som har kommet til i tilknytning med håndtering. Ved en slik førstegangs screening får man vite hvor stor prosentandel det originale, gamle hjorte-DNAet (såkalt

aDNA, ancient DNA) utgjør av det hele, hvor mye forurensende DNA som finnes, og fra hvilke organismer dette stammer. I tillegg får man noen mål på hvor godt bevart selve molekylet er, som lengde på fragmenter og eventuelle skader på molekylene. Typisk for arkeologisk DNA er at det bare utgjør noen få prosent, og at det meste av DNAet man analyserer er forurensning som kommer fra mikroorganismer (Sarkissian et al., 2014).

3.2 Resultat og diskusjon

3.2.1 SEM-EDS

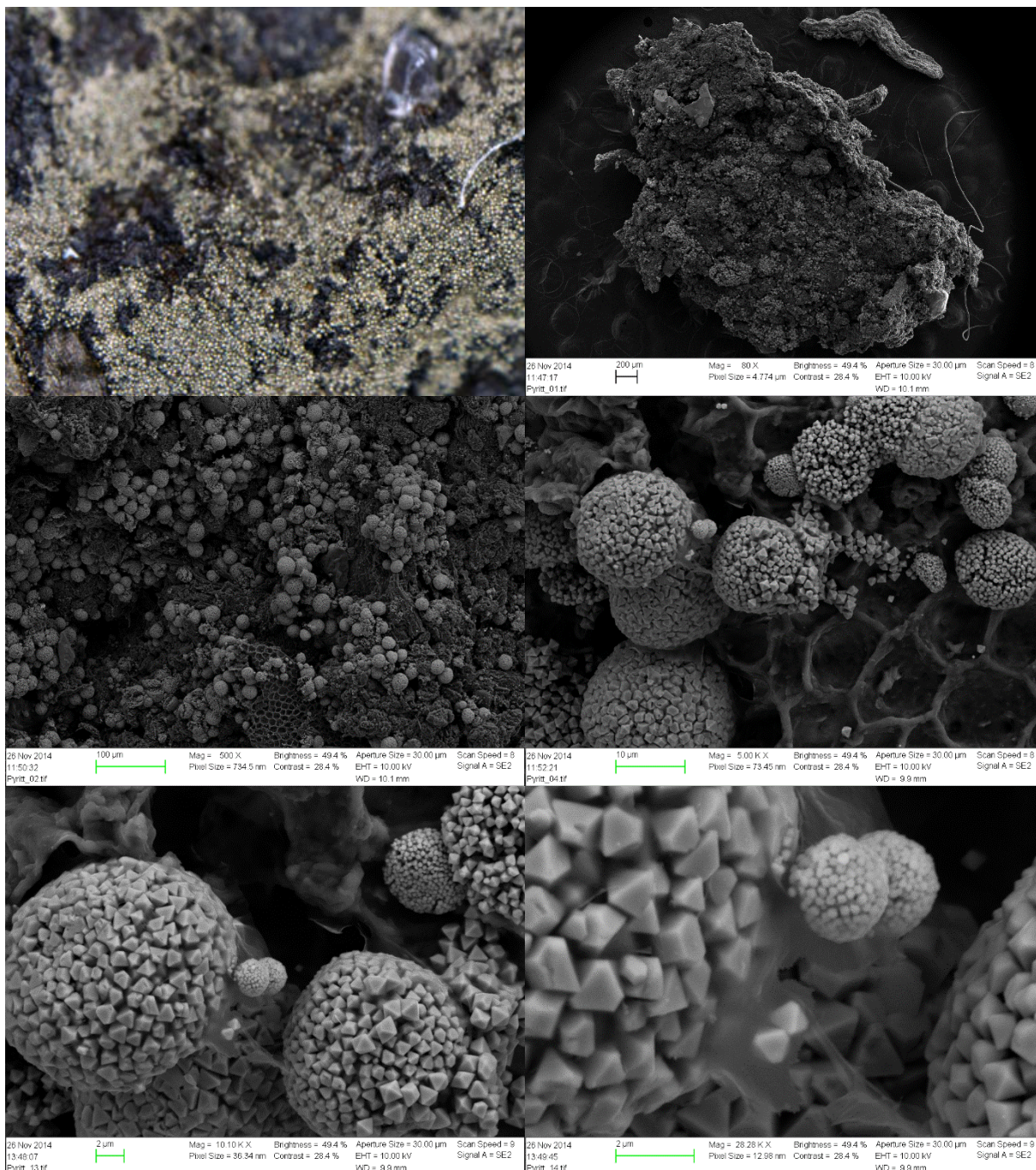
Prøver ble tatt av nedbrutt mørk brunt organisk materiale på overflaten av hvalribbeinet (S13262.90) og et ved fragment i dårlig stand som viste seg å stamme fra ulv, polarrev eller kanskje mest sannsynlig hund (S13262.91), se avsnitt 3.2.4). Kunne dette være sterkt nedbrutt bein? SEM-sekundærelektron bilder (Fig. 29) viste at dette er plantebasert materiale. For en prøve var det mulig å identifisere dette som enten hassel eller bjørk på grunn av karakteristiske stigeformede perforeringer (Trond Magne Storstad, pers. komm.).



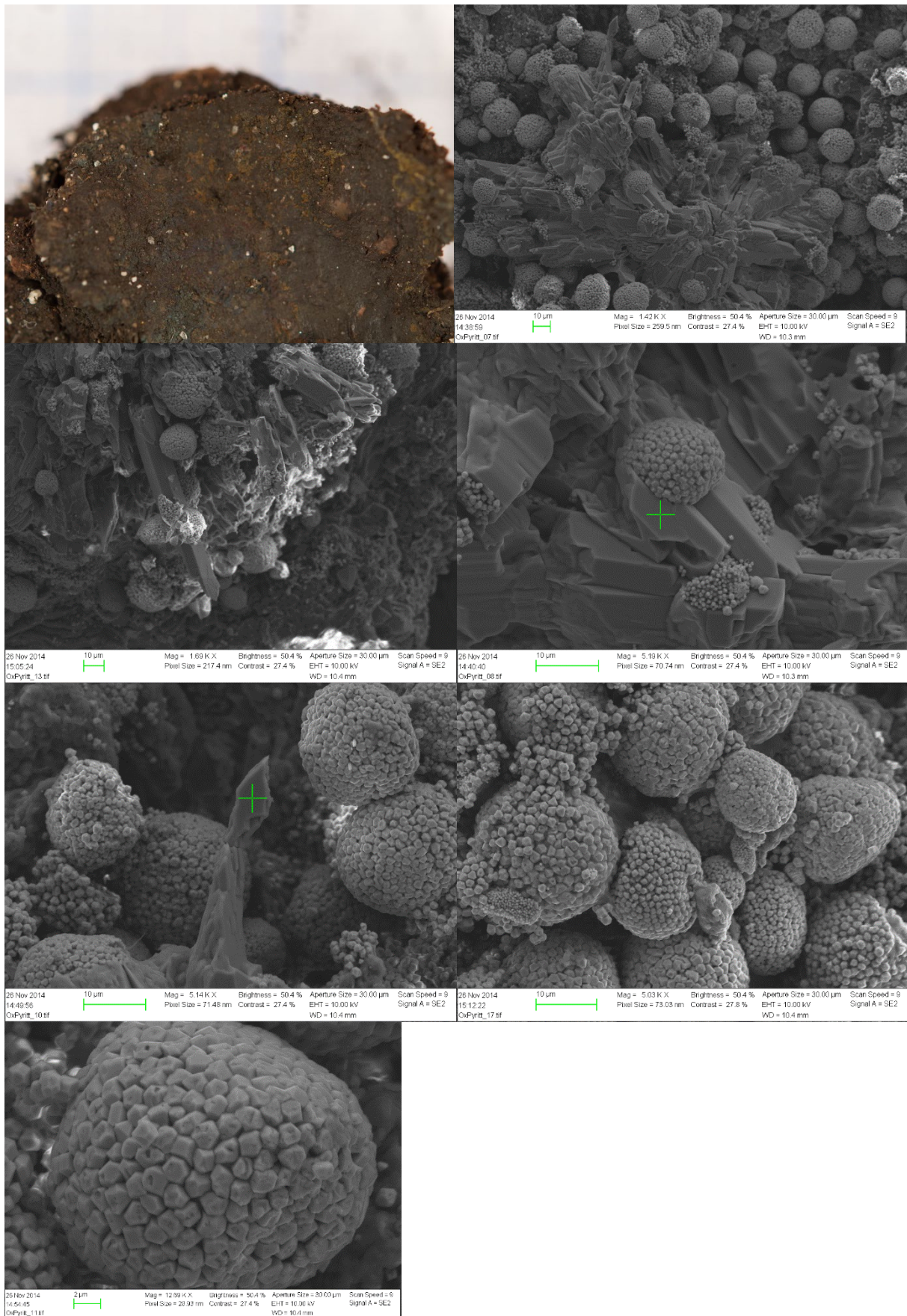
Figur 29: SEM-sekundærelektron-bilder av prøve av nedbrutt organisk materiale fra preparatet med hvalribbein, der de to nederste viser stigeformet perforering, unikt for bjørk og hassel.

Ved rensing av den mystiske tregjenstanden (S13264.1) under mikroskop ble det oppdaga små sølvfarga korn i torva direkte på overflata av gjenstanden (Fig. 30). Pyritt er som beskrevet ovenfor jernsulfid (Fe_2S) og slike små korn dannes under oksygenfattige forhold på grunn av sulfatreduserende anaerobiske bakterier. Slike korn er en viktig miljøindikator både i paleontologi, geologi og arkeologi, ettersom det viser til oksygenfattige forhold (Turner-Walker, 1999, Pfretzschner, 2001, Wilkin et al., 1996, Turner-Walker and Jans, 2008).

Pyritt vil ved kontakt med oksygen, og i høy luftfuktighet, omdannes til jernoksider og svovelsyre, og kan derfor være en fare for arkeologiske materialer de er i kontakt med. Dersom det er kalsium i nærheten, for eksempel fra nedbrytning av beinmateriale, vil dette reagere og danne kalsiumsulfat, et lett vannløselig mineral (Turner-Walker, 1999, Turner-Walker, 1998a). For å teste dette ble et lite stykke torv med pyrittkorn lagt i en tett boks. Luftfuktigheten i denne boksen var 100%. Etter tre uker gikk pyrittkornene over fra en metallisk gråfarge til rustbrun – et tegn på at dette er pyrittkorn, og at pyrittkornene oksiderer relativt raskt. Denne oksiderte prøven ble også studert i SEM, og i tillegg til pyrittkornene kunne det nå observeres kalsiumsulfatkrystaller (Fig. 30). Dette viser at det finnes kalsium i miljøet (kanskje i form av kalsiumkarbonat, som påvist ved glødetapsanalyse rapportert nedenfor). I tillegg kan det se ut som om krystallene som utgjør pyrittkorna i større grad er avrundet og skadet sammenliknet med før oksidering. Fotoet øverst til venstre på Fig. 30 viser torvbiten (et cirka 3x2 mm utsnitt) der de opprinnelig gylne og metalliske kornene har blitt rustbrune (sammenlign med Fig. 29, øverst til venstre). De fire neste SEM-bildene viser kalsiumsulfatkrystaller som har oppstått under det lille eksperimentet. Det kan også se ut som om, særlig på det nederste bildet, at jernsulfidkrystallene er blitt brutt ned: kantene er avrundet og mange har hull på overflaten.



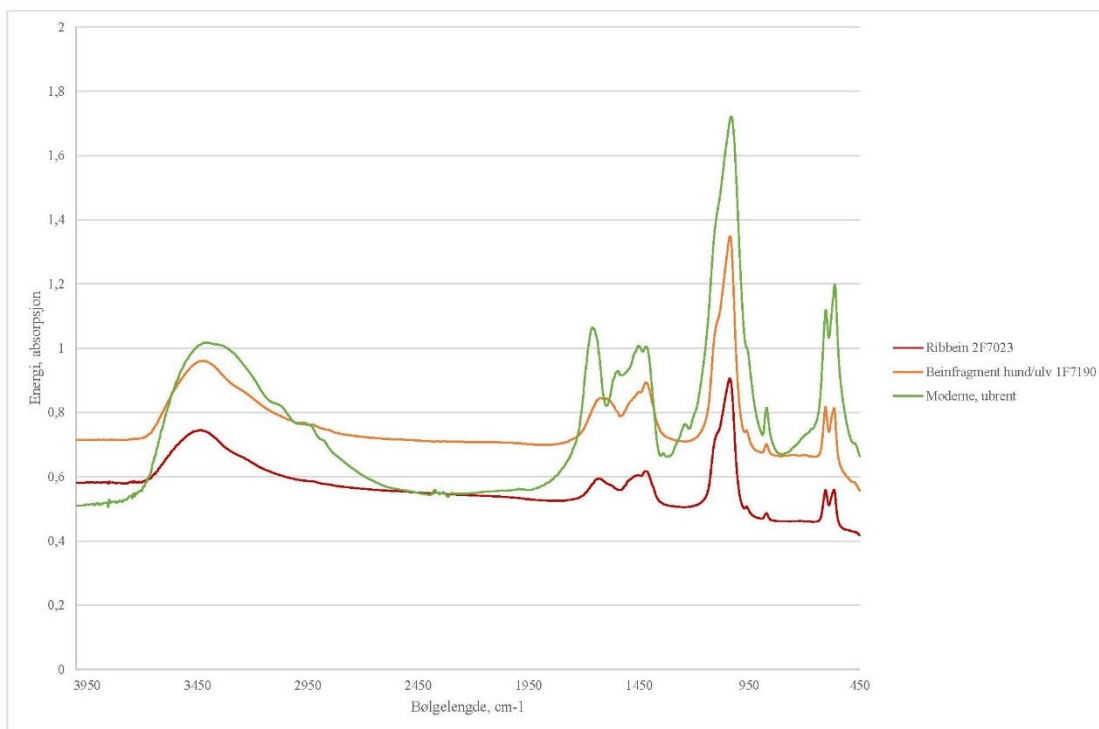
Figur 30: Pyrittkorn funnet i torv direkte på overflata av tregjenstand (S13264.1). Bildet øverst til venstre er vanlig foto tatt med makrolinse, mens resten er SEM-bilder (sekundærelektron).



Figur 30: Foto og SEM-bilder (sekundælekttron) som viser den oksiderte prøven. De små grønne kryssene på noen bilder viser hvor det er utført kjemisk analyse, som bekreftet at det vi ser inneholder jern, svovel og kalsium.

3.2.2 Kjemisk analyse ved FTIR

Små prøver på 3-5 mm ble tatt fra to ulike bein: Hvalribbeinet (S13262.90) og et beinfragment som ved proteinanalyse viste seg å være av hund/rev/ulv (S13262.91, se avsnitt 3.2.4 og vedlegg). Disse var svært ulike når det gjelder tilstand: Ribbeinet var mer eller mindre intakt, relativt robust og med en hvit overflate. Rovdyrfragmentet var et lite fragment som var brunt, mykt og flatklemt. FTIR-analysen gav ytterligere informasjon om tilstand. Ved å sammenligne med et spektrum for moderne bein (Fig. 31), kan man se at Sømme-materialet produserer et lignende spektrum, med en amid(protein)-topp rundt 1615 cm^{-1} , en karbonat-topp rundt 1415 cm^{-1} , en høy fosfat-topp ved 1030 cm^{-1} , og en dobbel fosfat-topp ved 605 og 565 cm^{-1} (Weiner and Bar Yosef, 1990). Høyden på toppene reflekterer relativ mengde av de ulike funksjonelle gruppene i molekylet.



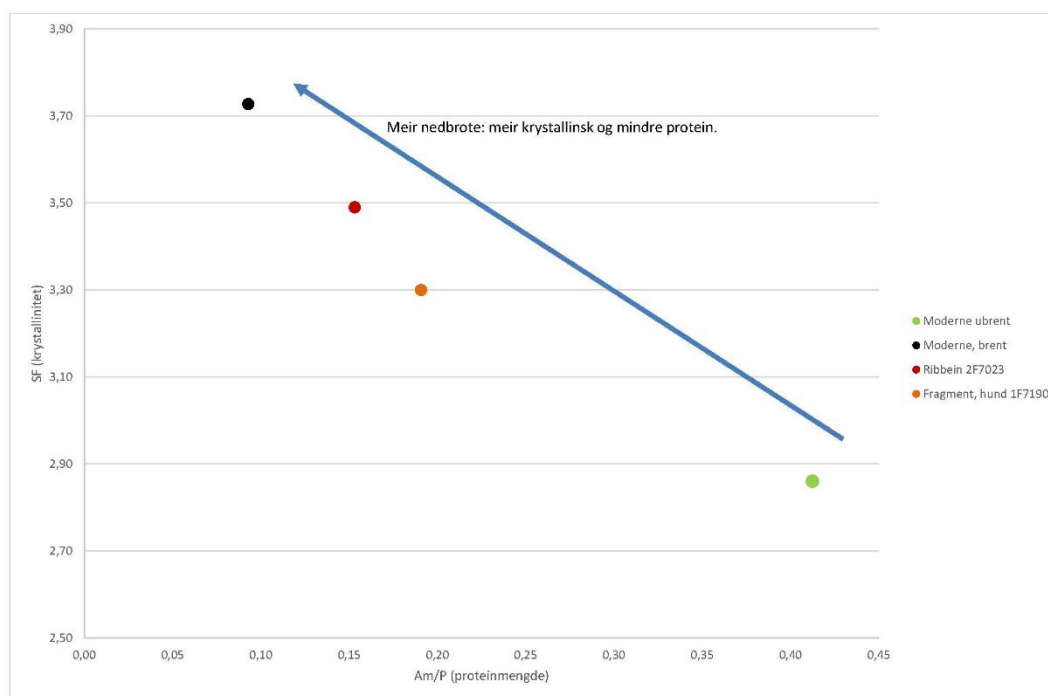
Figur 31: FTIR-spektrum for moderne bein, og to beinprøver fra Sømme III; hvalribbein og beinfragment av rovdyr (hund/ulv/rev).

På bakgrunn av FTIR-spektra kan man så regne ut ulike verdier som gir en pekepinn om den relative endringen i materialet. Ved nedbryting skjer ofte en endring i krystallinitet; beinmineralet blir mer krystallinsk. Samtidig blir proteinet ofte brutt ned og forsvinner. Forma og den relative høyden på karbonat og fosfat-toppene (to verdier som blir kallet 'splitting factor', SF, og karbonat:fosfat, C/P) reflekterer krystallinitet, mens den relative høyden på proteintoppen (amid) i forhold til fosfat-toppen ved 1030 cm^{-1} reflekterer mengden protein i beinet (amid:fosfat, Am/P) (Weiner and Bar Yosef, 1990). Tabell 2 summerer opp disse verdiene for de to beinfragmenta analysert, i tillegg til verdier målt samtidig på moderne, ferskt bein (kubein), både en ubrent prøve, og en prøve eksperimentelt brent ved 600 $^{\circ}\text{C}$. I den siste prøven vil den organiske delen være brent bort og mineralet er blitt svært krystallinsk. Dette er dermed en prøve som representerer et ytterpunkt og en parallell til et sterkt nedbrutt/endret bein. Verdiene i tabell 2, og grafen i fig. 32, viser at til tross for at ribbeinet overfladisk virket bedre bevart, ser ut til å være noe mer endret, kjemisk sett, enn det lille fragmentet av mulig hund/ulv. Det er mer krystallinsk og kan ha mistet noe mer protein. Dette kan tyde på at bevaringsforholdene har variert på lokaliteten, og at ulike nedbrytningsmekanismer kan ha vært gjeldende i forskjellige kontekster.

Prøvenr.	Museumsnr.	Beintype	SF	CP	AmP
Referanse	Moderne, ubrent	Lårbein, ku	2,86	0,32	0,41
Referanse	Moderne, brent (600 °C)	Lårbein, ku	3,73	0,18	0,09
SØ-IR-05	S13262.90 (2F7023)	Ribbein, knølkval	3,49	0,25	0,15
SØ-IR-09	S13262.91 (1F7190)	Ubestemt fragment, ulv/rev/hund	3,30	0,33	0,19

Tabell 2: Verdier regnet ut på basis av FTIR-spektrum, for beinprøver fra Sømme III. Verdiene for moderne bein, ubrent og brent, er også rapportert som en referanse. SF = splitting factor: jo høyere verdier, jo mer krystallinsk. C/P = karbonat:fosfat: jo lavere verdier, jo mer krystallinsk. Am/P = amid:fosfat: jo høyere verdier, jo mer protein er bevart i forhold til mineral.

Figur 32 viser hvordan begge de analyserte beinprøvene gav verdier nærmere den brente referanseprøven, enn den ubrente referansen, som representerer ytterpunkter for svært dårlig og svært god bevaring. I begge prøver har det skjedd en endring i beinmineralet, og et høyt tap av protein. Begge deler kan skje ved både biologisk og kjemisk nedbrytning.



Figur 32: Graf som viser SF og Am/P verdier for de to Sømme-prøvene, sammenlignet med moderne referansemateriale.

Hydrologiske forhold på deponeringsstedet kan også spille inn. Aktiv hydrologi, der materialet gjennomgår sykluser av å bli vætet og tørket, kan føre til at både beinmineral og protein brytes ned og vaskes ut, mens et stabilt hydrologisk system kan gi bedre forhold for kjemisk stabilitet, men også bedre forhold for mikroorganismer som bryter ned proteinet og endrer mineralet kjemisk. Videre analyser, som for eksempel mikroskopi av tynnslip, er nødvendig for å bedre forstå hvilke nedbrytningsprosesser som har spilt størst rolle. FTIR-resultatene viser at mineralet har rekrystallisert og blitt mer krystallinsk. Det kan likevel samtidig ha forekommet noe demineralisering og dermed tap av mineral, for eksempel i overflaten. Det faktum at noen overflateflak på ribbeinet ble forvridt etter tørking kan tyde på at disse delene er demineralisert, da godt bevart bein ellers kan lufttørkes uten at det deformeres.

3.2.3 pH-måling og glødetapsanalyse jordprøver

Prøvekode (lab)	Arkeologisk id	Natvitnr	pH	Fukt, %	Organisk, %	Karbonat, %	Beskrivelse sediment	Dybde
SØ-01-01		46	9,7-9,9	21,00	0,96	0,30	Grå sand	2-6 cm over berggrunn
SØ-01-02		47	9,2	21,91	0,50	0,37	Grå sand	2-6 cm over berggrunn
SØ-01-03		48	8,6	19,73	0,99	0,23	Grå, gruset sand	5-9 cm
SØ-02-01		49	7,26-8,04	69,55	46,46	2,38	Brun-svart torv, ganske nedbrutt, med med noen røtter.	10-15 cm over berggrunn
SØ-02-02		50	7,13-7,20	71,74	62,58	3,35		10-15 cm over berggrunn
SØ-02-03		51	7,55-7,61	61,22	36,00	0,97	Mørkbrun torv med noe sand og flere større biter røtter.	14-19 cm
SØ-03-01	S13262.90 (2F7023)		10,4				Preparat med ribbein. Grå sand med jernutfelling.	
SØ-03-02			9,8					
SØ-03-03			9,0	13,50	0,48	0,37		
SØ-02-04	Lok 9, lag 149, 2OS7270	248	9,2	76,32	74,03	4,51	Mørkbrun torv med noe fin hvit sand og røtter	
SØ-02-05		249	9,0	70,83	57,90	3,35		
SØ-02-06		250	8,5	70,27	54,45	3,32		
SØ-01-04		251	8,3	24,55	0,60	0,48	Sandlaget under torva.	
SØ-01-05		252	8,2	27,28	0,84	0,52		
SØ-04-01	Lag 143 x93 y 409		9,3	23,28	4,14	0,68	Kjøkkenmødding med bein og flint.	
SØ-04-02			9,2	25,96	4,41	0,82	Mørk gråbrun sand (fin, velsortert) i et om lag 5-7 cm lag over et lag med skjørbrent stein.	
SØ-04-03			8,9	25,47	4,94	0,74	Prøver tatt ca 1 cm under avdekket kulturlagsoverflate.	

Tabell 3: Resultat for pH-måling og glødetapsanalyse av alle jordprøver fra Sømme III.

Noen pH-målinger er notert som et spenn i verdier. Dette var fordi verdiene driftet under målingen – jo lengre man målte, jo lavere ble pH. Dette problemet kan oppstå dersom batteriet til pH-måleren ikke er fullt oppladet, eventuelt ved at vannet etter hvert tar opp CO₂ fra luften, og blir surere. Alle målingene har uansett gitt relativt høye pH-verdier, noe som tyder på at miljøet i hovedsak er basisk. Den høyeste verdien er fra ribbeins-preparatet (SØ-03-01). Dette kan både komme av nærheten til bein, men vi kan heller ikke utelukke forurensning fra gipsen som preparatet var pakket inn i. Glødetapsanalyse viser ikke overraskende at torva har et høyt innhold av organisk materiale, mens sanden har veldig lavt organisk innhold. Stort sett ser det også ut til at torva har høyere andel karbonater enn sandlaget under.

Disse dataene blir mest interessante når vi på sikt får bygd opp et større datasett og kan se sammenhenger mellom miljøforholdene i ulike kontekster og lokaliteter, og tilstanden til ulike arkeologiske materialer fra disse. Å få gjennomført analyseprotokollen noen ganger viste at dette kan fungere som et enkelt og nyttig tilleggsverktøy for konservatoren, som kan utføres i løpet av få dager og ved bruk av få arbeidstimer.

3.2.4 Proteinanalyse ved masse-spektrometri (ZooMS)

Prøver av fire beinfunn ble sendt til analyse ved universitetet i York: Hvalribbeinet, hvalryggvirvelen (S13262.89 og 90), harpunen (S13262.1) og et ukjent beinfragment som lå i jord/torv (S13261.86). Dette bekreftet at hvalbena og harpunen mest sannsynlig er av knølhval, mens det ukjente beinfragmentet ikke kunne bestemmes nærmere enn at det enten må være av ulv, hund eller polarrev (Tabell 4). Av disse er nok hund det mest sannsynlige alternativet. Det finnes mange eksempler på graver fra steinalder der også hunder er lagt i graven. At alle de andre prøvene pekte mot en art, knølhval, kan tyde på at det er deler av det samme individet, og noe av dette har tydeligvis blitt brukt til å lage redskaper.

Museumsnr.	Funn.nr	Gjenstand/beintype	Dyreart
S13262.90	2F7023	Ribbein	Finnhval/knølhval/gråhval
	1F7190	Ukjent	Hund/ulv/polarrev
S13262.89	2F7245	Ryggvirvel	Knølhval
	1F6294	Mulig harpun	Knølhval

Tabell 4: Resultat av proteinanalyse (ZooMS) for å identifisere dyreart.

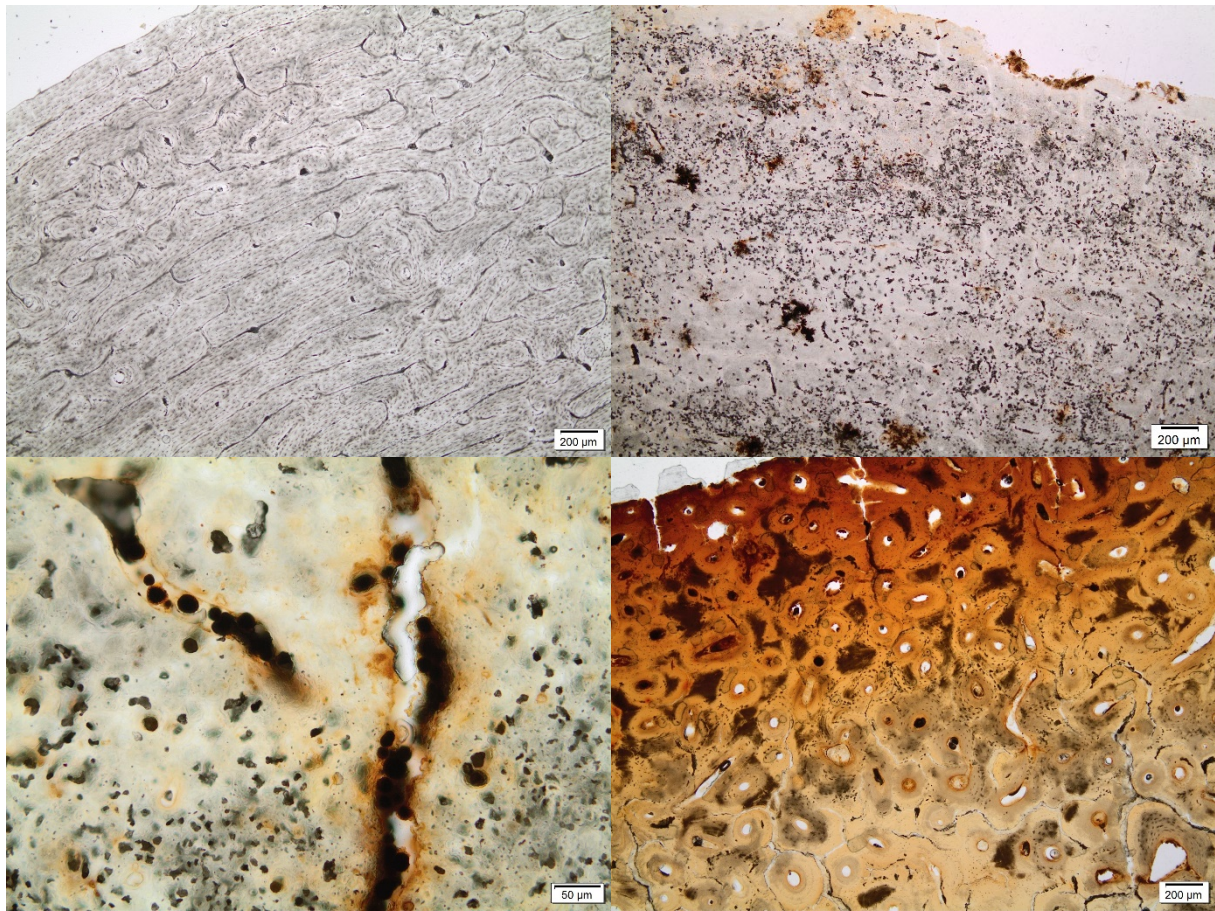
3.2.5 Histologiske analyser og DNA-screening

Histologiske analyser ble utført på 6 hjortebeinsprøver og en hjortetann (markert med * i tabell 4, alle S13265.77 og fra lok 7B), og en prøve fra menneskebein (1F3000). DNA-analyse ble utført på hjortebein lagret i 1,5 år ved ulik temperatur, samt en hjortetann (Tabell 5). Dette arbeidet ble gjort på forskers egen tid og er ikke fakturert prosjektet. En kort redegjørelse om arbeid og resultat er likevel lagt til her ettersom det er relevant for forvaltning og sikring av materialet, samt forståelsen av bevaringsforholda på lokaliteten. Målet er å ta resultatene videre i vitenskapelige publikasjoner. Deler av resultatet har allerede blitt presentert på en konferanse ved AM i 2019 (Hollund et al., 2019).

Histologiske analyser viste at de åtte prøvene av hjortebein var alle sterkt nedbrutt av bioerosjon. All mikrostruktur i hele dybden av tverrsnittet er fullstendig ødelagt og endret ved bakteriell nedbrytning (Fig. 33). Den ene prøven fra en annen rute (SOha-1) såg makroskopisk bedre bevart ut, men de histologiske analysene viste at også denne var sterkt nedbrutt av mikroorganismer. Her ble det imidlertid også observert utfelling av karakteristiske pyrittorn (Fig. 33), også diskutert over i 4.2.1 og i forbindelse med den ene gjenstanden. Dette kan tyde på at denne delen av lokaliteten i alle fall i en lengre periode, har hatt tilnærmet oksygenfritt miljø, mens i ruten like ved siden av har dette ikke vært tilfelle, og beinfragmentene har i lengre tid blitt utsatt for mikrobiell nedbrytning.

Menneskebeinet derimot, funnet på et helt annet sted på utgravningsområdet, har ikke blitt utsatt for noe mikrobiell nedbrytning og har en helt annen tilstand og form for nedbrytning (Fig. 33). Beinet har en sterk rødbrun, oransje og gul misfarging som trolig kommer både fra jernutfellinger, og organiske nedbrytningsprodukt. Videre er mikrostrukturen skadet ved oppsprekking og oppløsning av beinet. I dette

tilfellet ble prøver sendt til analyse i Sverige, til en forskergruppe som jobber med genetikk i steinalderen. Også her var DNA-analysene negative.



Figur 33: Øverst til venstre: Moderne, godt bevart ku-bein. Øverst til høyre: Hjortebein (S13265.86, prøvenr. F4) der all mikrostruktur er ødelagt av mikrobiell aktivitet. Mørke og rødbrune større flekker er utfelling av mineral. Nederst til venstre: Hjortebein (S13265.86, prøvenr. H1) med pyritt (jernsulfid) i porer og sprekker i form av svarte, runde korn. Den rødbrune fargen rundt indikerer at de har delvis oksidert og danna jernoksid, noe som også vil ha ført til misfarging og skade på beinet rundt. Nederst til høyre: Prøve fra armbein, menneske (S13263, 1F3000), som ikke viser noe biologisk nedbrytning, men rødbrun og gul misfarging, trolig både fra jernforbindelser, og organiske nedbrytningsprodukter. I tillegg tegn på kjemisk nedbrytning i form av oppløsning av mineralet. © Hege Hollund – Arkeologisk Museum.

Det var derfor ingen stor overraskelse, også med tanke på den høye alderen til dette materialet, at alle DNA-prøvene var negative: det er ikke bevart gammelt hjorte-DNA, i alle fall ikke i en form som kan analyseres med metodene brukt her. Det ble imidlertid funnet mye mikrobielt arvestoff, som kan vise seg å være interessant ettersom dette kan reflektere miljøet, enten i bakken, eller under lagring – og kan ha en relasjon til tilstanden på materialet (Philips et al., 2017, Pitre et al., 2013).

Prøvenr.	Museumsnr.	Beskrivelse	Temperatur
-	S13263 (1F3000)	Arm, menneske	-
SOha1*	S13265.86 LOK 7B lag 708 108x121y	Rørbein, hjort	Romtemp.
SOha2			
SOha3			
T1*	S13265.86 Lok 7B lag 708		
SOrt-1	110x124yNV/111x124ySV/111x123ySØ		
SOrt-2			
SOrt-3*			
SOrt-4*			
SOrt-5			
SOco-1*			4°C
SOco-2			
SOco-3			
SOco-4*			
SOco-5			
SOfr-1*			-21 °C
SOfr-2			
SOfr-3			
SOfr-4			
SOfr-5*			

Tabell 5: Beinprøver brukt til eksperiment inkludert histologisk analyse (merket med *), og DNA-analyse.

3.3 Oppsummering analyseresultat

Både undersøkelser av prøver ved SEM-EDS, FTIR av beinmateriale, miljøanalyser av jordprøver, samt røntgenfotografering, har kastet lys over materialtyper, bevaringsforhold og tilstand. Miljøet ser ut til å være basisk, i det minste i de lokaliteter hvor vi har målt, og funn av pyrittkrystaller indikerer at i det minste deler av lokaliteten har vært stabilt oksygenfri/fattig. Noe oksidering av pyritt indikerer endring i oksygentilgang i den siste tiden. Høy pH og lavt oksygeninnhold er begge forhold som er gunstig for bevaring av bein, og forklarer den store beinmassen funnet på lokaliteten. Likevel, det ser ut til at mye av beinmaterialet har gjennomgått store endringer i form av økt krystallinitet, og tap av protein, men at graden av dette, og nedbrytningsmekanismene, har variert i ulike typer deponeringskontekster. Histologiske analyser viste at noe bein er utsatt for mikrobiell nedbrytning, mens andre ikke er angrepet av bakterier i det hele tatt. Variasjonen i bevaringsforholdene kan ha vært stort i den første perioden etter deponering, der noe materiale er gravd ned på land, noe er deponert på overflaten på tørt land, og noe i vann, på ulike dybder. Alt dette vil ha spilt inn på tilstanden på lang sikt, selv om de fleste beina etter hvert lå i samme type stabile miljø (fuktig og oksygenfattig torv, god beskyttet under metertykke lag med sand). Forstyrrelser av miljøet under utgravning kan også ha påvirket tilstand, særlig der det er påvist pyritt.

4 Behandling

4.1 Bein

Bein er ofte robust nok til å lufttørke uten videre behandling eller oppfølging. Etter uttørring er det ellers viktig å kontrollere relativ luftfuktighet (RF) for lengre tids oppbevaring (Botfeldt and Richter, 1998, Botfeldt, 2014). Bowron (2003) har identifisert seks ulike typer bruk av skjelett som alle innebærer risiko for skade og tap av informasjon: langtidslagring, utstilling, analyse, konservering, transport og håndtering. Det er langtidslagring og håndtering som utgjør høyest risiko (Bowron, 2003). De mest vanlige skadene er tap av materiale, brudd og overflateslitasje, der den kumulative effekten av håndtering er den viktigste faktoren (Caffell et al., 2001). Konserveringstekniske problemer kan ifølge Andrew (1996) deles inn i tre kategorier: 1) Upassende relativ luftfuktighet, 2) Mekanisk skade, 3) Forurensning.

En studie av dyretenner og bein i naturhistoriske samlinger har vist at RF under 45% raskt fører til sprekkdannelse og oppsplitting (Williams, 2001, Williams, 1991, Turner-Walker, 1998b). Som nevnt ovenfor kan tilstedeværelse av mineralet pyritt i beinet føre til store skader om dette oksiderer ved høy relativ luftfuktighet. Det er derfor viktig at relativ luftfuktighet blir holdt under 55 % (Turner-Walker, 1998b, Howie, 1978). Optimalt oppbevaringsforhold er derfor mellom 45 og 55% relativ luftfuktighet.

Rester av DNA kan finnes bevart i skjelettmateriale og er kanskje den delen av materialet som er mest følsomt for nedbryting, samtidig som de har et stort informasjonspotensiale. Forskning har vist at økt temperatur fører til akselerert nedbryting av DNA-molekylet (Smith et al., 2003, Pruvost et al., 2007), at håndtering fører til store problem for analyse pga. forurensning med moderne DNA (Cooper and Poinar, 2000, Gilbert et al., 2006, Malmström et al., 2005, Melchior et al., 2008) og at konserveringsmetoder både kan føre til forurensning og nedbrytning/problem med analyse (Eklund and Thomas, 2010, Nicholson, 2002).

På grunn av planer om diverse kjemiske og biomolekylære analyser i nær fremtid ble det meste av materialet levert til konservering, inkludert menneskebeina, oppbevart på kjølerom eller i kjøleskap i lengre tid etter utgravning. Rensing ble utført mekanisk, under mikroskop, med pensler og treredskeer for å unngå skader på overflater. Gjenstander som ble levert inn våte, ble rensed i vann, mens tørre gjenstander ble rensed tørt, eventuelt begrenset til bomullspinner fuktet med vann eller etanol. Det meste fikk tørke ut uten videre kontroll. Noen fragmenter har blitt limt, da med Paraloid B72 (en kopolymer av etylmetakrylat og metylakrylat) som er vurdert som et godt konserveringsmiddel på grunn av at det lett kan løses opp og vaskes bort ved behov. Det er videre også kun påført små mengder og lokalt, på bruddflater.

Noe beinmateriale ('harpun', hoftebein og hvalbeinfragment) ble oppbevart fuktig under rensing, og siden tørket i pleksiglassboks der relativ luftfuktighet ble noe bufret ved hjelp av pakker med silikagel kondisjonert til 50% RF (produktnavn PROSorb). En fuktighetsindikator lå i boksen for å kunne overvåke at RF holdt seg noenlunde stabil, og forsikre om at RF ikke ble for lav, noe som ville ført til sprekker og deformering. Det var likevel ikke til å unngå at RF varierte over tid både på grunn av nye fuktige gjenstander som ble lagt til, og på grunn av mye tørrere luft på vinteren.

Den mulige harpunen, med bek, gjennomgikk den mest kontrollerte tørkingen. Etter at den var rensed fri for jord (i vannbad og under mikroskop), ble den lagt i en boks dekket med plastfilm med hull i. Måling med fuktmåler (Testo 610 fukt/temperaturmåler) viste at kassen til å begynne med holdt en RF på cirka 90%. Den ble så oppbevart i kjølerom, og regelmessig vegd (en gang i uken), frem til vekten stabiliserte seg. Ved den ukentlige vegingen ble det også sjekket om tørkingen førte til oppsprekking eller andre skader. Denne prosessen tok cirka tre måneder. Gjenstanden ble så overført til den provisoriske 'klimaboksen'.

Relative fuktnivå på kjølerom og i kjøleskap på laboratoriet er usikre, men det kan virke som om relativ luftfuktighet i kjøleromma er ganske lav, mens RF er høy i kjøleskapet på grunn av at det her blir oppbevart fuktige gjenstander og gjenstander i vannbad. Det er å forvente at luftfuktigheten i kjøleskapet vil variere ettersom materiale blir satt inn og tatt ut. Menneskebein og –tenner ble oppbevart i kjøleskapet i cirka 1,5 år. Et par målinger i kjøleskapet (med Testo 610 fukt/temperaturmåler) gjort med noen måneders mellomrom viste RF på 86% og 61%. Dersom Sømme-materialet inneholder pyritt kan det

derfor hende at pyritt har oksidert og dette kan ha skadet materialet fra innsiden, uten at noe er synlig på overflaten. I oktober 2015 ble det menneskelige materialet overført til klimaboksen med RF på 50%.

Det ble tatt ut prøver av menneskearmen, både for datering, DNA-analyse (som del av svensk forskningsprosjekt Atlas) og histologiske analyser (se avsnitt 3.2.5).

Alt materialet levert til konservering, inkludert menneskebeina og –tennene, ble håndtert med hansker av konservator for å minimere forurensning, og pakket forsvarlig for å minske håndtering/forurensning samt risiko for skader.

4.2 Tre

Fordi ukontrollert uttørking av vasstrukket arkeologisk trevirke fører til vridning, krymping, sprekkdannelse, deformering av materialet og følgelig tap av informasjon, ble trevirket oppbevart i plastbokser fylt med vann. Disse boksene ble oppbevart kjølig, mørkt og med vannoverflaten dekket av en tynn plastfilm for å minimere tilførsel av oksygen og dermed begrense veksten av alger, mugg og sopp. Oppbevaringen av arkeologisk tre i vann er likevel kun en midlertidig løsning. For å stabilisere materialet må det frie vannet og deler av det bundne vannet i trevirket fjernes. Skjer dette ukontrollert, er sannsynligheten stor for at det oppstår skade forårsaket av vannets overflatespenning som ikke kan reverseres. Det finnes flere forskjellige behandlinger for vasstrukket arkeologisk trevirke. Målet med behandlingen av dette materialet var å bevare materialet på en slik måte at dets ytre dimensjoner og overflatestruktur ble ivarett slik de ble avdekket i felt.

4.2.1 Behandling av fiskefellen med PEG

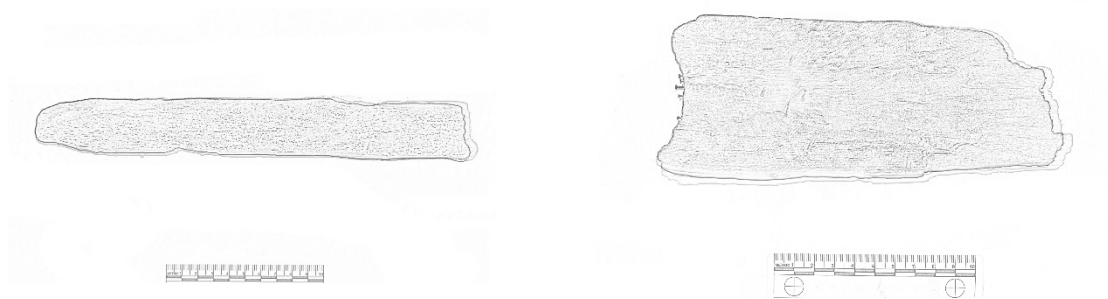
For behandling av materialet som utgjorde fiskefellen ble det derfor valgt å impregnere materialet med polyetylen glykol 2000 (heretter kalt PEG, tallet 2000 referer til molekyl lengden), for deretter å frysetørke det. Dette er en veldokumentert, forholdsmessig enkel og utprøvd metode med gode resultater. Til eksempel er det benyttet PEG under konserveringen av de fem vikingskipene hevet fra Roskilde Fjord i 1962 og under behandlingen av det svenske krigsskipet «Vasa» hevet i 1961. I tillegg er det liten helse- og miljørisiko forbundet med metoden og kostnadene er lave.

PEG er en vannløselig voks som trenger inn i trevirket, erstatter deler av vannet og støtter opp den nedbrutte cellestrukturen. Dette skjer som følge av konsentrasjonsforskjellen mellom mengden PEG i løsningen i karet og mengden PEG i trevirket. Dette er en treg prosess, og det er regnet med en impregneringstid på ca. 1,5 år. I tillegg er det også nødvendig å starte med en lav PEG-konsentrasjon som gradvis økes. Starter man med for høy konsentrasjon kan trykket som dannes av konsentrasjonsforskjellene ødelegge den allerede nedbrutte og skjøre cellestrukturen. Men til tross for at materialet er impregneret og mye av vannet er erstattet med PEG, vil ukontrollert fordampning av det resterende vannet med sannsynlighet kunne gi uheldige konsekvenser. For å unngå dette fryses trevirket ned etter endt impregnering, for deretter å tørkes under vakuum. Ved tilstrekkelig lavt trykk vil vannet nemlig gå direkte fra fast form (is) til gass (vanndamp), uten å være flytende i mellomtiden. Dette er en prosess som kalles sublimasjon og gjør det mulig å unngå ulempene som vannets overflatespenning kan medføre. Det fryste materialet legges i frysetørkingskammeret, hvor trykket pumpes ned slik at et tilstrekkelig undertrykk dannes, vannet fjernes og trevirket tørkes. Dette er imidlertid også en tidkrevende prosess og avhenger blant annet av hvor mye vann som er igjen i trevirket når det fryses, materialets tykkelse og lengde. Når isen etter hvert fordampes vil impregneringsmaterialet som da blir igjen i trevirket, være i fast form og dermed opprettholde trevirkets nedbrutte struktur.

Ved impregnering av materialet med PEG vil det ikke lenger være mulig gjennomføre ¹⁴C-datering, da man risikerer å datere karbonet i PEG-molekylene. Muligheten for bestemmelse av vedart forringes også drastisk. Følgelig må det gjøres uttak av prøver til disse formålene før behandlingen starter. Det kan videre være en utfordring å avgjøre når impregneringen av materialet er fullført, da det i dette tilfellet handler om trevirke fra ulike arter, med ulik nedbrytningsgrad og av variert type (stokker/greiner, skalkmateriale, pinner, tykke, tynne og så videre).

Etter å ha rensset fragmentene fri for jord og torv, og etter prøveuttak, ble samtlige av trefragmentene fra fiskefellen lagt i en 10%wt (vektprosent) PEG 2000-løsning, fordelt på 4 større plastkar. Startløsningene i karene var alle 10%wt. Etter tre måneder ble løsningens konsentrasjon økt til 20%wt, siden til 30%wt etter fire måneder og til 40%wt etter nye fem måneder. Trefragmentene lå i denne siste løsningen i seks måneder.

Frysetørring ble utført ved bruk av konserveringsavdelingens frysetørker. Beklageligvis, og på tross av diverse forsøk og oppgraderinger, kunne ikke det største kammeret på frysetørkeren brukes, ettersom dette ikke ble kaldt nok og det tok for lang tid å oppnå riktig trykk. Det mindre kammeret ble derfor tatt i bruk, men det satte begrensninger for størrelsen på bitene som kunne frysetørkes. Biter av samme tykkelse ble frysetørket sammen, og bitene ble lagt på en vekt inne i frysetørkeren som kunne avleses utenfra. Frysetørringen ble avsluttet når vekten stabiliserte seg. Behandlingen fungerte godt og det var ingen større ødeleggelse eller endringer i materialet. Noe krymping er å forvente, men ved å legge foto av fragmenter før og etter behandling direkte over hverandre, kan man se at det kun er snakk om millimeter i forskjell (Fig. 34).



Figur 34: Bilde av fragment 5B og 11 (B) B der før- og etterbilde er lagt over hverandre. Et filter i photoshop kalt 'photocopy' er brukt for å få tydelige omriss av gjenstanden så endringer i form og størrelse er lettere å se. Dette viser svært små endringer i lengderetningen av fragmentet.

I tillegg ble metall-nåler satt inn med visse mellomrom, i seks ulike fragmenter, for å vurdere grad av krymping og vridning etter behandling (Fig. 35 og tabell nr 6). Målene og utregningene rapportert i tabell 6 viser at bare mindre endringer skjedde ved frysetørringen.

Det resterende materialet som ikke kunne behandles i frysetørkeren vil frysetørkes sakte i vanlig fryser/fryserom.



Figur 35: Fragment 11B (B) før og etter behandling. De røde rundingene markerer nålene som ble satt inn før behandling. Stiplede linjer og bokstaver markerer de ulike mål for å vurdere krympning (se tabell 6).

Fragment	Mål*	Før behandling	Etter behandling	% endring
11B (B) (Fig. 35)	A Største lengde	20,5	19,8	3,4
	B Største bredde	7,5	7,3	2,7
	C Lengderetning	2	1,8	10
	D Tangential retning	2	1,9	5
	E Radiell retning	1	0,99	1
	F Tangential retning	2,11	2,05	2,8
2B	A Største lengde	26	25,5	1,9
	B Største bredde	7,2	7,1	1,4
	C Lengderetning	2	1,95	2,5
	D Tangential retning	2	1,85	7,5
	E Radial retning	2	0,9	10
	F Tangentialt	2	1,9	5
3B (del 2)	A Største lengde	33,5	32,8	2,1
	B Største bredde	4,3	4,1	4,7
	C Lengderetning	2	1,9	5
	F Tangential retning	1,5	1,3	13,3
5B	A Største lengde			1,11
	B Største bredde			2,9

Tabell 6: Mål og utregning av grad av endring, eller krympning, etter behandling. *Se også fig. 35.

4.2.2 Behandling av øvrig tremateriale med Kauramin (melaminplast)

Selv om PEG-behandling er den mest brukte metoden, og dermed svært godt utprøvd når det gjelder konservering av tre, vurderer vi å bruke en annen metode på noen av de andre, mindre tregjenstandene. Prinsippet er det samme, å erstatte vannet i gjenstanden med et annet materiale for kontrollert tørking. Materialet er i dette tilfellet melaminplast (melamin kombinert med formaldehyd), med varenavnet Kauramin 800. Melaminplast har vært en vanlig ingrediens i en stor mengde ulike produkter inkludert

møbler, laminerte golv og kjøkkenutstyr siden 30-tallet. Ved Römisch-Germanischer Zentralmuseum i Mainz, Tyskland, er denne konserveringsmetoden brukt i over 35 år med gode erfaringer og resultater, og også ved andre konserveringsinstitusjoner er denne behandlingsmetoden i bruk i større skala (Wittköpper, Kocabaş, 2015, Fix, 2015).

Konserveringsavdelingen ved universitetet i Bergen har som de første i Norge tatt i bruk metoden over de siste par år og rapporterer gode resultater etter konservering av flere hundre gjenstander. Ulempen med Kauramin er at behandlingen er fullstendig irreversibel. Etter at platen har stivnet kan denne ikke løses opp igjen dersom gjenstanden skulle trenge å konserveres på nytt. Ved sammenligning av ulike metoder, inkludert Kauramin, viste Kauramin gode egenskaper, på linje med og bedre enn PEG, men PEG ble totalt vurdert som den beste – mest pålitelig, mest repeterbar (samme behandling gir samme resultat), mest økonomisk og enklest å bruke. Ved Kauraminbehandlingen må pH kontrolleres ettersom en for lav pH i løsningen vil føre til for tidlig polymerisering/herding, og det ble også observert fine, men dype sprekker etter behandlingen (Hoffman, 2009, Cesar et al., 2017).

En annen ulempe er at Kauramin i flytende form er helseskadelig, i og med at platen inneholder formaldehyd. En fordel er at behandlingsprosessen er, i forhold til PEG, veldig rask, noen få måneder alt etter hvor tykke gjenstandene er. Dette er på grunn av små molekyler og lav viskositet som fører til rask og god impregnering av hele gjenstanden. Prosedyren er forholdsvis enkel, og man trenger blant annet ikke frysetørking. Den ferdig behandlede gjenstanden er også mye lettere enn ved PEG-behandlingen, nær den naturlige vekten på tre (Hoffman, 2009). Hoffman mener at fargen blir unaturlig lys (Hoffman, 2009) mens andre rapporterer at behandlingen resulterer en naturlig trefarge (Hansmann et al., 2005).

I motsetning til PEG-behandlede gjenstander er det fremdeles fullt mulig å utføre analyser av tre-art og dendrokronologisk datering, samtidig som de blir motstandsdyktige mot insekt, sopp og bakteriell nedbrytning (Rapp and Peek, 1996, Gregory et al., 2012). Det er videre viktig, siden funnmiljøet tilsier at gjenstandene vil inneholde uorganiske salt med jern og svovel, at disse blir stabilisert ved Kauramin-behandling (Gregory et al., 2012). Jernsulfid (pyritt) vil oksidere ved høy luftfuktighet og i den prosessen blir det produsert svovelsyre som igjen bryter ned treet (Fors, 2008, Rémazeilles et al., 2013). Denne type nedbrytning har blant annet vært et stort problem for det PEG-behandlede Vasa-skipet i Stockholm (Sandström et al., 2002, Fors and Richards, 2010). Dette forenkler også behandlingsprosessen ettersom det ikke er nødvendig å fjerne jernforbindelser før impregnering, som det nå er anbefalt å gjøre før PEG-behandling (Hocker et al., 2012, Fix, 2015).

Reversibilitet er et viktig prinsipp innen konservering – det skal være mulig å ta bort det vi har tilført. Irreversibilitet er også det som har gjort at Kauramin, tross relativt gode resultat og rask behandlingstid, ikke har blitt en utbredt metode. I konserveringsmiljøet finnes ulike holdninger til prinsippet om at en behandling skal være reversibel. Noen følger det konsekvent, andre mener at det må vurderes for hvert enkelt tilfelle mens andre igjen mener at det er uopnåelig og det bør være andre kriterier som teller mer. For eksempel, selv om PEG er løselig i vann, vil det likevel være umulig å fjerne all PEG, en prosess som også kan være skadelig for gjenstanden og som er kostbar (Fix, 2015).

Ulemper som helserisiko og kostnad er mindre viktige i vårt tilfelle ettersom det er snakk om små/tynne og få gjenstander. Dette gjør også lav pH og for tidlig herding mindre kritisk ettersom gjenstandene uansett vil bli relativt raskt impregneret. En av kritikkene mot metoden er at det er vanskelig å kontrollere herdingsprosessen, og for tidlig herding vil føre til dårlig resultat. En nylig studie viste derimot at man ved å holde pH til minst 8, kan være rimelig sikker på at herding ikke skjer. I tillegg viste de hvordan man ved hjelp av enkel kjemisk analyse av løsningen (ved hjelp av et FTIR-instrument), kan sjekke om herding er i ferd med å skje (Cesar et al., 2017).

Vi valgte å utføre noen behandlings-tester med Kauramin på trerøtter som også var funnet på Sømme III lokaliteten. Alle gjenstander/fragmenter og test-materiale ble nøye dokumentert med foto, røntgenfoto og avtegning av omriss (for å vurdere krymping/ending av form etter behandling). Informasjon om gjenstander og tilstand er rapportert i tabell i avsnitt 2.2.1.

Behandlingsprosessen med Kauramin er som følger:

- 1) Impregnering (men noe polymerisering skjer også her, avhengig av pH): Gjenstanden blir lagt i Kauramin-blandingen i x antall uker/måneder (det avhenger av tykkelsen, ca 2cm/mnd).
- 2) Herding: For å herde og bli til plast må Kauramin-løsningen varmes opp. Gjenstanden ble pakket inn i fuktig papir og lagt i plastpose for å unngå uttørring – og lagt i ovn på 55 °C i cirka en uke (til en kontrollprøve av Kauraminblandingen begynner å stivne).
- 3) Tørring ved romtemperatur: Gjenstanden ble lagt i to poser, i romtemperatur, for å tørke sakte til vekten er stabil.

Kauraminblandingen består av industriproduktet Kauramin 800 (25%), trietylglykol (10 %) og urea (5%), blandet ut i vann. Trietylglykol er tilsatt for å gi fleksibilitet og mindre sprekker, mens urea gir bedre impregnering og binder formaldehyd som gir en sterkere harpiks og mindre avgassing av formaldehyd. Vi har fulgt metoden til det tyske museet Romisch-Germanisches Zentralmuseum (Wittkötter) og har også fått mye hjelp og veiledning av konservator ved UiB, Angela Weigand.

Ved publisering av rapport var kun behandling utført på et testfragment av en rot fra Sømme III. Denne var også sterkt nedbrutt og det viste seg at tørkeprosessen tar svært lang tid. Etter over to år med tørking i pose mister fragmentet fremdeles vekt. Planen er å starte Kauraminbehandling av gjenstandene i 2020, og dette er dermed ventet å ta opptil flere år før behandlingen avsluttes.

4.3 Skjell

Det finnes ikke mye litteratur på konservering av arkeologisk skjellmateriale. Skjell er, som bein, et sammensatt materiale som består av et mineral (kalsiumkarbonat) og et protein (conhiolin) (Cronyn, 1990: s275). Ettersom det for en stor del består av mineralet kalsiumkarbonat, er skjell svært sårbart for skadelig saltutslag dersom det oppbevares i miljø med flyktige organiske syrer (for eksempel på grunn av avdampning fra tregjenstander). På grunn av dette har det blitt anbefalt å vaske ut salt, og eventuelt lakke skjellmateriale for å hindre denne type skade (Tennent and Baird, 1985). De viktigste bevaringsfaktorene for skjell i arkeologisk kontekst er pH, mengden skjell i kulturlaget og lufttilgang (Storch, 1997).

Behandlingen utført var et kompromiss mellom ønsket om å unngå forurensning av potensielt nyttig biologisk materiale for analyse, og det faktum at skjellfragmenta var svært skjøre og overflata smuldra/pulveriserte ved berøring. Skjellungen som ble tatt ut i en torvklump ble gravd ut, dels under mikroskop, mens fuktig. På grunn av at materialet var så skjørt, ble det vurdert som best å konsolidere noen av de største, mest komplette skjellfragmenta. Siden materialet var vått, var det nødvendig å bruke et vannløselig impregneringsmiddel. Det ble valgt å benytte en akrylbasert dispersjon (Primal WS24), passende for konsolidering av mineral-basert material på grunn av nøytral pH, liten partikkelstørrelse og rimelig god stabilitet/reversibilitet (Storch, 1997, Koob, 1984). Flere av skjella ble dermed pensla med Primal WS24 på følgende måte: først 2,5% i avionisert vann, så 5% og til slutt 10%, i 2-3 omganger hver. Mellom hver påføring ble skjella oppbevart fuktig i små plastbokser med lokk og i kjøleskap. Dette for at påført konsolideringsmiddel skulle få tid til å trekke godt inn i materialet. Skjellene som låg på en steinhelle hadde allerede tørket noe ut. Disse ble gravd ut og forsiktig renset, men ikke konsolidert.

Konsolideringen hindret ikke rester av periostracum i å krølle seg og dels flake av. De behandlede skjellene er noe mer robuste og lette å håndtere, men i etterkant kan det diskuteres om konsolidering var nødvendig. De ubehandlede fragmentene er, om enn skjøre, relativt håndterbare, og oversiktlig pakking i gjennomsiktige bokser gjør at de kan studeres uten for mye håndtering. Disse vil være best egnet for fremtidige analyser.

4.4 Oppsummering av behandling

Behandling av beingjenstander bestod mest av noe uttak av preparat, utgravning i laboratoriet og mekanisk rensing, samt begrenset liming/rekonstruksjon. Ellers preventive tiltak med noe kontroll av klima, og beskyttende pakking. Behandling av vått treverk har inkludert en lengre, aktiv konserveringsprosess der fragment og stokker som man tror har utgjort en del av en fiskefelle, har blitt

impregnert med PEG og tørket ved hjelp av frysetørking. Noen av stukkene var for lange for frysetørkeren og vil gjennomgå sakte tørking i fryserom. En alternativ metode som innebærer impregnering med melaninplast har også blitt vurdert og testet, og noen gjenstander vil bli behandlet med denne metoden.

5 Kunnskapspotensiale/framtidig forskning

Sømme III-materialet utgjør en unik og stor samling organisk materiale som gevir, bein, tenner, tre, bek og skjell fra steinalder og bronsealder. Slikt bevart organisk materiale har stort informasjonspotensiale og den videre analysen av og forskningen på dette vil sannsynlig frambringe mye ny kunnskap om eldre steinalder i Norge, samt om bevarings- og konserveringsproblematikk. De spesielle bevaringsforholdene og de mange materialene med varierende tilstandsgrad er et godt utgangspunkt for ulike studier for å forstå bevarings- og nedbrytningsprosesser, viktig for forbedring av konserverings- og forvaltningsmetodikk. En undersøkelse på bein- og DNA-bevaring er allerede i gang.

OVERSIKT OVER MATERIALER OG METODER BRUKT

Tiltak	Metode	Materiale/instrument	Handelsnavn	Beskriving
Rekonstruksjon (liming), bein		30 % Etylmetylakrylat i etanol/acetone	Paraloid B72	
Stabilisering, skjell	Konsolidering	Akrylbasert dispersjon	Primal WS24	Påført med pensel
Stabilisering, tre	Konsolidering	Polyetylenglykol	PEG 2000	I vannbad med økende konsentrasjon
		Melaminplast	Kauramin	I bad
Stabilisering, bein	Klimakontroll	Tett boks med fuktkontroll	Prosorb	Relativ fuktnivå 50%
Pakking	Esker, med skumstøtte	Syrefri papp og silkepapir	Klug bakpapp	
		Polystyren	Ultraplast systemkassetter	
		Polyetylen skumplater	Plastazote	
Mikroskopi		Pålysmikroskopi	Leica MS5/ Olympus Wild Heerbrugg	
		Gjennomlysmikroskopi (histologi)	Zeiss Axio Imager A1	
		Elektronmikroskop (SEM)	Zeiss Supra 35VP	
Røntgen		Fosforplater	IPC2 (GE tech)	I kassett, uten blyfilter, 100 mikron
		Digital scanner	CRx tower (GE tech)	Sakte scan, M2
		Røntgenrøyr	Eresco	Opptaksinnstilling rapportert i fotodatabasen.
Kjemisk analyse	Instrumentanalyse	Energidispersiv røntgenspektroskopi	Zeiss Supra 35VP	
		Infrarød spektrometri (FTIR)	Perkin-Elmer Spectrum One	Håndpresset pellet: Ca 1-2 mg beinpulver + ca 40-60 mg KBr Scans: 32. Resolution: 8 cm ⁻¹

REFERANSER

- ANDREW, K. J. 1996. A summary of the care and preventive conservation of sub-fossil bone for the non-specialist. *The biology curator*, 5, 24-28.
- BELL, L. S. 2012. Histotaphonomy. In: CROWDER, C. & STOUT, S. (eds.) *Bone histology. An anthropological perspective*. Boca Raton: CRC press.
- BENNIKE, O., WAGNER, B. & RICHTER, A. 2011. Relative sea level changes during the Holocene in the Sisimiut area, south-western Greenland. *Journal of Quaternary Science*, 26, 353-361.
- BOTFELDT, K. 2014. *Konservering af knogler, tak og tænder*, Det kongelige danske Kunstakademi; Konservatorskolen.
- BOTFELDT, K. & RICHTER, J. 1998. A new approach to bone conservation: physically balanced dehydration. In: BORCHERSEN, K. (ed.) *The Jubilee Symposium. Det Kongelige Danske Kunstakademi*. København: Konservatorskolen Det Kongelige Danske Kunstakademi.
- BOWRON, E. L. 2003. A new approach to the storage of human skeletal remains. *The Conservator*, 27, 95-106.
- CAFFELL, A., ROBERTS, C. A., JANAWAY, R. C. & WILSON, A. S. 2001. Pressures on osteological collections: The importance of damage limitation. In: WILLIAMS, E. (ed.) *Human remains: conservation, retrieval and analysis: Proceedings of a conference held in Williamsburg, VA, Nov 7-11th 1999*. Oxford: Archaeopress.
- CAMPBELL, G. 2008. Beyond means to meaning: using distribution of shell shapes to reconstruct past collecting strategies. *Environmental archaeology - Journal of human palaeoecology*, 13, 111-121.
- CESAR, T., DANEVČIČ, T., KAVKLER, K. & STOPAR, D. 2017. Melamine polymerization in organic solutions and waterlogged archaeological wood studied by FTIR spectroscopy. *Journal of Cultural Heritage*, 23, 106-110.
- CHRISTENSEN, J. T., CEDHAGEN, T. & HYLLEBERG, J. 2004. Late-Holocene salinity changes in Limfjorden, Denmark. *Sarsia -- North Atlantic Marine Science*, 89, 379-387.
- COLONESE, A. C., ZANCHETTA, G., FALLICK, A. E., MANGANELLI, G., LO CASCIO, P., HAUSMANN, N., BANESCHI, I. & REGATTIERI, E. 2014. Oxygen and carbon isotopic composition of modern terrestrial gastropod shells from Lipari Island, Aeolian Archipelago (Sicily). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 394, 119-127.
- COOPER, A. & POINAR, H. N. 2000. Ancient DNA: Do It Right or Not at All. *Science*, 289, 1139.
- CRONYN, J. M. 1990. *The Elements of Archaeological Conservation*, London, Routledge.
- DERRICK, M. R., STULIK, D. & LANDRY, J. M. 1999. *Infrared spectroscopy in conservation science*, J. Paul Getty Trust.
- EERKENS, J. W., BYRD, B. F., SPERO, H. J. & FRITSCHI, A. K. 2013. Stable isotope reconstructions of shellfish harvesting seasonality in an estuarine environment: implications for Late Holocene San Francisco Bay settlement patterns. *Journal of Archaeological Science*, 40, 2014-2024.
- EKLUND, J. A. & THOMAS, M. G. 2010. Assessing the effects of conservation treatments on short sequences of DNA in vitro. *Journal of Archaeological Science*, 37, 2831-2841.
- FIX, P. D. 2015. *Archaeological watercraft: a review and critical analysis of the practice*. PhD Doctoral dissertation, Texas A & M University.

- FORS, Y. 2008. *Sulfur-related conservation concerns for marine archaeological wood. The origin, speciation and distribution of accumulated sulfur with some remedies for the Vasa*. PhD, Stockholm University.
- FORS, Y. & RICHARDS, V. 2010. The Effects of the Ammonia Neutralizing Treatment on Marine Archaeological Vasa Wood. *Studies in Conservation*, 55, 41-54.
- GILBERT, M. T. P., HANSEN, A. J., WILLERSLEV, E., TURNER-WALKER, G. & COLLINS, M. 2006. Insights into the processes behind the contamination of degraded human teeth and bone samples with exogenous sources of DNA. *International Journal of Osteoarchaeology*, 16, 156-164.
- GOLDIN, A. 1987. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 18, 1111-1116.
- GRATTAN, D. W. 1987. 3 - Waterlogged wood. In: PEARSON, C. (ed.) *Conservation of Marine Archaeological Objects*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- GREGORY, D., JENSEN, P. & STRÆTKVERN, K. 2012. Conservation and in situ preservation of wooden shipwrecks from marine environments. *Journal of Cultural Heritage*, 13, S139-S148.
- HANSMANN, C., DEKA, M., WIMMER, R. & GINDL, W. 2005. Artificial weathering of wood surfaces modified by melamine formaldehyde resins. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64, 198.
- HEDGES, R. E. M. Archaeological bone, antler and ivory. In: WATKINSON, K. S. A. D., ed. *Occasional Papers*, 1987. UKIC, 22-23.
- HEDGES, R. E. M. 2002. Bone diagenesis: an overview of processes. *Archaeometry*, 44, 319-328.
- HEIRI, O., LOTTER, A. & LEMCKE, G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25, 101-110.
- HOCKER, E., ALMKVIST, G. & SAHLSTEDT, M. 2012. The Vasa experience with polyethylene glycol: A conservator's perspective. *Journal of Cultural Heritage*, 13, S175-S182.
- HOFFMAN, P. 2009. On the efficiency of stabilisation methods for large waterlogged wooden objects, and on how to choose a method. In: STRÆTKVER, K. & HUISMAN, H. (eds.) *Proceedings of the 10th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference, Amsterdam, 2007*. Amersfoort: Rijksdienst voor Archeologie, Cultuurlandschap en Monumenten.
- HOFFMANN, P. 1986. On the Stabilization of Waterlogged Oakwood with PEG. II. Designing a Two-Step Treatment for Multi-Quality Timbers. *Studies in Conservation*, 31, 103-113.
- HOLLUND, H. I., DOHERTY, M., TEASDALE, M. D. & VAN DER SLUIS, L. 2019. Bone diagenesis and the microbiome: Metagenomic and histotaphonomic investigation of archaeological bone and the effects of in- and ex situ environment. *The 13th Nordic Conference on the application of Scientific Methods in Archaeology*. Stavanger, Norway
- HOLLUND, H. I., JANS, M. M. E., COLLINS, M. J., KARS, H., JOOSTEN, I. & KARS, S. M. 2012. What happened here? Bone histology as a tool in decoding the postmortem histories of archaeological bone from Castricum, The Netherlands. *International Journal of Osteoarchaeology*, 22, 537-548.
- HOWARD, P. J. A. & HOWARD, D. M. 1990. Use of organic carbon and loss-on-ignition to estimate soil organic matter in different soil types and horizons. *Biology and Fertility of Soils*, 9, 306-310.
- HOWIE, F. 1978. STORAGE ENVIRONMENT AND THE CONSERVATION OF GEOLOGICAL MATERIAL. *The Conservator*, 2, 13-19.
- KOCABAŞ, U. 2015. The Yenikapı Byzantine-Era Shipwrecks, Istanbul, Turkey: a preliminary report and inventory of the 27 wrecks studied by Istanbul University. *International Journal of Nautical Archaeology*, 44, 5-38.
- KOOB, S. P. 1984. The consolidation of archaeological bone. *Studies in Conservation*, 29, 98-102.
- MALMSTRÖM, H., STORÅ, J., DALÉN, L., HOLMLUND, G. & GÖTHERSTRÖM, A. 2005. Extensive human DNA contamination in extracts from ancient dog bones and teeth. *Molecular Biology and Evolution*, 22, 2040-2047.
- MELCHIOR, L., KIVISILD, T., LYNNERUP, N. & DISSING, J. 2008. Evidence of Authentic DNA from Danish Viking Age Skeletons Untouched by Humans for 1,000 Years. *PLoS ONE*, 3, e2214.

- NICHOLSON, G. J., TOMIUK, J., CZARNETZKI, A., BACHMANN, L., PUSCH, C. M. 2002. Detection of bone glue treatment as a major source of contamination in ancient DNA analyses. *American Journal of Physical Anthropology*, 118, 117-120.
- NICHOLSON, R. A. 1998. Bone degradation in a compost heap. *Journal of Archaeological Science*, 25, 393-403.
- NIELSEN-MARSH, C. M., SMITH, C. I., JANS, M. M. E., NORD, A., KARS, H. & COLLINS, M. J. 2007. Bone diagenesis in the European Holocene II: taphonomic and environmental considerations. *Journal of Archaeological Science*, 34, 1523-1531.
- PFRETZSCHNER, H. U. 2001. Pyrite in fossil bone. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, 220, 1-23.
- PHILIPS, A., STOLAREK, I., KUCZKOWSKA, B., JURAS, A., HANDSCHUH, L., PIONTEK, J., KOZŁOWSKI, P. & FIGLEROWICZ, M. 2017. Comprehensive analysis of microorganisms accompanying human archaeological remains. *Gigascience*.
- PITRE, M. C., MAYNE CORREIA, P., MANKOWSKI, P. J., KLASSEN, J., DAY, M. J., LOVELL, N. C. & CURRAH, R. 2013. Biofilm growth in human skeletal material from ancient Mesopotamia. *Journal of Archaeological Science*, 40, 24-29.
- PRUVOST, M., SCHWARZ, R., CORREIA, V. B., CHAMPLOT, S., BRAGUIER, S., MOREL, N., FERNANDEZ-JALVO, Y., GRANGE, T. & GEIGL, E.-M. 2007. Freshly excavated fossil bones are best for amplification of ancient DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 739-744.
- RAPP, A. O. & PEEK, R.-D. 1996. Melamine resins as preservatives results of biological testing. *Papers prepared for the 27th Annual Meeting Guadalupe, France 19-24 May 1996*. Stockholm, Sweden: International Research Group on Wood Preservation.
- RÉMAZEILLES, C., TRAN, K., GUILMINOT, E., CONFORTO, E. & REFAIT, P. 2013. Study of Fe(II) sulphides in waterlogged archaeological wood. *Studies in Conservation*, 58, 297-307.
- RUSSO, M. 1991. A method for the measurement of season and duration of oyster collection: Two case studies from the prehistoric south-east U.S. coast. *Journal of Archaeological Science*, 18, 205-221.
- SANDSTRÖM, M., JALILEHVAND, F., PERSSON, I., GELIUS, U., FRANK, P. & HALL-ROTH, I. 2002. Deterioration of the seventeenth-century warship Vasa by internal formation of sulphuric acid. *Nature*, 415, 893.
- SARKISSIAN, C., ERMINI, L., JÓNSSON, H., ALEKSEEV, A. N., CRUBEZY, E., SHAPIRO, B. & ORLANDO, L. 2014. Shotgun microbial profiling of fossil remains. *Molecular Ecology*, 23, 1780-1798.
- SCHULTING, R. 2010. Holocene environmental change and the Mesolithic-Neolithic transition in north-west Europe: revisiting two models. *Environmental Archaeology*, 15, 160-172.
- SMITH, C. I., CHAMBERLAIN, A. T., RILEY, M. S., STRINGER, C. & COLLINS, M. J. 2003. The thermal history of human fossils and the likelihood of successful DNA amplification. *Journal of Human Evolution*, 45, 203-217.
- SPARRENBOM, C. J., BENNIKE, O., BJÖRCK, S. & LAMBECK, K. 2006. Relative sea-level changes since 15 000 cal. yr BP in the Nanortalik area, southern Greenland. *Journal of Quaternary Science*, 21, 29-48.
- STORCH, P. S. 1997. Conservation of archaeological shell objects. *Conservation Notes*, 22.
- TENNENT, N. H. & BAIRD, T. 1985. The Deterioration of Mollusca Collections: Identification of Shell Efflorescence. *Studies in Conservation*, 30, 73-85.
- TRUEMAN, C. N., PRIVAT, K. & FIELD, J. 2008. Why do crystallinity values fail to predict the extent of diagenetic alteration of bone mineral? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 266, 160-167.
- TURNER-WALKER, G. 1998a. The West Runton fossil elephant: a pre-conservation evaluation of its condition, chemistry and burial environment. *The Conservator*, 22, 26-30.
- TURNER-WALKER, G. 1998b. The West Runton fossil elephant: A pre-conservation evaluation of its condition, chemistry and burial environment. *The Conservator*, 22, 26-35.

- TURNER-WALKER, G. 1999. Pyrite and bone diagenesis in terrestrial sediments: Evidence from the West Runton freshwater bed. *Bulletin of the Geological Society of Norfolk*, 3-26.
- TURNER-WALKER, G. 2007. Degredation pathways and conservation strategies for ancient bone from wet anoxic sites. In: STRÅTKVERN, K. & HUSIMAN, D. J. (eds.) *The 10th ICOM-CC group on wet organic archaeological materials*. Amsterdam: Rijksdienst voor Archeologie, Cultuurlandschap en Monumenten.
- TURNER-WALKER, G. 2008. The chemical and microbial degradation of bones and teeth. In: PINHASI, R. & MAYS, S. (eds.) *Advances in Human Paleopathology*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.
- TURNER-WALKER, G. & JANS, M. 2008. Reconstructing taphonomic histories using histological analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 266, 227-235.
- UNGER, A., SCHNIEWIND, A. P. & UNGER, W. 2001. *Conservation of wood artifacts*, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.
- VAN KLINKEN, G. J. & HEDGES, R. E. M. 1995. Experiments on collagen-humic interactions: Speed of humic uptake, and effects of diverse chemical treatments. *Journal of Archaeological Science*, 22, 263-270.
- VONHOF, H. B., WESSELINGH, F. P., KAANDORP, R. J. G., DAVIES, G. R., VAN HINTE, J. E., GUERRERO, J., RÄSÄNEN, M., ROMERO-PITTMAN, L. & RANZI, A. 2003. Paleogeography of Miocene Western Amazonia: Isotopic composition of molluscan shells constrains the influence of marine incursions. *Geological Society of America Bulletin*, 115, 983-993.
- WATT, I. M. 1997. *The principles and practice of electron microscopy*, Cambridge university press.
- WEINER, S. & BAR YOSEF, O. 1990. States of preservation of bones from prehistoric sites in the Near-East - A survey. *Journal of Archaeological Science*, 17, 187-196.
- WILKIN, R. T., BARNES, H. L. & BRANTLEY, S. L. 1996. The size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: An indicator of redox conditions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60, 3897-3912.
- WILLIAMS, S. 2001. *Destructive preservation: A review of the effect of standard preservation practices on the future use of natural history collections*. Acta Universitatis Gothoburgensis.
- WILLIAMS, S. L. 1991. Investigations of the causes of structural damage to teeth in natural history collections. *Collection Forum*, 7, 13-24.
- WITTKÖPPER, M. *Current developments in the preservation of archaeological wet wood with melamine/amino resins at teh Roemisch-Germanisches Zentralmuseum* [Online]. Available: <http://www2.rgzm.de/navis/Conservation/ConservationUK.htm> [Accessed 2017].
- WRIGHT, L. E. & SCHWARCZ, H. P. 1996. Infrared and isotopic evidence for diagenesis of bone apatite at Dos Pilas, Guatemala: Palaeodietary implications. *Journal of Archaeological Science*, 23, 933-944.

Vedlegg 1: Foto- og figurliste konserveringsbilder Sømme III

SF-nr.:	S-nr.:	Dato:	Fotograf	Fig.nr. i rapport	Motiv
SF199770	S13262.1	17.06.14	HH	1	Gjenstand av bein og bek (S13262.1), som den ble levert til konservering, før behandling.
71	S13262.1	18.06.14	HH	1	Gjenstand av bein og bek (S13262.1), som den ble levert til konservering, før behandling.
72	S13262.1	18.06.14	HH	2	Gjenstand av bein og bek (S13262.1), før konservering. Detalj, innlegg med haker festa med bek.
73	S13262.1	18.06.14	HH	2	Gjenstand av bein og bek (S13262.1), før konservering. Detalj, innlegg med haker festa med bek.
74	S13262.1	15.10.15	HH	3	Gjenstand av bein og bek (S13262.1) etter behandling/tørking.
75	S13262.1	15.10.15	HH	3	Gjenstand av bein og bek (S13262.1) etter behandling/tørking.
76	S13265.1	06.03.15	RW	4	Prosjektil eller nål (S13265.1), bein, etter rensing og liming av tre fragmenter.
77	S13265.1	06.03.15	RW	4	Prosjektil eller nål (S13265.1), bein, detalj.
78	S13365.72	06.03.15	RW	5	Fragment av en antatt flinteggpil (S13365.72), bein, før konservering.
79	S13365.72	06.03.15	RW	5	Fragment av en antatt flinteggpil (S13365.72), bein, etter konservering/liming.

SF-nr.:	S-nr.:	Dato:	Fotograf	Fig.nr. i rapport	Motiv
80	S13265.75	06.03.15	RW	6	Harpunfragment, bein, (S13265.75), før konservering.
81	S13265.75	06.03.15	RW	6	Harpunfragment, bein (S13265.75), etter konservering/liming
82	S13263	15.06.15	RW	7	Hoftebeinsfragment, menneske (S13263), som det ble levert inn til konservering, i preparat.
83	S13263	25.02.20	HH	7	Hoftebeinsfragment, menneske (S13263), under konservering.
84	S13262.89	24.07.14	HH	8	Ryggvirvel, knølhval (S13262.89), før konservering.
85	S13262.89	24.07.14	HH	8	Ryggvirvel, knølhval (S13262.89), før konservering.
86	S13262.89	12.06.15	RW	8	Ryggvirvel, knølhval (S13262.89), under konservering.
SF199787	S13262.89	17.07.15	RW	8	Ryggvirvel, knølhval (S13262.89), under konservering.
88	S13262.89	22.07.15	RW	9	Ryggvirvel, knølhval (S13262.89), etter konservering.
89	S13262.89	22.07.15	RW	9	Ryggvirvel, knølhval (S13262.89), etter konservering.
90	S13262.90	11.07.14	HH	10	Ribbein, hval (S13262.90), under konservering.

SF-nr.:	S-nr.:	Dato:	Fotograf	Fig.nr. i rapport	Motiv
91	S13262.90	11.07.14	HH	11	Ribbein, hval (S13262.90), under konservering.
92	S13262.90	11.07.14	HH	11	Ribbein, hval (S13262.90), under konservering.
93	S13262.90	15.07.14	HH	12	Ribbein, hval (S13262.90), under konservering.
94	S13262.90	12.08.14	HH	12	Ribbein, hval (S13262.90), etter konservering.
95	S13262.88	09.09.14	HH	13	Bjørnekjeve, bein og tenner (S13262.88), i preparat, før konservering.
96	S13262.88	17.06.15	RW	13	Bjørnekjeve, bein og tenner (S13262.88), etter konservering.
97		29.07.14	HH	14	Feltarbeid, eksperimentering 'steril' utgraving av bein (lok 9, lag 149), for å teste effekt på DNA-forurensning.
98	S13265.86	09.10.14	HH	14	Rørknokler, hjort, brukt i lagringseksperiment, lok7 B, lag 708 (S13265.86).
99	S13264.1	16.10.14	HH	15	Tregjenstand, S13264.1, før konservering. Gjenstanden ble støttet av et stykke av den underliggende torven under transport.
SF199800	S13264.1	16.10.14	HH	15	Tregjenstand, S13264.1, før konservering, detailj. Det lysegrå materialet er

SF-nr.:	S-nr.:	Dato:	Fotograf	Fig.nr. i rapport	Motiv
					pyrittkorn i torva direkte på overflata av tregjenstanden.
01	S13264.1	23.03.15	RW	16	Tregjenstand, S13264.1, under behandling (etter rensing).
02	S13264.1	23.03.15	RW	16	Tregjenstand, S13264.1, under behandling (etter rensing).
05	S13264.1	11.05.17	CO	17	Laseskanning av tregjenstanden S13264.1 ved IMBM, UiS.
04	S13264.1	11.05.17	CO	17	Laseskanning av tregjenstanden S13264.1 ved IMBM, UiS.
05	S13264.1	04.07.17		17	Digital 3D-modell av tregjenstanden S13264.1, laga av Aboma Wagari Gebisa ved IMBM, UiS.
SF199806	S13366.1	17.12.15	RW	19	Eksempler på skalkmateriale fra mulig fiskefelle (S13366.1), med bark bevart på overflaten og et linseformet snitt (fragment nr 11B (B)). og et tydelig bearbeidet stykke med en spiss ende (fragment nr 6).
07	S13366.1	17.12.15	RW	19	Eksempler på skalkmateriale fra mulig fiskefelle (S13366.1), med bark bevart på overflaten og et linseformet snitt (fragment nr 11B (B)).

SF-nr.:	S-nr.:	Dato:	Fotograf	Fig.nr. i rapport	Motiv
08	S13366.1	28.01.15	RW	19	Eksempler på skalkmateriale fra mulig fiskefelle (S13366.1), med bark bevart på overflaten og et linseformet snitt og spiss ende (fragment nr 6A).
09	S13366.1	15.12.15	RW	20	Eksempel på tre-kjepp fra mulig fiskefelle (S13366.1) (fragment 14(A)A).
10	S13366.1	15.12.15	RW	20	Eksempel på tre-kjepp fra mulig fiskefelle (S13366.1) (fragment 14(A)A).
11	S13366.1	20.02.15	RW	21	Eksempel på trevirke som utgjorde del av mulig fiskefelle (S13366.1) (fragment nr 7).
12	S13366.1	28.01.15	RW	21	Eksempel på trevirke som utgjorde del av mulig fiskefelle (S13366.1) (fragment nr 8).
13	S13366.1	20.02.15	RW	22	Eksempel på trevirke fra mulig fiskefelle (S13366.1) med sannsynlige verktøyspor (fragment nr. 7).
14	S13366.1	19.02.15	RW	22	Eksempel på trevirke fra mulig fiskefelle (S13366.1) med sannsynlige verktøyspor (fragment nr. 14B).
15	S13366.1	19.02.15	RW	23	Eksempel på mindre fragment av tre og bark som lå under det større kjeppene/fragmentene, fotografert som de ble

SF-nr.:	S-nr.:	Dato:	Fotograf	Fig.nr. i rapport	Motiv
					funnet, her under kjeppes-fragment (14B).
16	S13366.1	19.02.15	RW	23	Eksempel på mindre fragment av tre og bark som lå under det større kjeppene/fragmentene, fotografert som de ble funnet.
17	S13264.2	09.03.15	RW	24	Bearbeida tre-fragment, S13264.2, før konservering.
SF199818	S13615.4	10.03.15	RW	24	Bearbeida tre-fragment S13615.4, før konservering.
19	S13262.79	01.07.14	HH	24	Bearbeida tre-fragment S13262.79, før konservering.
20	S13264.7	05.11.15	HH	25	Skjell, østers (S13264.7) på steinhelle, under utgraving i konserveringslaboratoriet.
21	S13264.7	05.11.15	HH	25	Skjell, østers (S13264.7) på steinhelle, under utgraving i konserveringslaboratoriet.
22	S13264.7	05.11.15	HH	26	Skjell, østers (S13264.7) i torvklump, under utgraving i konserveringslaboratoriet.
23	S13264.7	05.11.15	HH	26	Skjell, østers (S13264.7) i torvklump, under utgraving i konserveringslaboratoriet.
24	S13264.7	05.11.15	HH	26	Skjell, østers (S13264.7) i torvklump, under utgraving i konserveringslaboratoriet.
25	S13264.7	05.11.15	HH	26	Skjell, østers (S13264.7) i torvklump, under utgraving i konserveringslaboratoriet.

SF-nr.:	S-nr.:	Dato:	Fotograf	Fig.nr. i rapport	Motiv
26	S13264.7	05.11.15	HH	26	Skjell, østers (S13264.7) i torvklump, under utgraving i konserveringslaboratoriet.
27	S13264.7	05.11.15	HH	26	Skjell, østers (S13264.7) i torvklump, under utgraving i konserveringslaboratoriet.
28	S13264.7	23.06.15	HH	27	Skjell, østers (S13264.7). De største fragmentene, etter konservering.
29	S13264.7	23.06.15	HH	27	Skjell, østers (S13264.7). De største fragmentene, etter konservering.
30	S13264.7	16.10.15	HH	28	Mikrofauna funnet blant østers og andre skjell (S13264.7), muligens insektrester.
31	S13264.7	16.10.15	HH	28	Mikroskopiske skjell funnet blant østersene (S13264.7), skjell. Samt mikroskopiske beinbiter.
32	S13262.90	29.09.14	HH	29	Elektronmikroskopbilder av prøver fra overflate ribbeinfragment, hval (S13262.90). Bildene viser at dette er nedbrutt plantemateriale, fra torva fragmentet ble funnet i.
SF199833	S13262.91	29.09.14	HH	29	Elektronmikroskopbilder av prøver fra overflate beinfragment, ulv/rev/hund (S13262.91). Bildene viser at dette er nedbrutt plantemateriale, fra torva fragmentet ble funnet i.
34	S13262.91	29.09.14	HH	29	Elektronmikroskopbilder av prøver fra overflate

SF-nr.:	S-nr.:	Dato:	Fotograf	Fig.nr. i rapport	Motiv
					beinfragment, ulv/rev/hund (S13262.91). Bildene viser at dette er nedbrutt plantemateriale, fra torva fragmentet ble funnet i (hassel eller bjørk).
35	S13262.91	29.09.14	HH	29	Elektronmikroskopbilder av prøver fra overflate beinfragment, ulv/rev/hund (S13262.91). Bildene viser at dette er nedbrutt plantemateriale, fra torva fragmentet ble funnet i (hassel eller bjørk).
36	S13264.1	26.11.14	HH	30	Elektronmikroskopbilder av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1.
37	S13264.1	26.11.14	HH	30	Elektronmikroskopbilder av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1.
38	S13264.1	26.11.14	HH	30	Elektronmikroskopbilder av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1.
39	S13264.1	26.11.14	HH	30	Elektronmikroskopbilder av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1.
40	S13264.1	26.11.14	HH	30	Elektronmikroskopbilder av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1.

SF-nr.:	S-nr.:	Dato:	Fotograf	Fig.nr. i rapport	Motiv
41	S13264.1	16.10.14	HH	30	Lysmikroskopbilde av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1.
42	S13264.1	26.11.14	HH	31	Lysmikroskopbilde av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1, etter oksideringseksperiment.
SF199843	S13264.1	26.11.14	HH	31	Elektronmikroskopbilder av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1, etter oksideringseksperiment.
44	S13264.1	26.11.14	HH	31	Elektronmikroskopbilder av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1, etter oksideringseksperiment.
45	S13264.1	26.11.14	HH	31	Elektronmikroskopbilder av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1, etter oksideringseksperiment.
46	S13264.1	26.11.14	HH	31	Elektronmikroskopbilder av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1, etter oksideringseksperiment.
47	S13264.1	26.11.14	HH	31	Elektronmikroskopbilder av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1, etter oksideringseksperiment.
48	S13264.1	26.11.14	HH	31	Elektronmikroskopbilder av pyritt funnet i torva på overflaten av tregjenstand, S13264.1, etter oksideringseksperiment.

ZOOARCHAEOLOGY BY MASS SPECTROMETRY (ZOOMS) REPORT

HEGE HOLLUND: SØMME III BONE SAMPLES

Report Number: HH052015.01
Author(s): M. Collins & K. McGrath
Date: 22/05/15
Principal Worker(s): K. McGrath

BioArCh

Department of Archaeology

Biology S-Block

Wentworth Way

Heslington

York

YO10 5DD

SUMMARY

1. Hege Hollund provided 4 bone specimens with 3 sub-samples each (labelled A, B and C) for ZooMS analysis.
2. The 3 sub-samples for each individual specimen were combined together into one larger sample (with the exception of sample 12992 which had a sufficient amount of material in sub-sample C), then demineralised, extracted, and trypsinated, prior to MALDI-MS being performed.
3. Two samples were identified as Humpback whale, one was identified as Fin/Humpback/Gray whale, and the final was identified as Dog/Wolf/Arctic fox.
4. All sample material was destroyed during the analysis, so no material is to be returned to the original sender.

CONTENTS

Summary	1
Introduction.....	3
Materials & Method	5
Results.....	6
Bibliography & Further Reading.....	7
Figures.....	8
Disclaimer	9

INTRODUCTION

Collagen

Collagen is the main protein of connective tissue in animals and the most abundant protein in mammals, making up about 25% of the whole-body protein content. Its fundamental structural unit is a long (300-nm), thin (1.5-nm-diameter) protein that consists of three coiled subunits: two $\alpha 1$ chains and one $\alpha 2$ chain. Each chain contains precisely 1050 amino acids, wound around one another in a characteristic right-handed triple helix to form tropocollagen subunits that are in turn bound in super-helices with each other to form the collagen molecule.

There are, so far, 28 collagen types, with types 1-4 being the most predominant as follows;

Type 1: the most common collagen (bone and teeth is almost exclusively Type I). It is also found in tendons, skin, artery walls and fibrocartilage with other collagen types.

Type 2: cartilage, vitreous humour of the eye.

Type 3: reticular fibres, artery walls, skin, intestines and the uterus.

Type 4: Basal lamina, eye lens, kidney.

Like many proteins the amino acid sequence of collagen is unique to every species, although the uniqueness may only be represented by a single amino acid substitution in the whole protein molecule.

Zooarchaeology by Mass Spectrometry (ZooMS)

ZooMS is a cheap, fast method of analysis that allows us to identify species from skeletal remains through MALDI-TOF-MS and the subsequent analysis of collagen-peptides.

The specific preparation and processing method used is described in the 'Materials and Method' section on page 5.

ZooMS Specific to Whales

As with deer, the collagen sequences for whales are very similar and there are few peptide differences to enable us to determine the individual species of samples. Of the whale species that we currently have the collagen sequences for, we can identify Narwhal, Sperm whale, Minke whale, Gray whale, Blue whale, Humpback whale and Right whale.

The table below provides details of the specific peptide differences between different whale species. A green background indicates a peptide that can be used to distinguish one species of whale from other whale species. A yellow background indicates that the marker is present in at least one other marine species, but not in other whales that we have the sequences for.

Species	Peptides							
Pilot *	1063	1205	1453	1566	1638	2119	2883	3023
Orca	1079	1205	1453	1566	1652	2119	2883	3023
Narwhal	1079	1205	1443	1550	1652	2089	2883	3051
Beluga	1079	1205	1443	1550	1652	2121	2883	3051
Sperm	1079	1205	1453	1550	1652	2133	2883	3039
Minke	1079	1205	1441	1577	1652	2135	2883	3023
Fin	1079	1205	1453	1566	1652	2135	2883	3023
Humpback	1079	1205	1453	1566	1652	2135	2869	3023
Gray	1079	1205	1453	1566	1652	2135	2899	3023
Right	1079	1205	1453	1577	1682	2135	2883	3023
Sei**	1079	1205	1441	1550	1652	2135	-	-
Blue**	1079	1205	1453	1550	1652	2105	-	-

* All of our markers for Pilot whale are the same as those for Risso's dolphin.

** We are currently lacking high molecular weight comparative markers, denoted by '-', for Sei and Blue whale.

MATERIALS & METHOD

Materials

- Hydrochloric acid
- Ammonium bicarbonate
- Acetonitrile
- Sequencing grade trypsin
- Trifluoroacetic acid
- α -cyano-4-hydroxycinnamic acid (matrix)
- C18 ZipTip® pipette tips
- Calibrant
- Conditioning solution (50% CAN / 0/1% TFA)
- Washing solution (0.1% TFA)

Method

1. For each specimen, the 3 sub-samples (A, B and C) were combined into one eppendorf tube (except for sample 12992 which had a sufficient amount of bone in sub-sample C) and the weights recorded.
2. 250ul of 0.6M HCl was added to each of the samples before all were placed in the fridge at 4°C to demineralise.
3. When the samples were demineralised, they were removed from the fridge and spun down in a centrifuge. The acid was removed and 200ul of 50mM ammonium bicarbonate solution (NH₄HCO₃) pH 8.0 (AmBic) was added in order to 'rinse' the sample. The eppendorfs were then vortexed briefly before being centrifuged again for one minute. This rinsing process was repeated twice more.
4. 100ul of AmBic was then added to the samples, followed by all being incubated for one hour at 65°C. After this, 50ul of supernatant was transferred from each of the original eppendorfs to a second eppendorf, and the remainder was transferred to the third eppendorf and frozen.
5. 1ul of trypsin solution was added to each of the 'second' eppendorfs. These were then incubated overnight at 37°C.
6. Following incubation, the samples were centrifuged and 1ul of 5% TFA solution was added to each to terminate trypsin activity.
7. Peptides were then extracted from the sample solution using C18 ZipTip® pipette tips and eluted with 50ul of conditioning solution.
8. 1ul of sample was then spotted on to a Bruker ground steel target plate, following which 1ul of matrix was added on top. Each sample was spotted in triplicate and the plate was then run on the Bruker Ultraflex.

RESULTS

The table below provides the species identification results for all samples sent for analysis.

Lot Number (BioArCh)	Original Identifier (Client)	Species ID
12987-12989	2F7023 A - C	Fin/Humpback/Gray Whale
12992	2F6297C	Humpback Whale
12993-12995	1F6294 A - C	Humpback Whale
12996-12998	1F7190 A - C	Dog/Wolf/Arctic fox

Sample spectra indicating key peaks for Humpback whale and for Dog/Wolf/Arctic fox can be seen in the 'Figures' section on page 7.

BIBLIOGRAPHY & FURTHER READING

Buckley, M., Collins, M., Thomas-Oates, J. & Wilson, J. (2009) 'Species identification by analysis of bone collagen using matrix-assisted laser desorption/ionisation time-of-flight mass spectrometry', *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 23, 3843 – 3854.

Buckley, M., Fraser, S., Herman, J., Melton, N.D., Mulville, J. & Palsdottir, A. (2014) 'Species identification of archaeological marine mammals using collagen fingerprinting', *Journal of Archaeological Science* 41, 631 – 641.

Buckley, M. & Witcher Kansa, S. (2011) 'Collagen fingerprinting of archaeological bone and teeth remains from Domuztepe, South Eastern Turkey', *Archaeological and Anthropological Sciences* 3 (3), 271 – 280.

Kirby, D.P., Buckley, M., Promise, E., Trauger, S.A. & Holdcraft, T.R. (2013) 'Identification of collagen-based materials in cultural heritage', *Analyst* 138, 4849 – 4858.

FIGURES

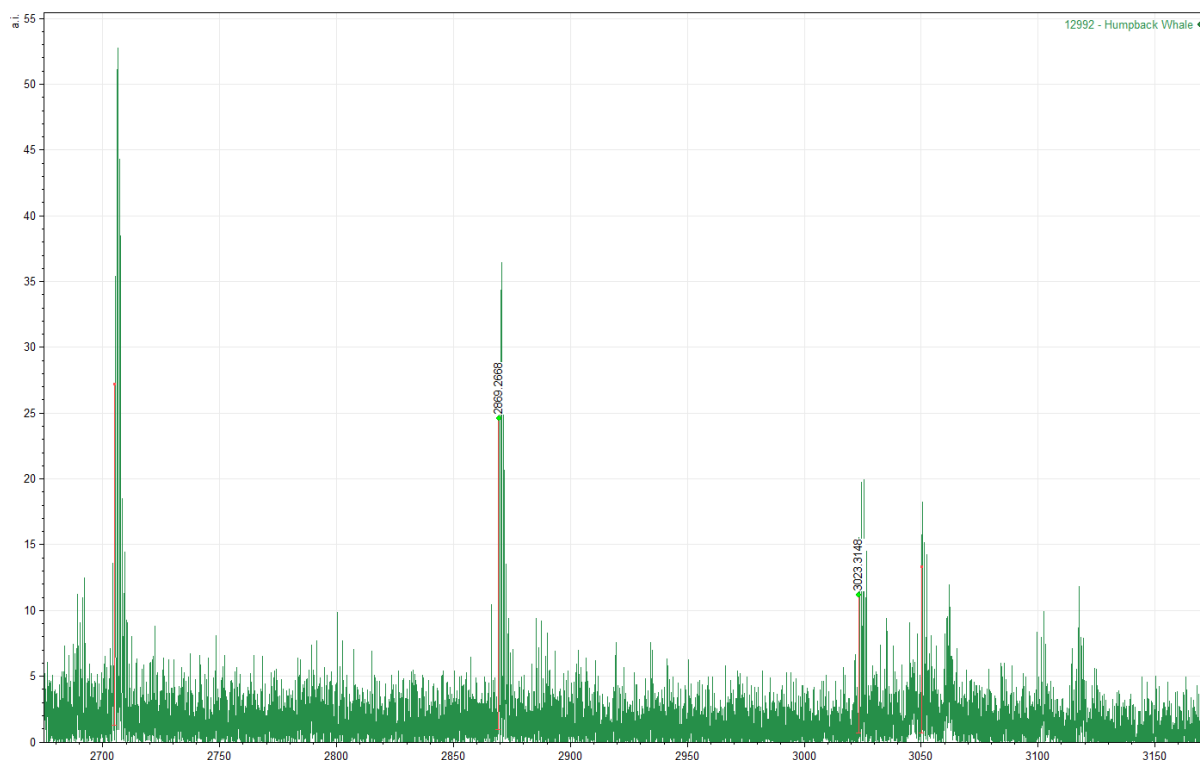


FIGURE 1: SAMPLE 12992 SHOWING PEAKS CONSISTENT WITH HUMPBACK WHALE
(KEY PEAKS = 2869 AND 3023)

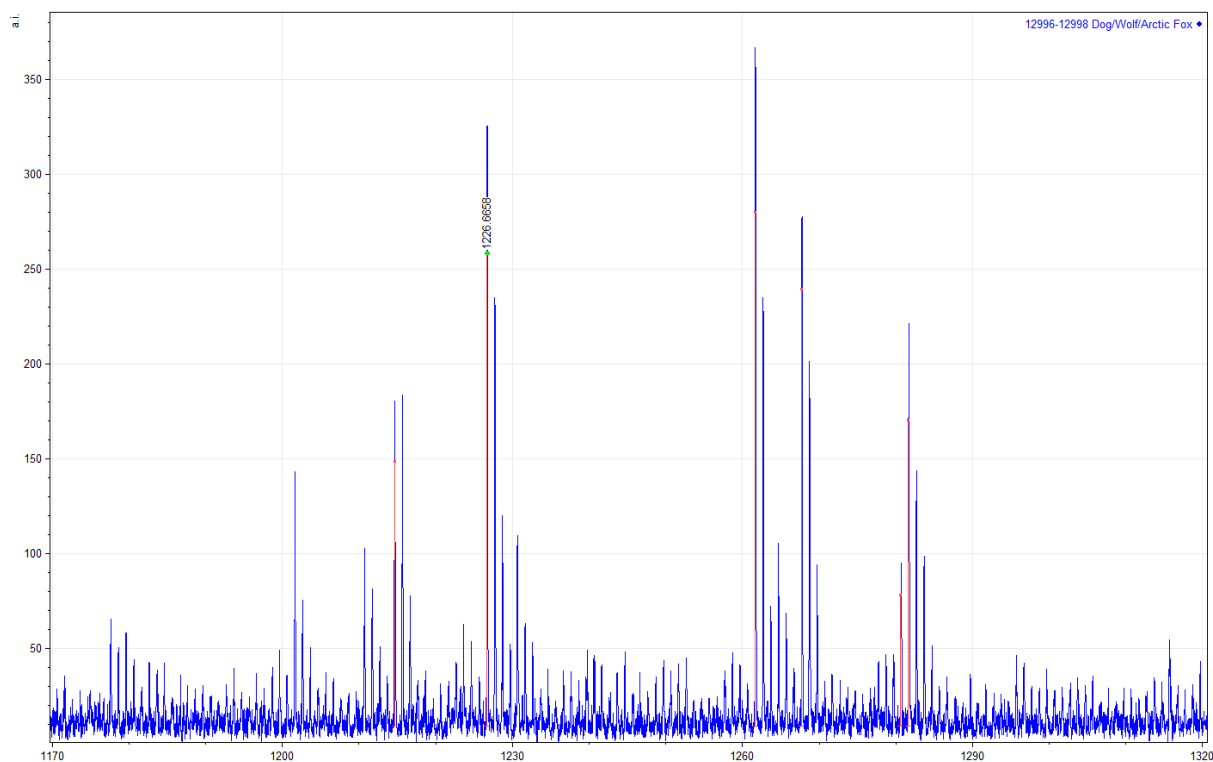


FIGURE 2: SAMPLE 122996-12998 SHOWING PEAKS CONSISTENT WITH DOG/WOLF/ARCTIC FOX
(KEY PEAK = 1226)

DISCLAIMER

This report has been prepared on the basis of the information available at the date of writing. BioArCh does not guarantee the accuracy or reliability of the information in this publication. Readers are responsible for assessing the relevance and accuracy of the content of this publication. BioArCh will not be liable for any loss, damage, cost or expense incurred or arising by reason of any person using or relying on information in this report.

Products may be identified by proprietary or trade names to help readers identify particular types of products but this is not, and is not intended to be, an endorsement or recommendation of any product or manufacturer referred to. Other products may perform as well or better than those specifically referred to.

Extracted samples relating to this report will be stored at -20°C for six months from the date that the report is sent. After this time, all extracted samples relating to this report will be destroyed.