VRAK – MUSEUM OF WRECKS
ARKEOLOGISK RAPPORT 2024:1

OSMUNDVRAKET
ARKEOLOGISK FORSKNINGSUNDERSÖKNING

L2021:6026

DALARÖ SOCKEN
HANINGE KOMMUN
STOCKHOLMS LÄN

VRAK
MUSEUM OF WRECKS

JIM HANSSON OCH CATARINA KARLSSON

en del av STATENS **MARITIMA** OCH **TRANSPORTHISTORISKA** MUSEER

VRAK – MUSEUM OF WRECKS
ARKEOLOGISK RAPPORT 2024:1

OSMUNDVRAKET
ARKEOLOGISK FORSKNINGSUNDERSÖKNING

L2021:6026

DALARÖ SOCKEN
HANINGE KOMMUN
STOCKHOLMS LÄN

JIM HANSSON OCH CATARINA KARLSSON

VRAK
MUSEUM OF WRECKS

Vrak – Museum of Wrecks
en del av Statens maritima
och transporthistoriska museer

P.O. Box 27131
SE-102 52 Stockholm
Tel 08 519 549 00

www.vrak.se
www.smtm.se

Statens maritima och transporthistoriska museer
är miljöcertifierade enligt ISO 14001.

2024 Vrak – Museum of Wrecks
Arkeologisk rapport 2024:1

Layout: Typoform
Omslagsbild: Patrik Höglund belyser tunnor med osmundjärn.
Foto: Jim Hansson, Vrak - Museum of Wrecks/SMTM. CC-BY.
(Digitalt museum: Fo VK. V: 0085).

Upphovsrätt, där inget annat anges, enligt Publik Licens 4.0 (CC BY),
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0.
Lantmäteriets kartor omfattas inte av ovanstående licensiering.

INNEHÅLL

Sammanfattning	7
Bakgrund	9
Topografi och kulturmiljö	12
Syfte och genomförande	14
Resultat av undersökningarna	17
Fördjupning – Osmundvraket i en större kontext	54
Sammanfattning och diskussion	60
Referenser	63
Tekniska och administrativa uppgifter	65
Bilagor	66

FIGUR 1. Översiktskarta med Osmundvraket markerat med en orange ring. Karta: Alexander Rauscher.

SAMMANFATTNING

Statens maritima och transporthistoriska museer (SMTM) utförde under april 2017 en första inventering av ett vrak som påträffats av Niklas Ekström (Dykcharter.se) året innan. Lämningen ligger nordväst om Simpskallen, vid öarna Stora- och Lilla Husarn utanför Dalarö i Stockholms skärgård (fig.1 & 2).

De undersökningar av vraket och dess last som presenteras i föreliggande rapport har genomförts under perioden 2017–2021.

Genom dendrokronologisk analys har skeppet kunnat fastställas vara byggt under 1540-talet. Vraket har sannolikt renoverats eller reparerats strax efter 1553 och någon gång strax därefter har fartyget gått under (se bilaga 1).

Skeppets last består övervägande av järn, främst i form av ett större antal tunnor fyllda med så kallade osmundar. Även knippen med stångjärn finns i lasten.

Osmundjärn är en typ av smidbart järn som framställts av tackjärn från en masugn som färskats. Det färskade järnet har sedan upphuggits i mindre stycken till så kallade osmundar. Genom att fyllas på tunnor (fat) har osmundarna kunnat transporteras och exporteras enklare.

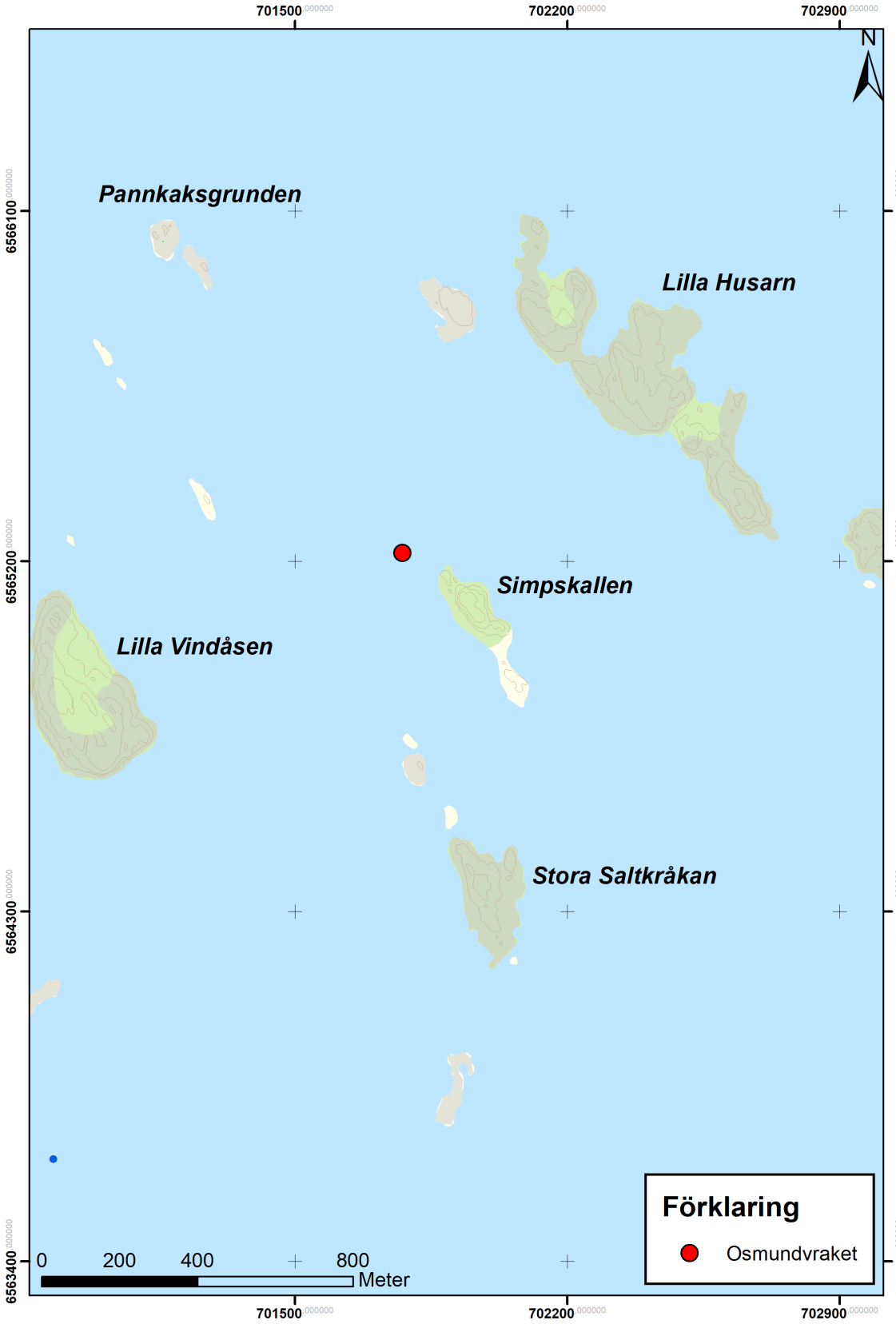
Osmundar framställdes och var betydelsefulla i den svenska järnproduktionen under hela medeltiden och fram till 1600-talet, men fynd av större mängder osmundar har hittills varit helt okända för den moderna forskningen. Lasten på det nyupptäckta vraket utgör det ojämförligt största fyndet av denna typ av järn och kastar ett helt nytt ljus över osmundarna och tidens svenska järnhantering. Vraket med sin last har därmed ett mycket stort vetenskapligt värde.

Totalt 20 fynd av osmundjärn bärgades för analys. Analysen av osmundarna visar bland annat på variationer som kan indikera att osmundarna har olika ursprung (se bilaga 2).

Analyser har även gjorts på innehåll i tunnor som ej varit lastade med järn utan i stället haft antaget organiskt innehåll. Tunnorna innehöll bland annat fettrester, medan övriga prover bland annat utgjordes av vegetabiliska och animaliska fibrer (se bilaga 3).

Vid de arkeologiska undersökningarna bärgades och konserverades totalt 19 fynd samt 66 fragment av ben. Nio fragment av rep/tross, sju tunnlock, två fragment av läder och textil samt en laggstav (bilaga 5). De 66 fragmenten av ben togs till vara i sållet och det kunde konstateras tillhöra torsk, gädda och sill/strömming (bilaga 4).

Undersökningarna har bekostats av SMTM, Jernkontoret, Prytziska fonden, Sankt Örjans Gille och Allan Wetterholms stiftelse.



FIGUR 2. Översiktskarta med vraket markerat med en röd prick. Utsnitt ur GSD Terrängkartan, Lantmäteriet, licensierad CC0, bearbetat av Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM.

BAKGRUND

Under våren 2017 genomförde SMTM en dykexpedition som först och främst handlade om att ta fram material till det planerade museet ”Östersjöns skatter” (nuvarande Vrak – Museum of Wrecks). I samband med att dessa dykningar genomfördes fick myndigheten uppgifter om ett oregistrerat vrak. Vraket hade hittats via ekolod 2016 av Niklas Ekström (Dykcharter.se) och hade bekräftats genom dykningar.

Att vrakplatsen kom att besiktigas var egentligen en plan ”B”, då marinarkeologerna på SMTM hade planerat att i första hand dokumentera ett annat vrak i närområdet. Den 4 april 2017 var vinden för hård för de planerade dykningarna, så i stället genomförde SMTM en första dykbesiktning av det nyfunna vraket.

Nere på botten framträdde ett stort och kraftigt eroderat äldre vrak. Ålderdomliga konstruktionsdetaljer indikerade att denna fartygslämning var mycket gammal. Det noterades också föremål och vad som skulle kunna vara en smidd järnkanon. Ganska snabbt noterades även att det i lasten fanns ett stort antal tunnor där de flesta visade sig innehålla rostiga järnklumpar. Dessa misstänktes vara så kallade ”osmundar”, järnämnen som ofta förknippas med medeltida järnhantering och export.

De undersökningar som presenteras i föreliggande rapport har genomförts under perioden 2017–2021.

Forskningsprojekt

Fyndet har mycket stor potential att bidra till klargörandet av centrala delar av järnexportens historia samt till förståelsen av Sveriges tidiga marina transporthistoria.

Statens maritima och transporthistoriska museer (SMTM) och Jernkontoret har startat ett långsiktigt forskningssamarbete kring utforskandet av Osmundvraket, kallat ”Osmundskeppet – Östersjön som järnmarknad”.

Forskningssamarbetet har genom vrakfyndet en unik möjlighet att undersöka medeltida järn, handel och sjöfart ur flera perspektiv. Dels i ett mikroperspektiv utifrån det orörda skeppet som kan ses som en unikt välbevarad 1500-talsmiljö och ett ”fruset ögonblick”, när fartyget förliste, dels i större nationella och internationella perspektiv utifrån de frågor kring järnexportens och östersjöhandelns organisation som skeppsfyndet kan belysa.

Inom samarbetsprojektet deltar även flera andra institutioner och forskare inom olika expertområden. Under det inledande arbetet samarbetar forskare vid Stockholms universitet, Institutionen för biokemi och biofysik, samt KTH, Institutionen för materialvetenskap och Arkeologerna, som inom projektet med bland annat analyserar fynden av osmundar och stångjärn. Kontakter med internationella forskarkollegor, som har erfarenhet av undersökningar av vrak med liknande last, har tagits och ett nätverk ”Baltic metal trade network” kring forskningsprojektet har skapats.

Misstänkt plundring

Under 2019 noterade SMTM att föremål försvunnit från fartygslämningen. Det rörde sig om en trefotsgryta av rödgods och minst ett annat keramikkärl (fig. 3).

Någon hade även grävt i sedimenten och bland annat rubbat olika skeppsdelar. Löst liggande delar som brädor, en tvärsgående balk och mindre detaljer hade flyttats. Även ett ämbar med tjära hade flyttats från att ha legat under några balkar till att ha placerats uppe på balkarna (fig. 4).

Hur stor påverkan som denna åverkan egentligen haft är svårt att avgöra då ingen fullständig dokumentation av fartygslämningen hade gjorts innan den misstänkta plundringen.

En polisanmälan har upprättats (anmälan nummer 5000-K722671-19).

Vård- och skyddsplan

Under 2020 påbörjades arbetet med en vård- och skyddsplan för Osmundvraket. Fotostationer upprättades och nya foton togs till dessa 9–10 september 2020. Rapporten utgavs 2021 (Fredholm 2021).

FIGUR 3. Den liggande trefotsgrytan av rödgods samt under denna den trasiga bronsgrytan. Till höger om grytan syns en skål av rödgods som ligger på sidan. Båda rödgodskärlen har sedermera försvunnit (röda pilar). Foto: Patrik Höglund, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0086).

FIGUR 4. Ämbaret med tjära har flyttats upp från botten till balken. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0087).

TOPOGRAFI OCH KULTURMILJÖ

Fartygslämningen står kölrätt med fören mot sydväst, på 28 meters djup påen lös och relativt plan sedimentbotten.

Läget är nordost om Simpskallen, i området mellan öarna Stora och Lilla Husarn belägna nordost om Dalarö. Öarna ligger cirka två sjömil öster om Östra Stendörren och utgör gränsen mellan Jungfrufjärden och Nämdöfjärden i Stockholms mellersta skärgård. Vraket ligger inom Lilla Husarns naturreservat.

Lämningen ligger i anslutning till farleden som passerat på båda sidor om Stora och lilla Husarn. Farleden omnämns redan under 1200-talets första hälft i beskrivningen av den så kallade Kung Valdemars segelled eller Valdemar II:s Itinerarie (Breide 2006:348). I beskrivningen av den inre farleden nämns här bland annat Dalarö och sedan Baggenstäket. Leden kan därigenom bestämmas ha passerat i närheten av Stora- och Lilla Husarn.

Sydväst om vrakplatsen ligger Dalarö, som åtminstone från och med medeltiden haft en viktig roll för sjöfarten. Dalarö var en naturlig knutpunkt med sin närhet till Stockholm och farleden till och från staden passerade Dalarö (fig. 5). Dessutom fanns här skyddade hamnlägen med bra ankringsbotten. Dalarös hamnområde var under äldre tid mycket större än man tänker sig idag och inbegrep ett antal mindre öar.

Dalarö finns omnämnt i flera skriftliga källor från medeltiden och äldre Vasatid, även om det är först under tidigt 1600-tal som orten får en mer formell betydelse. År 1636 inrättades ett tullhus här, och kring detta kom samhället Dalarö att växa fram.

Området kring Dalarö är en naturlig knytpunkt där farlederna delas. En av farlederna går norrut mot Baggenstäket för mindre skepp. Den andra går öster över går sedan norrut och mot Stockholm och lämpade sig för större och tyngre sjöfart, representerad exempelvis av Osmundvraket. Osmundvrakets position visar att skeppet sannolikt kom från den ostliga leden, vilket vore naturligt med tanke på storleken på skeppet.

FIGUR 5. Karta över Dalaröområdet från år 1672 (beskuren). Osmundvrakets position markerat med röd stjärna. Källa: lms2_4c4d535f4135_1_1. Lantmäteriet. Bearbetad av: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. Public Domain Mark (PDM).

SYFTE OCH GENOMFÖRANDE

När undersökningarna inleddes 2017 var syftet inledningsvis att ta reda på vad för slags fartyg vraket varit. Besiktningen gjordes okulärt av dykande arkeologer. Vraket dokumenterades framför allt med fotografering och delvis även med film.

Ytterligare dykningar på vraket skedde i december 2018. Fokus var då att närmare söka bestämma skeppets konstruktion och last. En översyn och dokumentation av på vrakplatsen synliga fynd påbörjades.

Undersökningarna fortsatte under sommaren år 2019, med syftet att datera fartyget och dess last, samt att undersöka lasten närmare (lst beslut: 431-42513-2019). Vid undersökningen togs och analyserades åtta träprover från fartygslämningen och två prover på laggar från ombordvarande tunnor (bilaga 1). Vidare bärgades och analyserades järn ur lasten, i form av fem osmundar och ett stångjärn (bilaga 2).

Ytterligare undersökningar företogs i maj 2020. Provtagning skedde åter med syfte att datera skeppets skrov. Sammantaget togs och analyserades åtta dendroprover från fartygslämningen och ett prov från en tunnlagg (bilaga 1). Sedan tidigare stod det klart att många tunnor ombord innehöll osmundar, men det hade även iakttagits tunnor med annat/organiskt innehåll som tolkats som en del av lasten. Prover från nio sådana tunnor, samt från fyra andra organiska ansamlingar, samlades in och analyserades (bilaga 3).

Fotografering för en 3D-modell gjordes främst med syftet att få en övergripande bild av vraket och dess status, men också som utställningsmaterial för det planerade nya museet *Vrak – Museum of Wrecks*. En 3D-modell kan med fördel sedan användas för framtida besiktningar och även ingå som underlag i en vård- och skyddsplan (se Fredholm 2021).

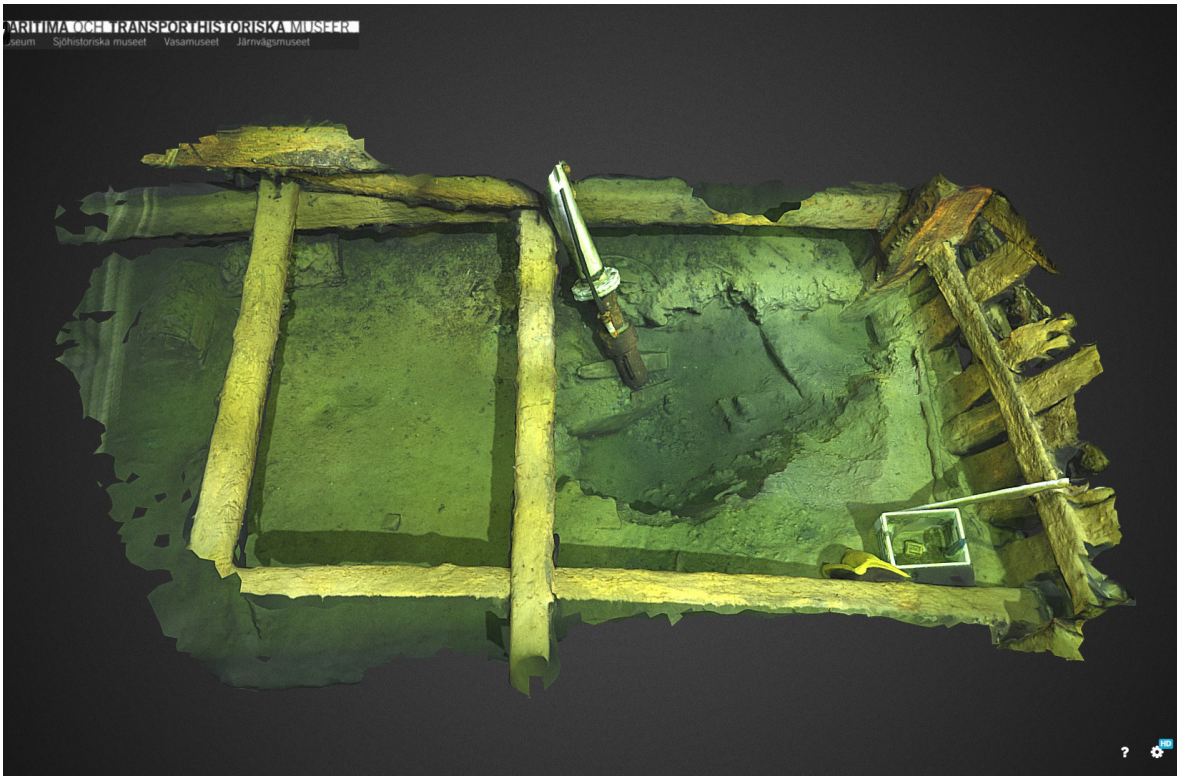
Undersökningen 2021

Efter de inledande undersökningarna uppskattades det att skeppet kunde ha upp emot 50–60 tunnor ombord. Sedan tidigare hade det konstaterats att de flesta av tunnorna sannolikt innehåller osmundar, men att det även finns tunnor med annat innehåll som tolkas som en del av lasten. Det gick dock inte att närmare bestämma lastens sammansättning, eftersom stora delar av skrovets inre var täckt med sediment. I oktober 2021 grävdes därför en provgrop i en del av lastutrymmet, och prover togs på delar av lasten. Syftet var att ta reda på dels hur mycket skeppet kan ha lastat, dels lastens sammansättning. Ett ytterligare syfte var att försöka ta reda på skrovets form och konstruktion i botten.

Provgropen, som var cirka 2x4 meter, upptogs strax för om fartygets stormast på babordssidan. Schaktet grävdes med hjälp av en mammutsug som fungerar så att luft pressas ner via en slang (med kompressor) till ett munstycke och vänder därefter och stiger och expanderar i ett fyrtumsrör, vilket ger stor lyftkraft upp mot ytan. Lyften ger ett sug så att vattnet, sedimenten samt mindre fragment lyfts upp till dykpontonen där ett såll finns. I sållet, passerar vattnet och sedimenten vilket gör att mindre fragment kan fångas upp av en arkeolog vid sållet.

Utgrävningsplatsen dokumenterades varje morgon med stillbilder och en 3D-modell upprättades över schaktet varje dag. Detta underlättade dokumentationen på botten, då mycket av mätningarna samt en bedömning fyndens sammansättning kunde göras via en dator. Syftet med 3D-modellerna var, utöver att få en bild av lastens sammansättning, också att de skulle kunna användas i pedagogiska syften i framtiden. Genom 3D-modellerna kan utgrävningen återskapas digitalt, och kan därigenom till exempel användas som utställningsmaterial (fig. 6a och 6b).

Schaktets placering kan ses på den övergripande 3D-modellen i figur 7. Alla dokumenterade 3D-modeller finns i bilaga 7.



FIGUR 6A. 11 oktober, första grävdagens 3D-modell. 3D-modell: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM.

FIGUR 6B. 19 oktober, sista grävdagens 3D-modell. 3D-modell: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM.

FIGUR 7. Schaktet har lagts in i den stora 3D-modellen. Notera skalstocken som placerats längst ner (2,5 m lång), utanför vraket i bilden. Den används sedan för att kunna mäta i 3D-programmet. Aktern är till höger och fören till vänster. 3D-modell: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. Bearbetad av: Alexander Rauscher.

RESULTAT AV UNDERSÖKNINGARNA

Genom undersökningarna kunde skeppets utseende och konstruktion i allt väsentligt fastställas. Fartyget kunde också dateras.

Det kunde bestämmas att skeppets huvudsakliga last varit järn, främst i form av tunnor lastade med så kallade osmundar.

En 3D-modell över de synliga lämningarna har dessutom genererats.

3D-modeller genererades också vid grävningarna i schaktet varje dag vid undersökningarna. En dokumentationsmetod som gör det möjligt att backa och titta framåt i bildmaterialet. Förutsättningar finns också att mäta i modellerna.

Tillvaratagna fynd, ben och materialprover

Vid undersökningarna har sammantaget 42 fyndposter tillvaratagits, omfattande föremål, ben och materialprover (se bilagor).

Av dessa tillvaratogs 34 fyndposter vid grävningen 2021. Dessa omfattar 19 föremål och föremålsfragment i form av bland annat läder (F2), sannolik textil (F30), nio delar av rep/tross (F5, 9, 10, 17, 20, 25, 26, 28, 29), drev (F6), sex tunnlock/tunnbottnar (F11, 15, 19, 27, 31, 33 [från tunna 3]) samt en laggstav från tunna 3 (F34), rackklot (F13), jungfru (F16). Ett ytterligare föremål, i form av ett tunnlock, återdeponerades (F18).

Vid grävningen tillvaratogs även ett antal ben i sållet (F1, 7, 12, 21, 32; ett fynd, F14, förkommet). Sammantaget 66 fragmenten av ben insamlades. De har bestämts som fiskben från torsk, gädda och sill/strömming (bilaga 4).

Av föremål tillhöriga lasten tillvaratogs 15 osmundar totalt från 4 i schaktet (F24) (se bilaga 8). I schaktet tillvaratogs även ett renhorn som sannolikt utgjorde del av lasten (i två delar med passning; F22–23).

I schakt-1 framkom även vad som sannolikt är drev (F6) samt pottaska (F8). Materialprover togs även på vad som antas kunna vara smör (F3–4).

7 osmundar tillvaratogs även från 2 tunnor belägna utanför de upptagna schakten. Dessutom tillvaratogs ett stångjärn, i två delar, från knippet på barbordssidan i aktern (F40). Se bilaga 8.

Vidare provtogs 8 tunnor med annat innehåll än osmundar. Tunnorna var belägna dels i aktern, för om masten, dels i schaktet. De analyserade 10 proverna från dessa finns under en gemensam fyndpost (F42; se bilaga 3).

Datering

Totalt har 19 dendroprover analyserats. Av dessa har 16 tagits på fartyget och tre har tagits på tunnlaggar.

Det prover som togs från fartyget visar att detta är byggt av furu. Prover togs dels från kraftigare konstruktionstimmer som balkar och spant, dels från lite smäckrare skeppsdelar som bordläggning, innergarnering och en mastfisk. Utifrån dendroanalysen bedöms fartyget ha byggts efter cirka 1553 (bilaga 1).

Dendroanalysen av tunnlaggarna från en tjärtunna visade att denna var av ek. Träden kan ha fällts under 1540-talet (se bilaga 1).

En trefotsgryta av rödgods som påträffades nedanför byssan i aktern kan dateras till 1540-talet (e-post, Michael Johansson, 2020-01-19). Detta har gjorts genom typologi. Det är dock oklart var grytan är tillverkad, om den är inhemsk eller kommer från en annan region. Grytan har tyvärr försvunnit (se ovan under Misstänkt plundring).

Skeppets livsbiografi – en tolkning

Träet i fartyget kan efter dendroanalysen delas upp i två grupper, med olika datering och olika geografiskt ursprung (bilaga 1).

Den ena av grupperna utgörs av två prover som enligt dendroanalysen är lite äldre. Dessa har daterats till efter 1480 och efter 1483. Proverna kommer från kraftigare konstruktionstimmer, en balk och ett spant. Proveniensen på dessa är Uppland.

Den andra gruppen utgörs av huvuddelen av de analyserade proverna (8 prover) på furuträet i fartyget. Dessa har en datering till perioden efter 1514 – efter 1553. Proverna har bäst korrelation med södra Finland. De flesta av dessa daterade prover kommer dock från klenare konstruktioner som mycket väl kan ha bytts ut.

Utifrån ovanstående blir en tolkning är att skeppet byggts någon gång under perioden efter 1483 med uppländsk furu och reparerats/byggts om efter 1553 med furu från södra Finland.

Enligt Håkan Altrock (arkeolog på *Vrak – Museum of Wreck*s och skeppsbyggare) använder man helst märgen (kärnan) i stammen på furu vid framtagandet av kraftiga konstruktionstimmer som exempelvis kölen, men sannolikt även i grövre balkar och spant. Det vanligaste, åtminstone i vikingatida båtfynd, är att kölen tas ut med märgen i ”mitten” för att förhindra att kölen slår sig. Den kunskapen och erfarenheten bör även ha använts av senare skeppsbyggare. Ytterligare en anledning är att man vill undvika försvagande kvistar som sträcker sig genom hela ämnet. Konstruktionen av bottenstockar varierar dock, ibland klöv man dem genom märgen, ibland har man märgen med i mitten. Störst dragstyrka finns i yttre delen av virket en liten bit upp i trädet. Närmast centrum ökar den trycktåliga veden. Gran, som inte har någon framträdande splintved, är starkast i ytskiktet. När det gäller furu vill man oftast ta bort splintveden som är mjukare och mer rötbenäget än kärnveden, vilket innebär att man tar bort ytskiktet och söker styrkan längre in.

Detta skulle i så fall innebära att det sannolikt saknas många årsringar som bilats bort och att en datering för balken och spantet bör kunna föras betydligt längre fram i tiden än 1480-talet.

Dateringen till 1540-tal för tjärtunnan och trefotsgrytan visar att dessa inventarier kan ha ombordförts innan ombyggnationen. Kanske har de tillkommit i nära samband med fartygets ursprungliga byggnation.

Om det förutsätts att furu sannolikt inte importerades till Sverige eller till Finland kan det antas att byggnationen av Osmundskeppet skedde i Sverige (eventuellt Uppland) under 1500-talets första hälft, eventuellt kring 1540, och att reparationen/ombyggnationen skedde i Finland efter år 1553.

Att furuskepp byggts om eller renoverats relativt kort efter byggandet finns minst ett annat exempel på. Örlogsskeppet Samson byggdes i Enånger 1598, men redan 1606 byttes några plankor och delar av galjonen byggdes om (Tonemar & Hansson 2020:40). Samson är ett bra exempel på att de tunnare, klenare skeppsdelarna i furu kunde behöva bytas ut relativt kort efter sjösättning, vilket vi sannolikt också ser på Osmundvraket.

Skeppet

Osmundvraket har varit ett kraftigt klinkbyggt skepp med tre master. Skeppet har varit drygt 20 meter långt. Bredden på den bredaste tvärsgående balken är 6,80 meter. Skeppets bredd bör därför varit cirka 7 meter. Stormasten står fortfarande på sin ursprungliga plats och pekar upp mot vattenytan (fig. 8).

Stormasten reser sig cirka 18 meter från botten och verkar vara i ett stycke. Den är väldigt eroderad men ett urtag för en blockskiva finns bevarad nästan i toppen, vilket tyder på att masten i stort sett är intakt i sin längd. Fockmasten har fallit ut och ligger snett ut på botten på babordssidan. Mesanmasten ligger utfallen på styrbordssidan i aktern och har också urtag för en blockskiva. I detta fall sitter skivan kvar.

Skrovsidorna är till stora delar intakta, även om bordläggningsplankorna är kraftigt eroderade. I fören och akterna har dock skrovet kollapsat. I aktern syns det tydligast (fig. 9).

FIGUR 8. Bilden visar stormasten som fortfarande står i sitt ursprungliga läge med de omkringliggande balkarna som förstärkt konstruktionen. Notera mastfisken som provtagits till höger om masten. Foto: Mikael Fredholm, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0088).

FIGUR 9. Skrovet och överbyggnaden har kollapsat i aktern. Akterstäven med rodret står dock kvar på sin plats (röd pil). Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0089).

Skrovet (främst spanten) sticker som mest upp mellan tre och fyra meter. På flera ställen är det bara nitraderna i lannen (skarven mellan borden) som håller ihop bordläggningen (fig. 10).

Nitbrickorna är kvadratiska och mäter cirka 3x3 centimeter. Vad skrovet har varit drevat med är än så länge okänt, men mest sannolikt tjärat djurhår. Ett prov på vad som sannolikt är drev påträffades i schaktet innanför skrovet på babordssida vid grävningen 2021 och har analyserats. Analysen visar att provet består av animaliska fibrer, som kan vara ull, och växtfibrer (bilaga 3, prov 4 även prov 5).

På utsidan en bit upp på skrovet kan man se ett grövre timmer påspikat utanpå bordläggningen (fig. 11).

Det finns ett antal balkar som ännu sitter på sin ursprungliga plats. Tillsammans med knän och stinnare, som också delvis sitter kvar i sina ursprungliga lägen, håller det klinkbyggda skrovet fortfarande ihop. Större delen av skrovet har sannolikt inte varit däckat.

De tvärsgående balkarna är delar av ett balksystem som främst syftat till att ge extra styrka till skrovet och masterna (fig. 12).

Balkarna har stående knän som förstärker infästningen i skrovet (fig. 13).

Flera stinnare sitter på sina ursprungliga platser och kan vara en bidragande orsak till att skrovet fortfarande håller ihop (fig. 14).

Det är ovanligt att det stående knät inte sitter ovanpå, utan på sidan av den tvärsgående balken.

På några av balkarna, men inte alla, kan man se att de har ”knoppar” i ändarna (fig. 15a, 15b och 15c).

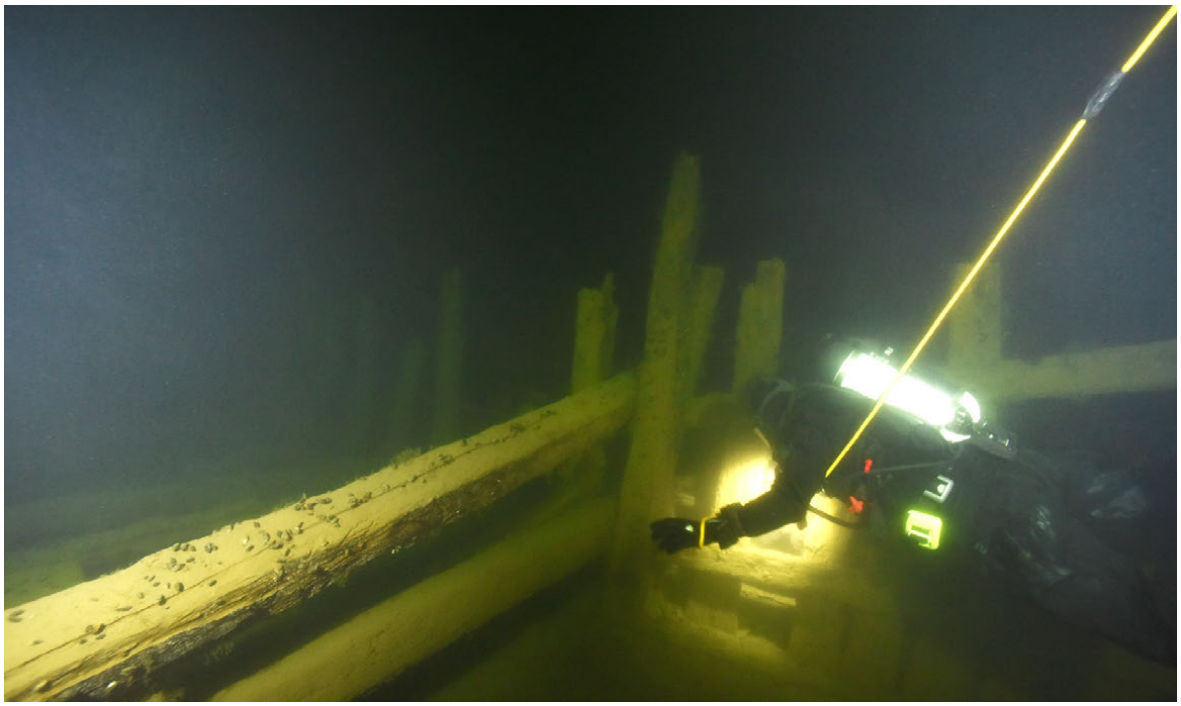
Denna balk påträffades väldigt nära fören. Sannolikt har den suttit innanför bordläggningen och den snäva vinkeln på änden skvallrar om skrovets kurvatur där balken suttit. På Riddarholmsskeppet, daterad till tidigt 1500-tal finns det liknande balkar (Eriksson 2023:17 och 327).

Knopparna har suttit på utsidan av skrovet och fungerat som en låsning, en slags förstärkning av det klinkbyggda skrovet.

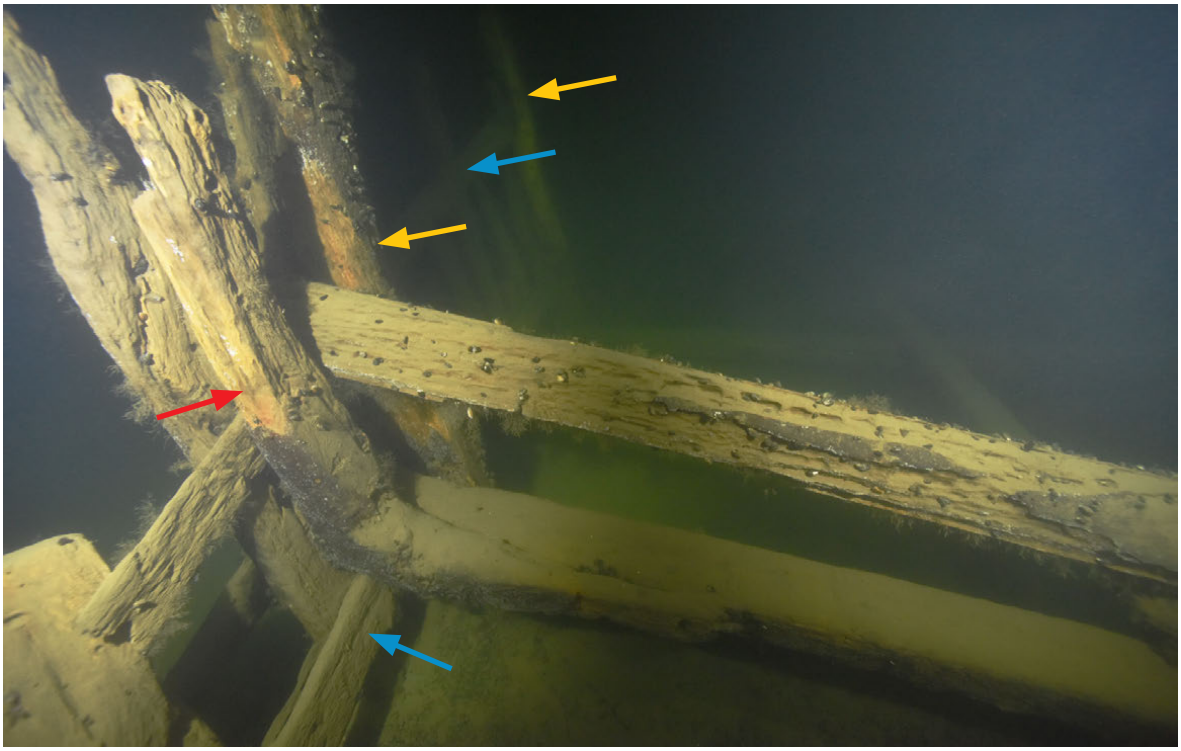
Förstäven har fallit ut något. Den är böjd med en ”nos” längst ut. Stäven har hål för infästningar och en spunning. Invid förstäven ligger även ett ankarklys för babords ankare (fig. 16).

FIGUR 10. Skrovet är till stora delar intakt men kraftigt eroderat. Bordläggningsplankorna hålls mer eller mindre bara ihop i lannen (skarvarna). Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo223485).

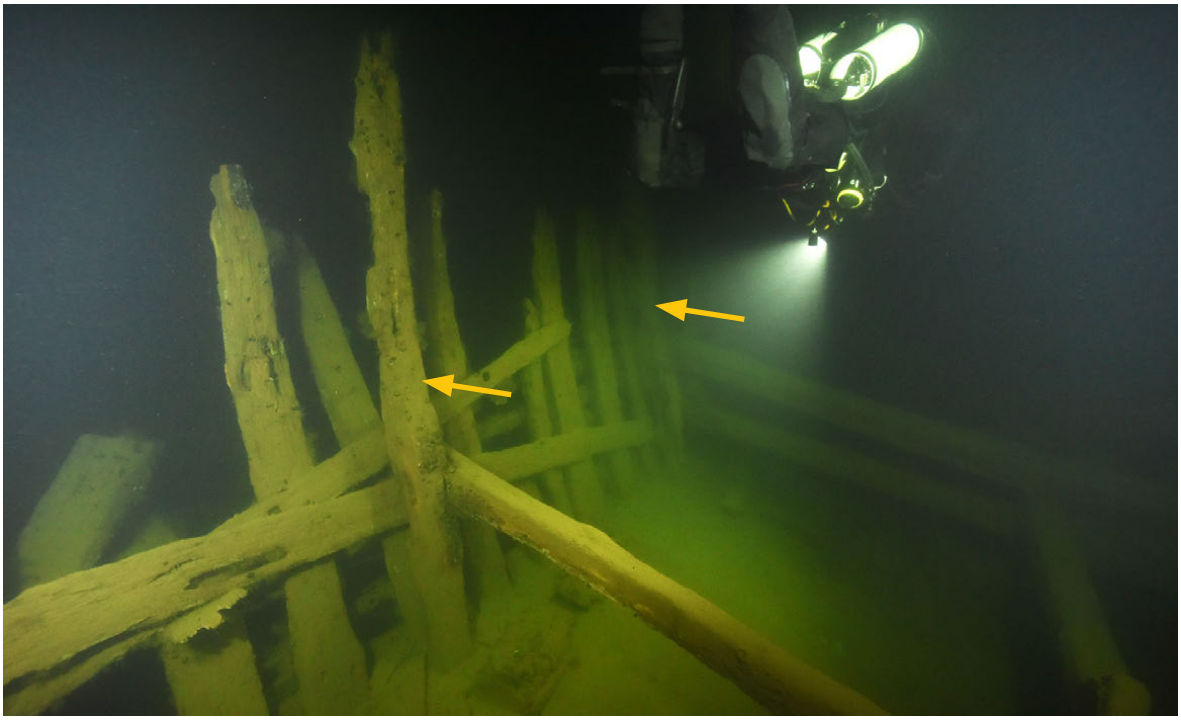
FIGUR 11. På utsidan av skrovet påträffades ett kraftigare timmer fastsatt utanpå den ordinarie bordläggningen (röd pil). Det kan närmast liknas vid en berghult som är en vanlig detalj på kravellbyggda skepp. Vilken funktion Osmundvrakets ”berghultar” har haft är oklart. Möjligen som en förstärkande avbärarlist. Det kan heller inte uteslutas att timret haft en kosmetisk funktion, det vill säga ett försök att efterlikna de modernare kravellbyggda skeppen. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0090).



FIGUR 12. Skeppet har både tvärsgående och längsgående balkar, som stärker upp skrovet och masterna. Den övre balken i bild har fallit ner. Balkvägaren syns ligga snett ner till höger i bild. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0091).



FIGUR 13. Till vänster i bild ser man knät fortfarande i sitt ursprungliga läge (röd pil). Den övre balken ligger i sitt ursprungliga läge ovanpå balkvägaren, som sitter längsgående i spanten (blå pil). Även den undra balken har samma konstruktion. På insidan av balkarna sitter även en stinnare fortfarande på plats, och man ser ytterligare en i förgrunden (gul pil). Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0092).



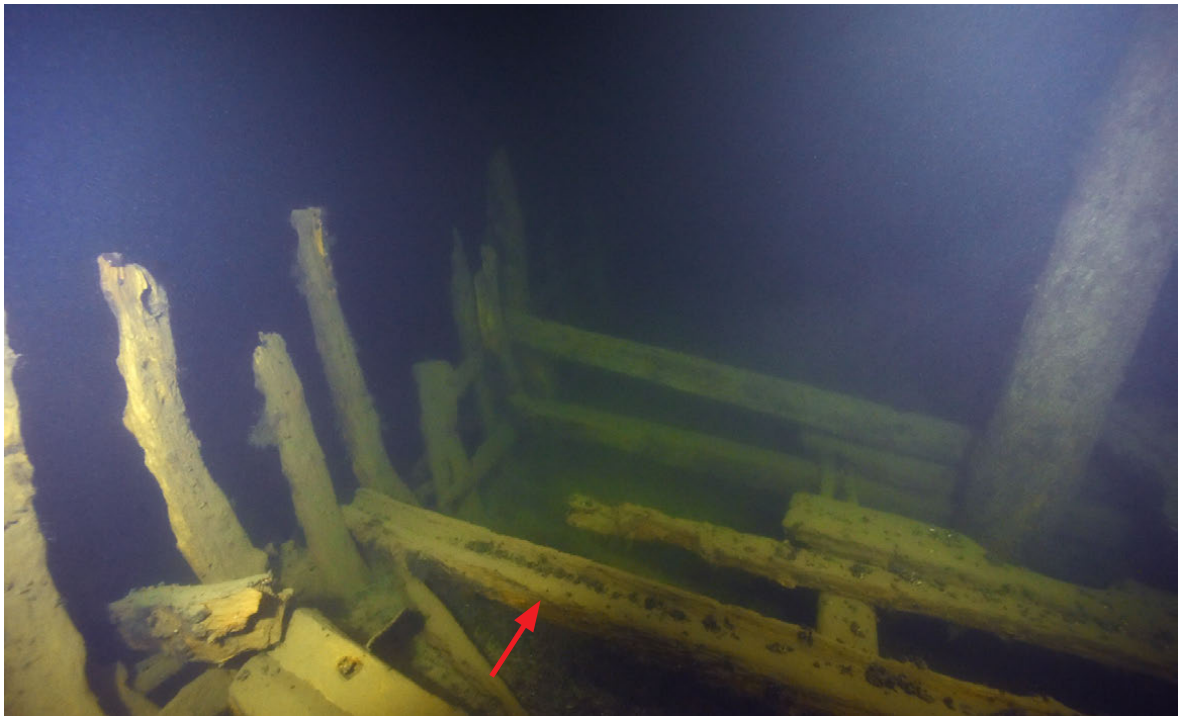
FIGUR 14. På insidan av balkarna syns stinnarna tydligt på plats (gul pil). Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0093).

FIGUR 15A. Ändarna på vissa balkar har som denna en avslutande knopp, som sannolikt låst och förstärkt skrovet. Urtag för bordläggningen syns tydligt. Detta är en typisk medeltida lösning för att förstärka skeppen. Foto: Patrik Höglund, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0094).

FIGUR 15B. Även en balk som ligger precis på utsidan av styrbordssidan är försedd med knoppar. Urtag för bordläggningen syns även i detta fall tydligt. Notera även ett större metallfat som ligger precis under balken. Området i fotografiet är precis utanför byssan. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0095).

FIGUR 15C. Ytterligare en balk i fören har knoppar. Det är dock oklart om just denna gått genom skrovet. Balken skiljer sig från de övriga genom att inte ha urtag för bordläggningen. Notera osmundtunnorna i bakgrunden. Området som fotograferats återfinns precis innanför förstäven. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/ SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0096).

FIGUR 16. Bilden visar förstäven med ett trappstegsurtag (röd pil), som fallit ut en bit samt ankarklyset. Förstäven är rund till sin form. Ankarklysets utformning (blå pil) är i princip identisk med det som finns på Kraveln vid Franska stenarna, ett av Gustav Vasas första fartyg som köptes från Lübeck. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0097).



FIGUR 17. Pumprännan syns som fösta balk i bilden (röd pil). Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/ SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0098).

Det schakt som upptogs vid undersökningen 2021 lades strax för om fartygets stormast. Här påträffades en ankartross som delvis bärgades på grund av att den låg rakt igenom schaktet (fig. 43). Ankarkabeln löpte sannolikt från området i fören där babords ankare funnits. Kabeln vek sedan av midskepps in mot mitten av lastrummet, strax för om stormasten.

Vid undersökningen frilades den framgrävda delen av kabeln försiktigt och kapades varsamt innan den lades i en korg som sedan lyftes mot ytan (fig. 44). Ankarkabeln har konserverats och finns presenterad i bilaga 5.

Vid den arkeologiska utgrävningen 2021 frilades även delar av skrovet ner mot kölen. En intressant detalj som framkom då var flera korta brädor som satt mellan spanten ovan balkvägaren (fig. 18a och 18b).

Dessa var snedfasade i framkant mot lastrummet. Då området som frilades endast var cirka 2 meter är det svårt att exakt avgöra brädornas funktion, då man inte får en helhetsbild. En hypotes är att det möjligen kan vara trappsteg för sjömännen att klättra i och ur lastrummet på. Att brädorna skulle fungerat som ett lock så att inte saker kunde falla ner är inte sannolikt, då det inte finns en heltäckande innergarnering under balkvägaren. Detta var väntat då lastrummet i denna del av fartyget varit öppet.

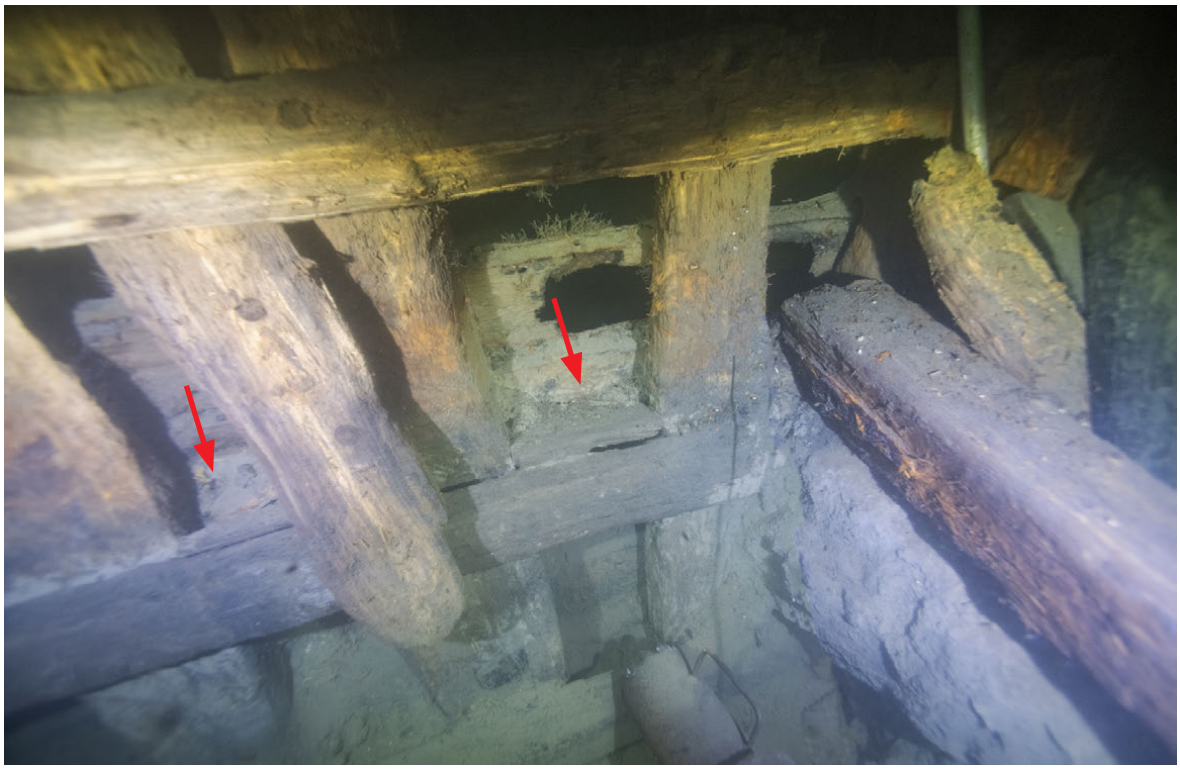
Strax akter om stormasten ligger pumprännan, som är en urskålad balk som använts för att leda ut vattnet ur skeppet från pumpen – i detta fall sannolikt en alpump (fig. 17). Den är dock rubbad ur sitt läge, troligen av naturliga orsaker i samband med vrakets nedbrytning.

Skeppet har sannolikt inte haft ett täckande däck utöver aktern och i fören, där det sannolikt funnits slutna/däckade utrymmen.

I aktern fanns även spår av en kajuta (fig. 31). På styrbordssidan finns utrasade lämningar av en byssa, alltså en murad spis, som funnits i kajutan. Byssan var byggd av murtegel.

Skeppet har vidare haft både ett akter- och ett förkastell. Fragment av förkastellet har påträffats på vrakets styrbordssida vid fören, nedfallet på botten. Brädorna är cirka 10–12 cm breda och cirka 2–3 cm tjocka och är sammanfogade till ett stycke. Det är än så länge oklart exakt hur brädorna fogats samman, men är förhoppningsvis något som framtida undersökningar kan ge svar på. Längden är cirka 3 meter på konstruktionen på det som antas vara delar av förkastellet.

FIGUR 18A. Brädorna är placerade mellan spanten på den undre balkvägaren (röda pilar). Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0099).



FIGUR 18B. Brädorna är placerade mellan spanten på den undre balkvägaren (röda pilar). Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0100).

Riggen

Flera riggdetaljer har påträffats i vraket (*fig. 19*).

I fören ligger bland annat två olika typer av jungfrur. En större och en mindre (fig. 20).

På styrbordssidan påträffades ett intakt block intill skrovet (fig. 21).

FIGUR 19. På 3D-modellen är de identifierade riggdetaljerna markerade. 3D-modell: SMTM Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM.

FIGUR 20. Jungfrurna ligger löst på botten och har sannolikt suttit i riggen vid förlisningen. Två tunnor med osmundjärn och en tunna med okänt vitt innehåll syns även i bild. Precis intill den lilla jungfrun ligger ett märkligt timmer som är omsorgsfullt bearbetat. Funktionen är än så länge oklar. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0101).

FIGUR 21. Blocket är intakt och identiskt med block som påträffats på Mary Rose (1545) i England (muntligen Olof Pipping). Foto: Håkan Altrock, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0102).

FIGUR 22. I toppen på mesanmasten sitter skivan, som var till för att kunna hissa rårna, fortfarande kvar.
Foto: Håkan Altrock, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0103).

Skeppet har haft tre master där stormasten, som fortfarande sitter på sin ursprungliga plats, sticker upp till 10 meters djup och uppskattas därför till att vara cirka 19 meter lång. Mesanmasten mäter däremot bara 6,64 meter. Alla tre masterna har urtag för en blockskiva. På mesanmasten sitter den kvar (fig. 22).

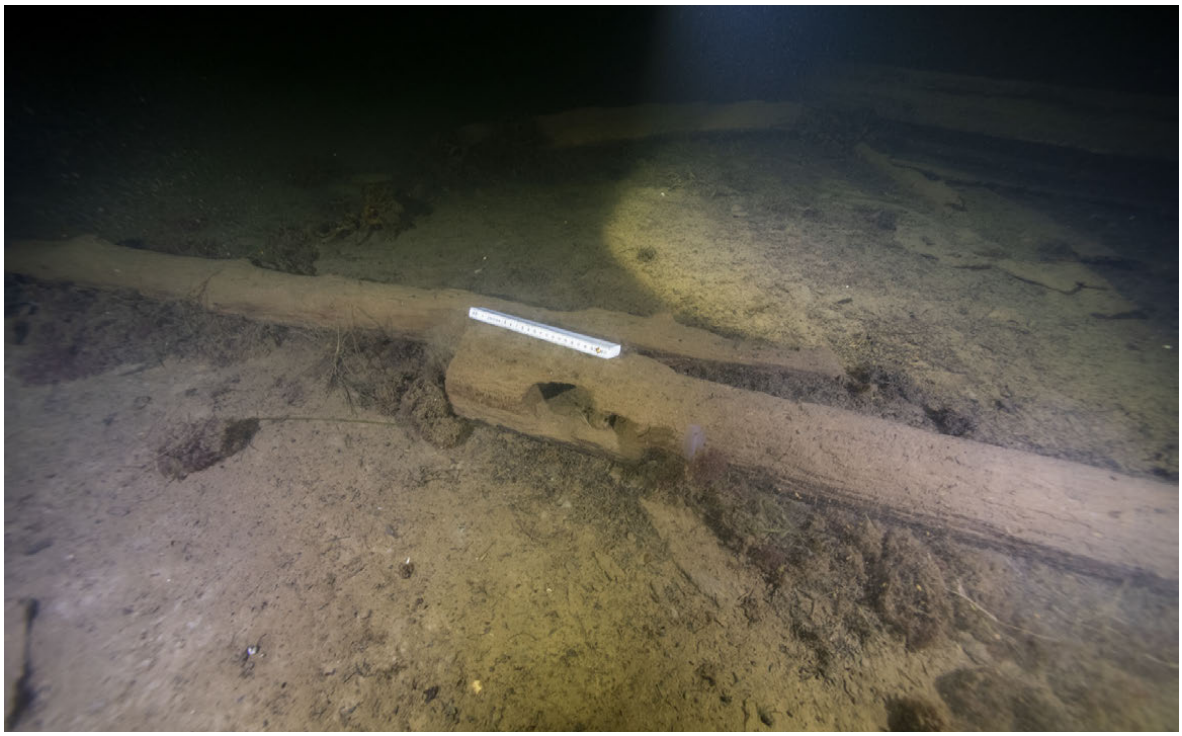
Det påträffades även rackklot i aktern (fig. 23).

Rackklot är träkulor med hål igenom som sammanbundits med tågvirke och därigenom fått ett utseende som stora radband. Detta för att fungera som ett slags kullager för att rårna skall kunna löpa upp och ned på masterna på ett smidigt sätt.

Nedanför akterstäven påträffades ett timmer som inledningsvis var svårt att identifiera. Efter konsultation med riggexperten Olof Pipping kunde det konstateras att detta sannolikt varit en utliggare (fig. 24).

Utseendet och funktionen för utliggaren är som ett bogspröt, fast den i stället suttit i aktern. Syftet var i detta fall att hålla ut latinseglet från mesanmasten. En utliggare har aldrig tidigare noterats i arkeologiska sammanhang i Sverige, så upptäckten gav nytt ljus åt Osmundvrakets rigg. På en målning av en förmodad holk daterad till 1565 är utliggaren synlig och visar dess funktion (fig. 25).

FIGUR 23. Intakt rackklot som påträffades vid akterstäven i vraket. Foto: Håkan Altrock, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0104).



FIGUR 24. Timmer som sannolikt är en utliggare. Foto: Håkan Altrock, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0105).

FIGUR 25. På den här målningen från 1565 syns utliggaren i aktern (röd pil). Funktionen var att hålla det latinseglet på rätt plats. Källa: Pieter Bruegel, designer; Frans Huys and Cornelis Cort, engravers; Hieronymus Cock. Een hulk en een boeier voor een kust (A Dutch Hulk and a Boeier). 1565. Engraving. PK.OP.14051; III/H.287. Courtesy National Gallery of Art, Washington. Public domain.

3D-modellen och en rekonstruktion av fartygets utseende

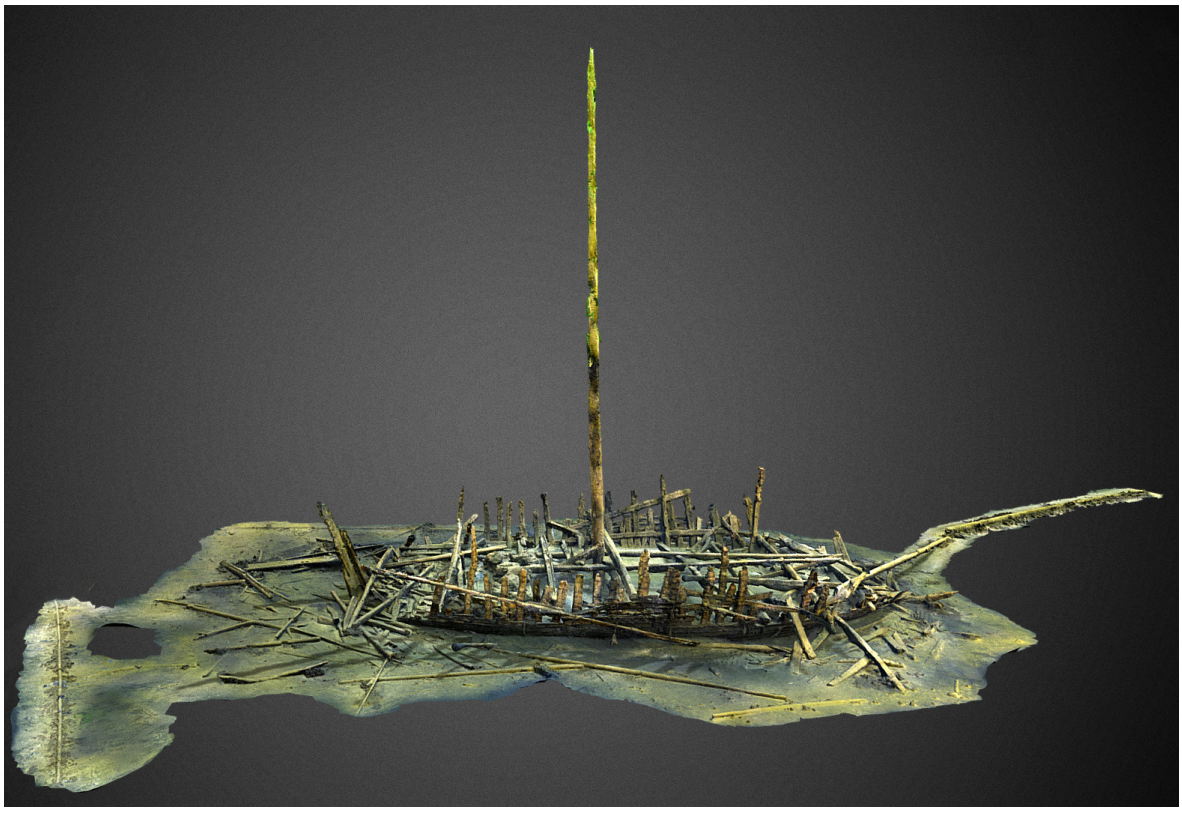
Inledningsvis skedde försök att skapa en 3D-modell genom att filma och sedan plocka ut bilder från videofilmerna till 3D-modellen. Förhoppningen var att det skulle vara enklare och gå snabbare än att stillbildsfotografera. Fördelen med att plocka bilder ur en film är att om det skulle uppstå ett glapp i bildsekvensen så kan man gå tillbaka till filmen och hämta in fler bilder, vilket då ofta löser problemet. Blir det ett glapp i en sekvens av stillbilder är det tyvärr ofta fler dykningar som krävs.

Att filma visade sig dock inte fungera bra på Osmundvraket. Orsaken var att bilderna hade för dålig upplösning, vilket innebar att det blev stora hål på flera ställen i modellens skrov under processen i Metashape, vilken är den programvara som användes. Sannolikt berodde svårigheterna att använda film i detta fall på vrakets mycket eroderade och klena timmer med liten yta som dessutom ger mycket svag kontrast. Färgen på timren var i princip densamma som den på sedimenten, både i och utanför vraket, vilket försvårade processen. Vi fick därför återgå till att fotografera med stillbilder, med mycket bra resultat.

Den framtagna 3D-modellen har tidigare bland annat använts för vård- och skyddsplanens rapport (se Fredholm 2021).

3D-modellen har byggts upp av drygt 11 000 högupplösta stillbilder från en Nikon D850-kamera med ett 14 mm fast vidvinkelobjektiv. Resultatet ger en mycket detaljerad helhetsbild över vrakplatsen (fig. 26).

3D-modellen ger en bra bild av vrakets status, men utgör också ett viktigt verktyg för fortsatta analyser av vraket och vrakplatsen. En 3D-modell har dessutom en stor fördel när den väl skapats, då en kamera in tolkar på samma sätt som det mänskliga ögat utan visar det som är framför objektivet. Det går att vrida och vända på modellen samt göra noggranna mätningar av detaljer med hög precision. En annan fördel är att det går att frilägga eller skiva upp modellen där man önskar för att på så sätt skapa en profil av skrovet. I detta fall skapades en rekonstruktion av skrovprofilen för om stormasten (fig. 27a och 27b).



FIGUR 26. 3D-modellen ger en bra bild över vrakområdet. Notera akterstäven som syns till vänster i bild. Stormasten sitter även den på sin ursprungliga plats. 3D-modell: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM.

Utifrån denna profil har skrovprofilens utformning rekonstruerats.

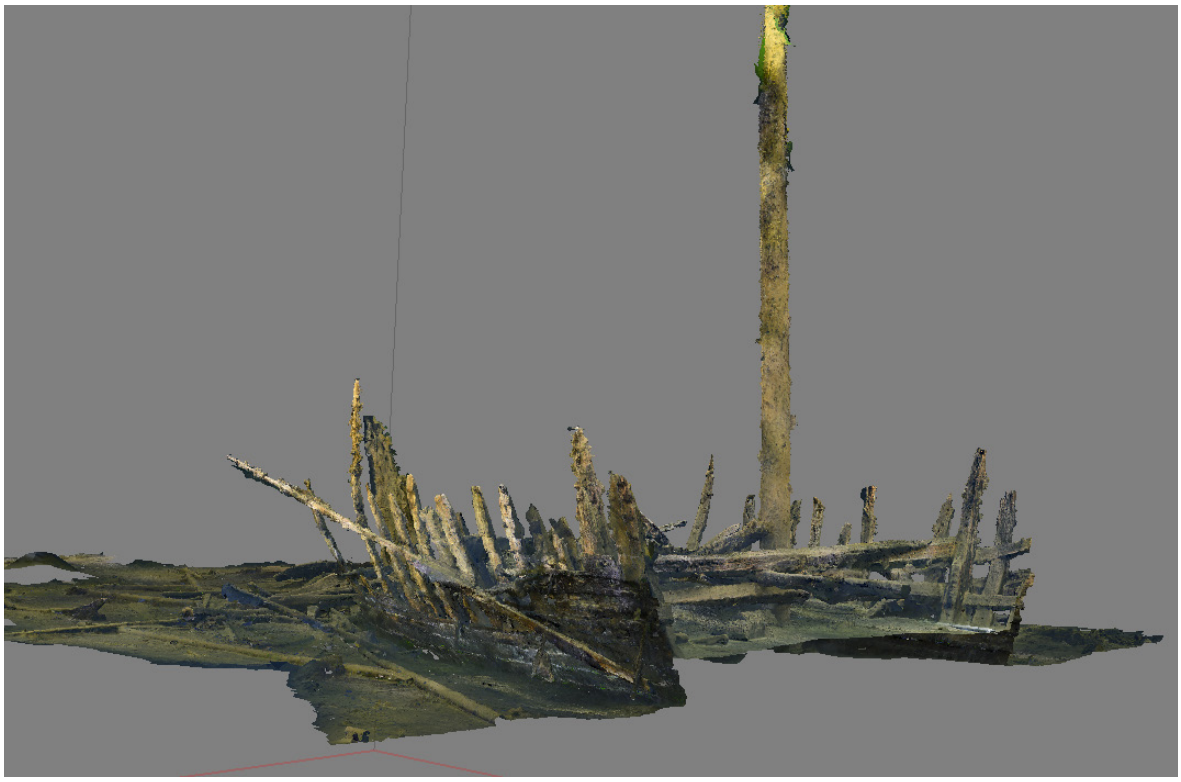
3D-modellen kan tillsammans med måttagning utgöra grund för en bedömning av skeppets form (fig. 28).

Långskeppsprofilen har tagits fram genom dokumentation på botten samt med hjälp av 3D-modellen där flera mått kunnat tas i efter hand. I 3D-modellen kunde balkarnas placering och nivåer mätas in och gav då en bra bild av skrovets uppbyggnad och konstruktion. Även timmer som utgjort skott i både för och akter har måttats in. Byssans placering är också inmätt och utmärkt i skissen (fig. 29).

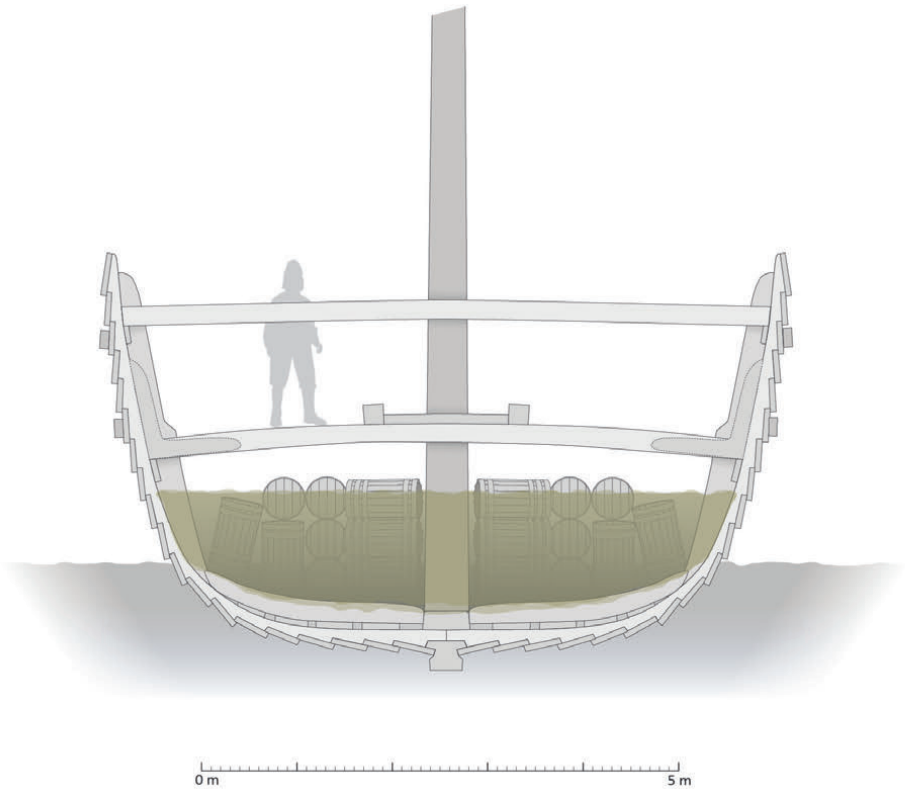
För att få en uppfattning om skeppets dimensioner är människor av cirka 1,65 meters längd inplacerade i bilden ovan.

De skeppsdetaljer och riggdetaljer som hittills dokumenterats ligger sammantaget till grund för en rekonstruktion av hur skeppet kan ha riggats (fig. 30).

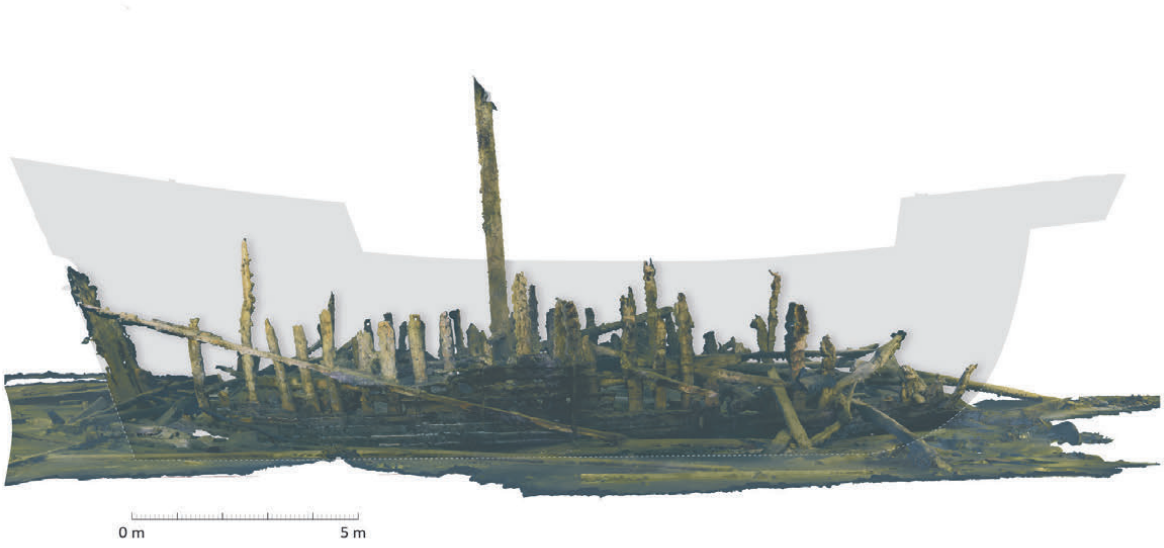
Formen och konstruktionen av både för- och akterkastellet är schematisk. Från förmasten har endast ett rå hittats hittills. Möjligen kan det andra rået finnas bland de vrakdelar som ännu inte kunnat dokumenterats.



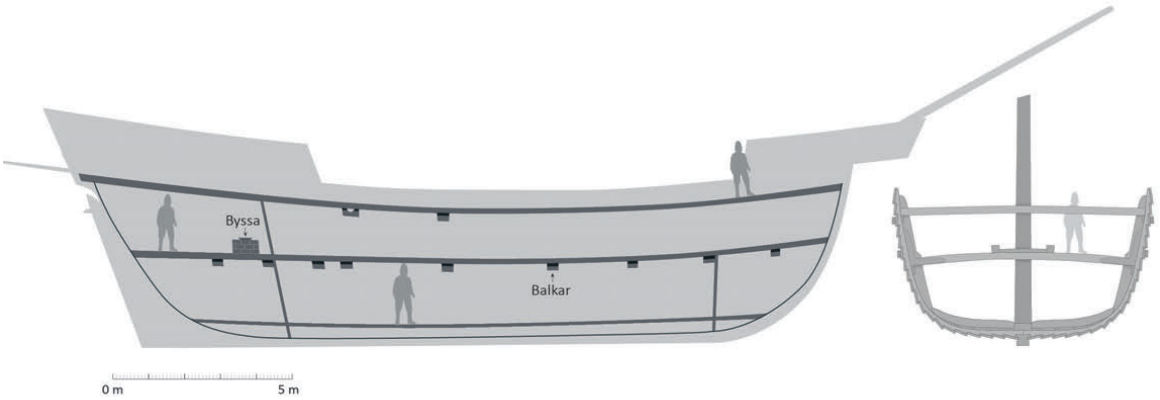
FIGUR 27A. Bilden visar hur en 3D-modell kan användas i dokumentationssyfte på ett bra sätt. Modellen kan skivas upp där man önskar. Detta ger en god bild av skrovets kurvatur, var sjöbotten ansluter samt hur mäktigt sedimenten fyllt upp skeppets inre. 3D-modell: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM.



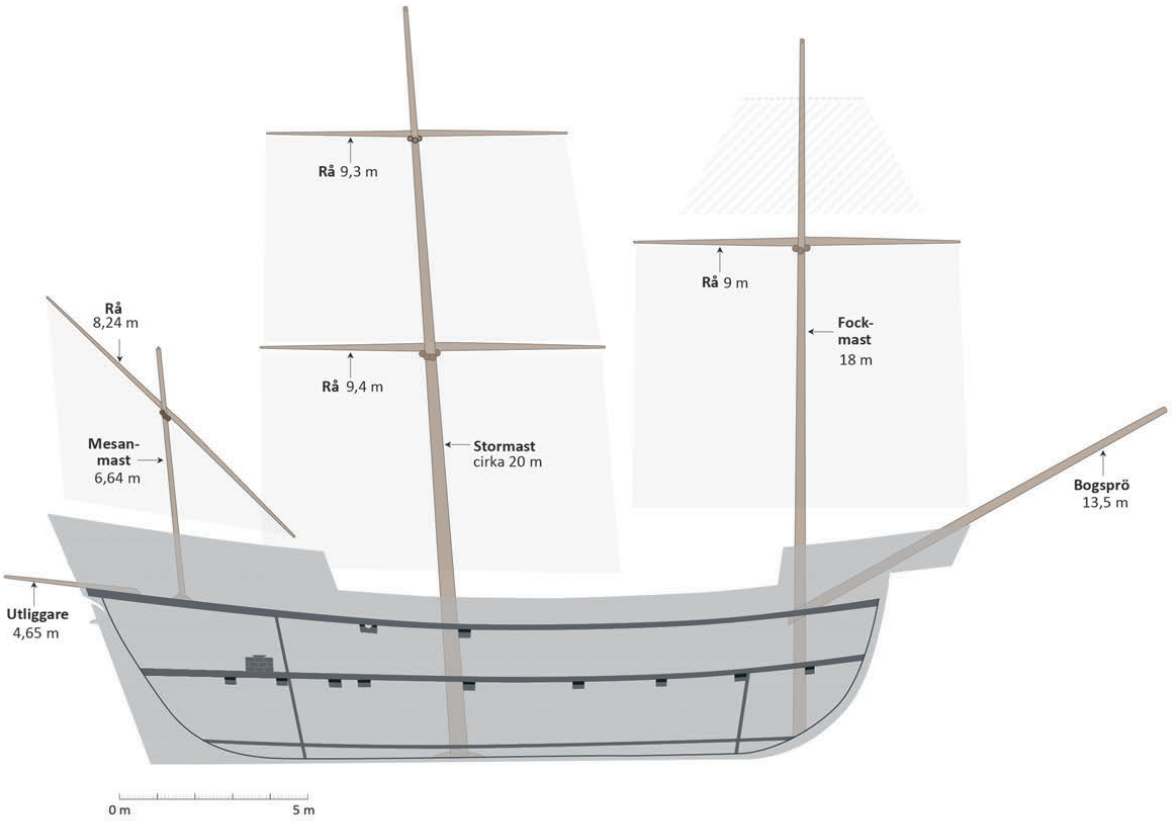
FIGUR 27B. Utifrån 3D-modellen har det varit möjligt att dokumentera och rekonstruera skeppets profil i mitten av skrovet, precis för om stormasten. Områdena under sedimenten i skeppet samt området under sjöbotten är uppskattat. Kurvaturen har uppskattats på skeppstimmer som stinnare (stående inre förstärkande timmer) som visar en svag böjning där sedimenten börjar inne i skeppet. Tre lager med tunnor skulle utifrån denna uppskattning kunna vara rimligt. Skiss: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. Grafik: Alexander Rauscher.



FIGUR 28. En kontur börjar ta form på Osmundvraket. 3D-modell: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. Grafik: Alexander Rauscher.



FIGUR 29. Dokumentation i fält har tillsammans med 3D-modellen gjort det möjligt att ta fram ett rekonstruktionsförslag. Skiss: Jim Hansson Vrak – museum of Wrecks/SMTM. Grafik: Alexander Rauscher.



FIGUR 30. Måtten på riggdetaljerna har tagits från 3D-modellen och sedan placerats på deras mest troliga plats. Notera utliggaren i aktern. Stormasten är i sin ursprungliga position, förmastens utskärning finns på modellen, men mesanmasten har placerats utifrån skotets bredd och dess längd och i jämförelse med historiska bilder. Skiss: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. Grafik: Alexander Rauscher.

Föremål ombord

Hur såg livet ombord ut på ett handelsskepp under mitten av 1500-talet? Vilka föremål speglar sjömännens vardag och liv ombord?

Under de dykningar och undersökningar som hittills gjorts har ett stort antal synliga föremål noterats som kan kopplas till hur livet ombord faktiskt kan ha sett ut. Det handlar bland annat om föremål i aktern: mindre förslutna byttor i trä, slev, sked, borrsväng och verktygshandtag som finns där kajutan varit.

Längst akterut i fartyget påträffades ett ämbar med tjära. Ämbaret är öppet utan lock och har haft två grepar (handtag) som nu delvis är hårt korroderade (fig. 4). Tunnan kan ha innehållit tjära för fartygets löpande underhåll, och ämbaret har använts vid sådana underhållsarbeten.

I samband med misstänkt plundring i modern tid har ämbaret flyttats (se figur 4).

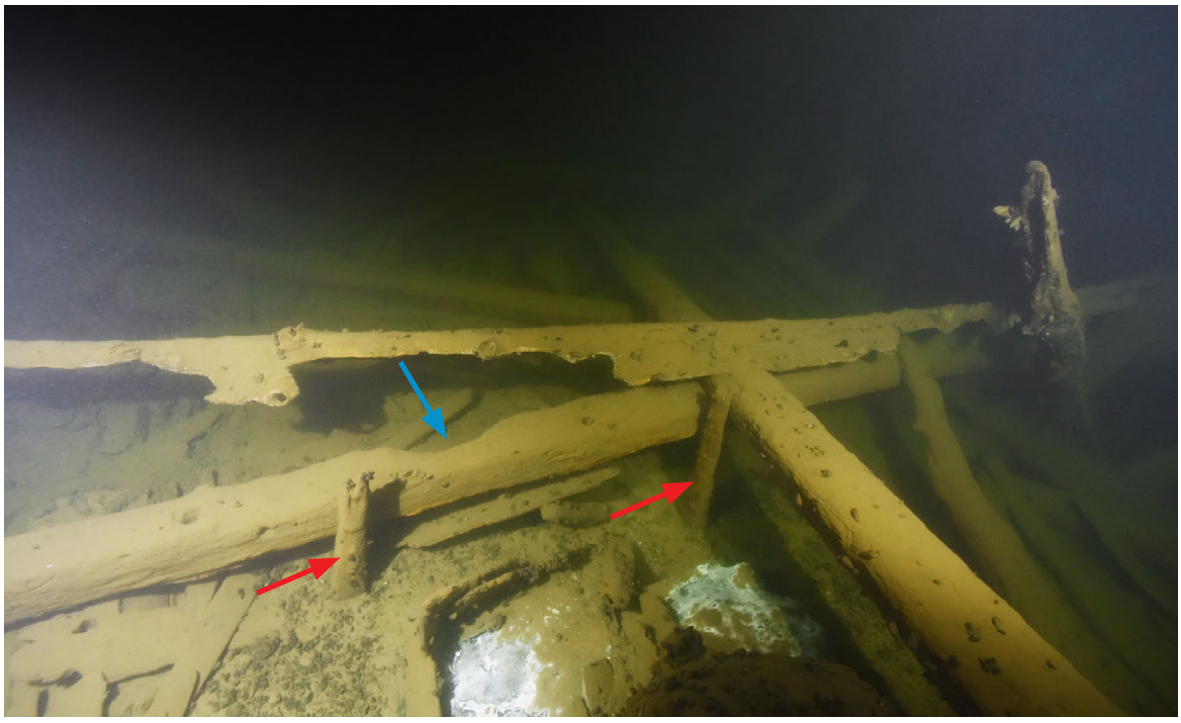
I fören, där det sannolikt varit ett slutet/däckat utrymme, påträffades läderfragment av skor, möjliga rester av textiler och troliga spår av kosthållningen i form av djurben. Alla dessa fynd har stor potential att kunna berätta just detta men det krävs ytterligare undersökningar för att få en bättre bild av detta.

Vid den arkeologiska utgrävning som genomfördes 2021 påträffades relativt få fynd i det schakt som undersöktes. Detta var väntat då lastrummet i denna del av fartyget varit öppet. Skeppet har, som tidigare nämnts, inte haft ett täckt däck utöver i fören och aktern. Fiskben av olika slag fångades dock upp i sållet på dykpontonen, liksom fragment av andra typer av ben. Bland annat en del av ett renhorn. Renhornet, som delen i sållet kom ifrån, påträffades senare mellan tunnorna i lastrummet och bärgades då. Renhornet var en del av lasten. Materialet har analyserats, och ger ytterligare en dimension till skeppets last (bilaga 4). Även läderfragment och järnfragment påträffades i sållet.

I byssan står fortfarande idag en koppargryta (fig. 32).

Direkt nedanför, något längre mot aktern, påträffades en trefotsgryta av rödgods som daterats till 1540-talet (e-post, Michael Johansson 2020-01-19) (fig. 33). I anslutning till platsen för trefotsgrytan ligger en trasig bronsgryta. Någon datering eller närmare dokumentation av grytan har ännu inte genomförts.

Trefotsgrytan var intakt sånär som på ett ben som saknades.



FIGUR 31. De tunnare timren som står lodrätt i bilden (röda pilar) bedöms kunna vara delar av skottet till kajutan. Notera urtaget i balken som sannolikt varit till för alpumpen (blå pil). Den vänstra tunnan i bild är provtagen och daterad till 1540-talet (bilaga 1). Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0106).

FIGUR 32. I byssan, den murade spisen, står fortfarande en koppargryta på plats. Undrar vad man tillagade där? Till vänster i bild, under däck, syns en osmundtunna liggandes utanför kajutan i det öppna lastrummet.
Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0107).

FIGUR 33. Nedanför byssan ligger två köksredskap. En trefotsgryta i rödgods och en gryta som sannolikt är av brons. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0108).

Tyvärr har trefotsgrytan försvunnit från vrakplatsen, vilket upptäcktes av SMTM vid dykbesiktningar i juni 2019. Genom detta har ovärderlig information gått förlorad. Bronsgrytorna på samma plats ligger dock kvar.

I aktern, där kajutan legat, hittades en mindre träsked och en helt intakt soppslev (fig. 34).

I miljön nära byssan finns också flera andra föremål, bland annat en borrsväng som sannolikt ingått i skeppets utrustning (fig. 35).

I aktern på babordssidan hittades några läderfragment bredvid en osmundtunna (fig.36).

Strax för om byssan på däcket ligger ett ca tre meter långt kraftigt järnföremål (fig. 37).

Föremålet verkar ha ett runt tvärsnitt och är ca 20–25 cm i diameter. Trots att föremålet är kraftigt eroderat kan man skönja eventuella järnband som omslutit föremålet. Med uteslutning av andra möjliga järnkonstruktioner/ämnen finns det fog att anta att detta kan vara ett kanonrör. Sannolikt kammarladdad i så fall. Dock behövs noggrannare undersökningar för att verifiera objektet.

FIGUR 34. En mycket fin soppslev påträffades i vraket i aktern. Vad handtaget till vänster i bild kan ha tillhört är än så länge okänt men det skulle kunna vara del av en grytslev. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0109).

FIGUR 35. Precis under däcket, nedanför byssan ligger en borrsväng (se röd pil). Borrsvängen är välbevarad och har sannolikt ingått i skeppets utrustning. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0110).

FIGUR 36. I det skuggiga partiet i bilden syns några läderfragment (röda pilar), där bland annat stygn kan ses. Det kan vara en sula till en sko, men det kan också vara fragment av kläder. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 00111).

FIGUR 37. Längs skrovsidan strax bakom byssan på styrbordssidan ligger ett längre objekt i järn som möjligen kan vara en kanon. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0112).

Lasten

Skeppets lastrum verkar övervägande ha varit öppet/odäckat och fyllt med tunnor. I skeppets inre utrymme iakttogs initialt ett trettiotal tunnor som var exponerade ovan sedimenten (fig. 38). De flesta tunnorna verkar ligga utspridda i lastrummet. Det största antalet tunnor ligger ned men några är stående. Detta bör visa att tunnorna övervägandet bör ha stuvats liggande medan ett mindre antal har placerats stående. Troligen har flera av tunnorna förskjutits vid förlisningstillfället. För att kunna göra en mer säker bedömning av hur lasten stuvats, lastens omfattning och fartygets lastkapacitet behöver man veta hur det ser ut under sedimenten. I ett försök att rekonstruera skeppets lastrum ser fördelningen ut enligt rekonstruktionen i figur 45.

Övervägande verkar tunnorna vara lastade med osmundjärn. Vid en närmare anblick framträder tydligt de skrovliga, knytnävsstora klumparna som är karaktäristiska för osmundar (fig. 39). Ombord finns även tunnor med annat innehåll än järn. Cirka tio sådana tunnor har påträffats men det sammanlagda antalet är okänt.

FIGUR 38. Ett stort antal tunnor påträffades i vraket. På bilden kan man se tio tunnor där åtta av dem är fyllda med osmundar. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0113).

FIGUR 39. Osmundarna har korroderat och därigenom expanderat så att de överst liggande tunnorna har fallit isär. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0114).

Under den övre balknivån i aktern på både babord och styrbordssidan finns knippen med stångjärn. Babordssidans knippe utgörs av cirka 40 stångjärn (fig. 40).

En tunna som okulärt bestämdes innehålla tjära ligger i aktern, i höjd med där fartygets kajuta kan rekonstrueras ha varit. Tunnan provtogs vid fältarbetet 2020. Tre dendrodateringar har gett dateringar till 1540-tal (bilaga 1). Detta innebär att om skeppet sjunkit någon gång efter 1553 så hade tunnan då uppenbarligen använts under många år – en intressant iakttagelse med tanke på att tunnan i detta fall var fylld med tjära. Återanvände man tunnor med samma innehåll eller användes dom till allt möjligt? Efter att tunnan använts för tjära, bör man ju inte kunnat återanvända den för så många andra typer av innehåll. Ekträet i tunnlagarna har bäst korrelation med södra/sydöstra Östersjöområdet, så kanske är det här som tjärtunnan ombordförts.

Undersökning av lastrummet 2021

Vid undersökningen 2021 upptogs ett schakt som var cirka 2x4 meter i lastrummet strax för om fartygets stormast på babordssidan. Omgående påträffades ett större antal tunnor i schaktet, vilket ledde till att det inte gick att komma ner till skrovets nedre delar. Ingen tydlig lagerföljd gick att utläsa vid undersökningen. Tunnorna låg huller om buller så sediment har trängt ner och lagt sig i alla skrymslen i olika nivåer, vilket gjort att inga lager kunde urskiljas.

Mot skrovsidan påträffades tunnare björkslanor, cirka 5–10 cm i diameter. Dessa tolkas vara emballage, eller mer som skydd mot skrovsidans inre parti. Ingen heltäckande innergarnering finns varför detta kan ha varit en bra lösning.

Ett 20-tal tunnor framkom i schaktet. Av dessa var 12 tunnor mer exponerade. Av de 12 tunnorna konstaterades 11 vara fyllda med osmundar. En tunna hade ett gråvitt innehåll som antogs att möjligen kunna vara smör (bilaga 5) (fig. 41).

Vid den arkeologiska utgrävningen framkom också ett renhorn, som även det troligen varit en del av lasten (fig. 42) (se ovan). Av renhorn kunde man tillverka bland annat benkammar.

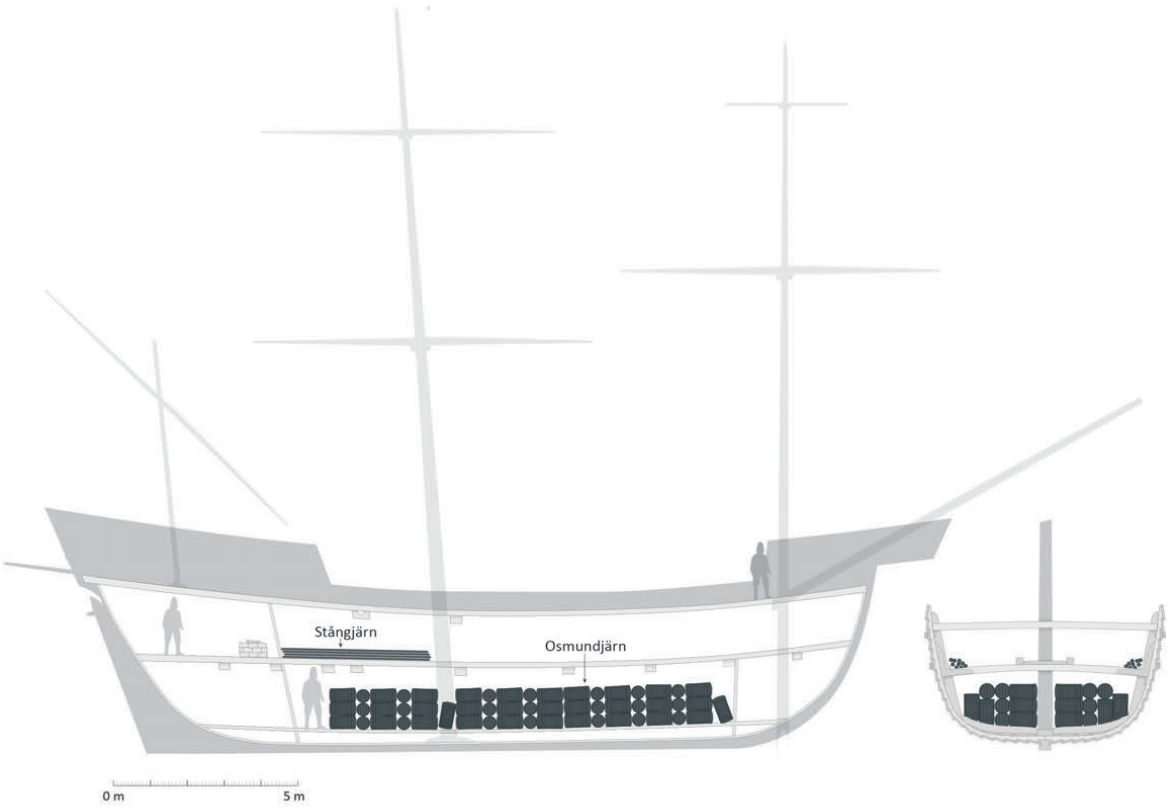
FIGUR 40. Stångjärnen ligger väl stuvade mot skrovsidan. Nedanför ligger tunnor med osmundjärn. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0115).

FIGUR 41. Tunnan var full av ett geléliknande innehåll som kan vara smör. En intressant detalj är att tunnbanden är intakta på denna tunna. På alla Osmundtunnorna är laggkärlsbanden mycket ömtåliga och håller inte ihop eller är helt borta. Kan de vara tillverkade av olika trädslag? Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0116).

FIGUR 42. Renhornet grävdes fram mellan tunnorna med osmundar i lastrummet. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0117).

FIGUR 43. Ankarkabeln verkar komma från området i fören där babords ankare kan antas finnas. Kabeln viker sedan av midskepps in mot mitten av lastrummet, strax för om stormasten. Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/ SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0118).

FIGUR 44. Ankarkabeln lades i en korg som sedan lyftes upp med en vinsch från pontonen. Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0119).



FIGUR 45. Tunnorna har troligen förvarats som på skissen, det vill säga både stående och liggande i skeppets stora öppna lastrum. Tunnor kan också ha förvarats under förskeppet, innanför det stängda och däckade utrymmet. Stångjärn har lastats nära byssan i aktern på både styrbords- och babordssidan. Stångjärnen finns under den övre balknivån men ovanför det stora lastrummet. Jim Hansson, Vrak - Museum of Wrecks/SMTM. Layout: Alexander Rauscher.

Analyser av lasten

Totalt har tjugo osmundar bärgats och analyserats. 2019 togs fem osmundar upp för analys från en tunna. 2021 bärgades 15 osmundar från fem olika tunnor. Vidare bärgades ett stångjärn från knippet i babord i samband med undersökningarna 2019. Både stångjärnet och osmundjärnen har analyserats. Det går att se tydliga skillnader mellan dessa produkter. Stångjärnet är mer homogent medan järnet i osmundarna varierar. Vad det gäller osmundarna har det bekräftats att det rör sig om osmundjärn samt att det finns variationer som kan indikera att osmundarna har olika ursprung. Se bilaga 2.

En tunna, som provtogs vid fältundersökning 2020, kan bestämmas innehålla tjära. Dendroanalys visade att tjärtunnan var konstruerad av ekstavar. Tunnan kan dateras till 1540-tal. Detta innebär att om skeppet sjunkit någon gång efter 1553 så hade tunnan då uppenbarligen använts under många år – en intressant iakttagelse med tanke på att tunnan i detta fall var fylld med tjära. Återanvände man tunnor med samma innehåll eller användes dom till allt möjligt? Efter att tunnan använts för tjära, bör man ju inte kunnat återanvända den för så många andra typer av innehåll. Ekträet i tunnlagarna har bäst korrelation med södra/sydöstra Östersjöområdet. Alltså är det eventuellt där som tunnan ombordförts.

Innehållet i den tunna som påträffades vid undersökningen 2021 och som innehöll något smörliknande har analyserats. Ett förslag efter den första analysen är också att det kan vara smör. Mer analyser krävs dock för att fastställa detta. Prover har även analyserats från nio andra påträffade tunnor som hade annat innehåll än järn (lst beslut: 431-46427-2021). Övervägande kan de bestämmas ha organiskt innehåll. Exakt vad tunnorna innehållit har dock inte kunnat fastställas. Se bilaga 3.

Osmundtunnorna

Osmundtunnorna är något mindre än de övriga tunnor som dokumenterats ombord, framför allt avseende diametern på tunnorna (se tabell 1).

En annan sak som skiljde osmundtunnorna från övriga var att alla synliga laggstavar på osmundtunnorna hade en märklig skarv eller ett brott mitt på staven. Det är anmärkningsvärt då inga av de övriga tunnorna uppvisade likadana detaljer (fig. 46).

På insidan av alla stavar som är synliga finns ett urtag som verkar vara omsorgsfullt uthugget (fig. 47).

TABELL 1. Dokumentation av tunnor från schaktet. Sex tunnor dokumenterades:

Namn	Längd	Diameter	Längd mellan locken	Stavarnas tjocklek	Innehåll
T1	790 mm		670 mm		Osmund
T2	860 mm	340 mm	740 mm	20–25 mm	Osmund
T3	850 mm	365 mm	730 mm	15–20 mm	Osmund
T5	770 mm	480 mm	680 mm	10–15 mm	Möjligen smör
T6		410 mm			Osmund
T7	730 mm				Osmund

FIGUR 46. Stavarna på samtliga av de tunnor som innehåller osmundjärn har ett tvärsgående urtag i mitten på insidan, något som inte kunnat iakttas på tunnor med annat innehåll. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0120).

FIGUR 47. Urtaget syns tydligt på bilden. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0121).

Det verkade också som att osmundtunnornas var mer grovhuggna i sitt utförande, än övriga tunnor som är synliga ombord. De var naturligtvis inte avsedda att vara täta i och med sitt grova innehåll. Tjärtunnorna exempelvis var tvungna att tillverkas med större omsorg för att få dom täta. Vi vet att man efter 1450-talet var tvungen att visa allt innehåll i en osmundstunna vid förtullningen som skedde på Järntorget i Gamla stan (Muntligt Gert Magnusson). En möjlig tolkning är att tunnorna kan ha konstruerats för just osmundjärn och därför behövde vara möjliga att enkelt öppna för att kunna visa innehållet för tullen. En av tunnorna (T3) har dokumenterats och utifrån tunnans mått har ett rekonstruktionsförslag gjorts (fig. 48a, 48b).

Den rekonstruerade tunnan:

Alla hittills undersökta tunnor har haft olika typer av bomärken inristade. På ett av locken fanns bomärken inristade både på insidan och utsidan. En möjlig förklaring till detta skulle kunna vara att tunnlocket är återanvänt av olika ägare.

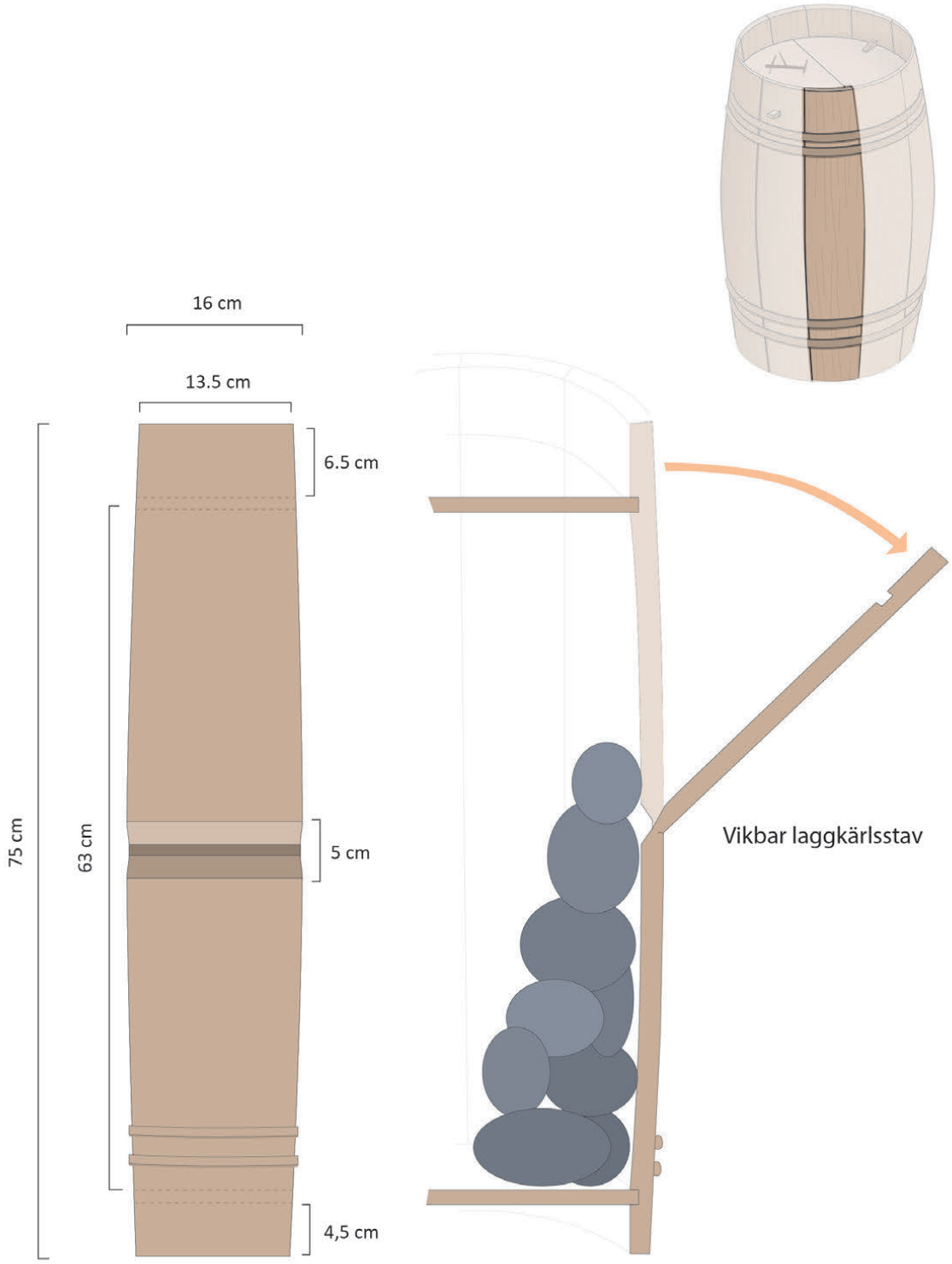
Efter undersökningen 2021då lastrummet delvis frilades midskepps har det uppskattats att cirka 100 tunnor förvarades i lastutrymmet på Osmundsvraket. De flesta av dem innehåller sannolikt osmundjärn.

När det gäller konstruktionen av osmundsfaten så skiljer de sig i storlek, utformning och utförande från andra fat, som till exempel tjärtunnor. Den typ av tunnor som sannolikt varit öppningsbara och som nu hittats på Osmundvraket har, såvitt vi vet, bara hittats på fyra platser i Östersjön: Osmundvraket, fyndet Mönchgut 92 från andra hälften av 1450-talet i Tyskland (Auer, Schmidt 2018:3), F53 .15 ”Rudowiec” i Polen daterat till 1620-talet (National maritime museum in Gdansk, Sketchfab, 2023-09-26), och Nargenvraket i Estland från 1570-talet (muntligt, Ivar Treffner via e-post 2023-07-28). Vad dessa har gemensamt är att de alla hade tunnor med osmundjärn i sin last med denna konstruktion. Inga tunnor med annat innehåll än osmundjärn har alltså setts med denna konstruktion hittills. Detta sammanfaller sannolikt, som beskrivits ovan, med att man på Järntorget i Stockholm var tvungen att visa upp hela innehållet i osmundstunnorna. Förmodligen kan detta ha varit ett försök att lösa problemet med felaktigt fyllda osmundtunnor (dåligt packade och/eller försedda med helt eller delvis fel innehåll). Det kan dock inte helt uteslutas att urtagen haft en annan funktion, exempelvis att laggstavarna lättare skulle kunna böjas.

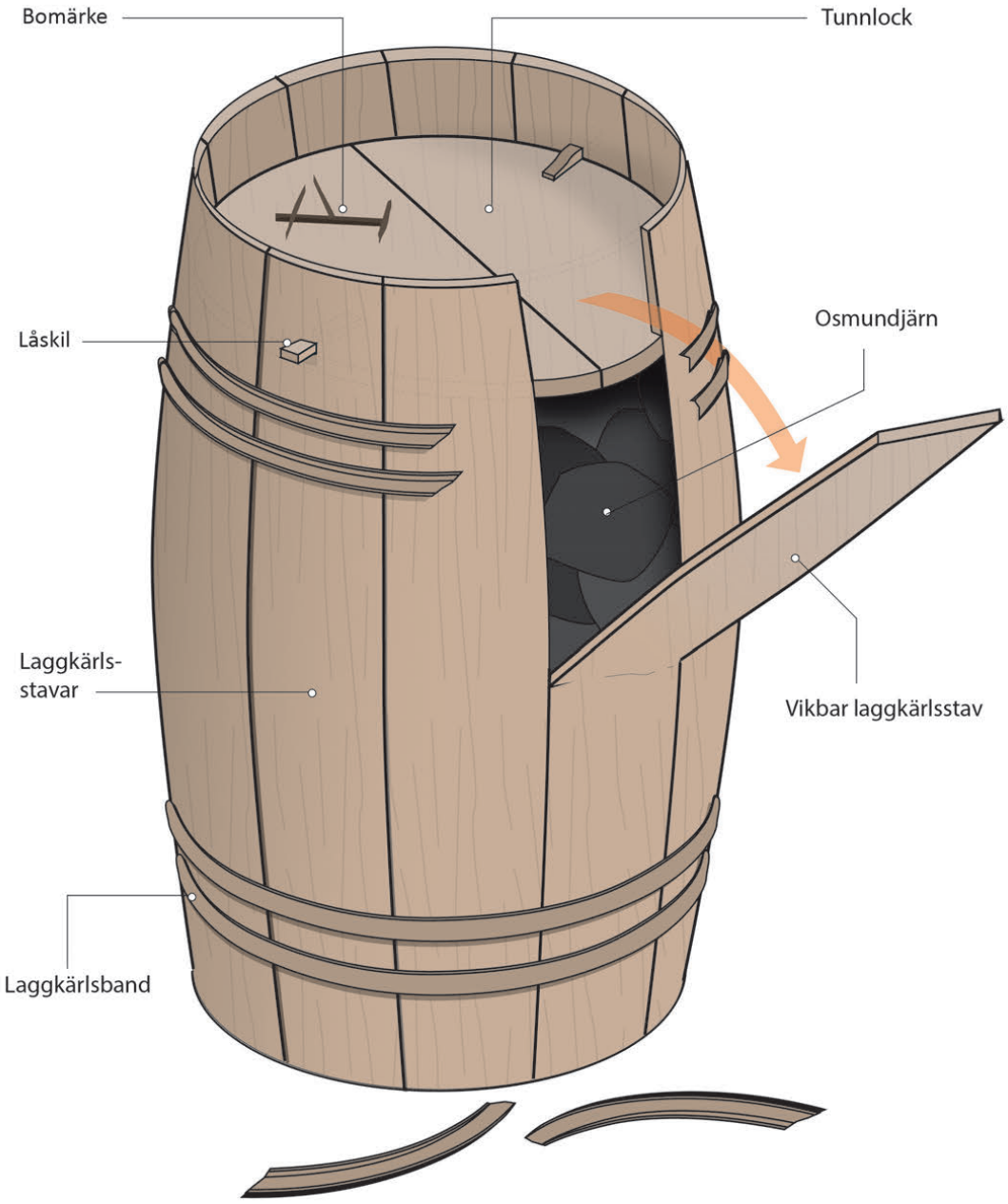
Totalt bärgades sju tunnlock/bottnar. Dessa var väldigt välbevarade och i flera fall såg de ut att vara intakta (fig. 49). Fem av locken hade bomärken inristade (bilaga 5).

Vad dessa bomärken egentligen betyder är ännu oklart. Kan det vara bergsmännens bomärken? Eller är det tullarens/kontrollanten markering som kontrollerade innehållet vid Järntorget? Eller kanske är det köparens bomärke?

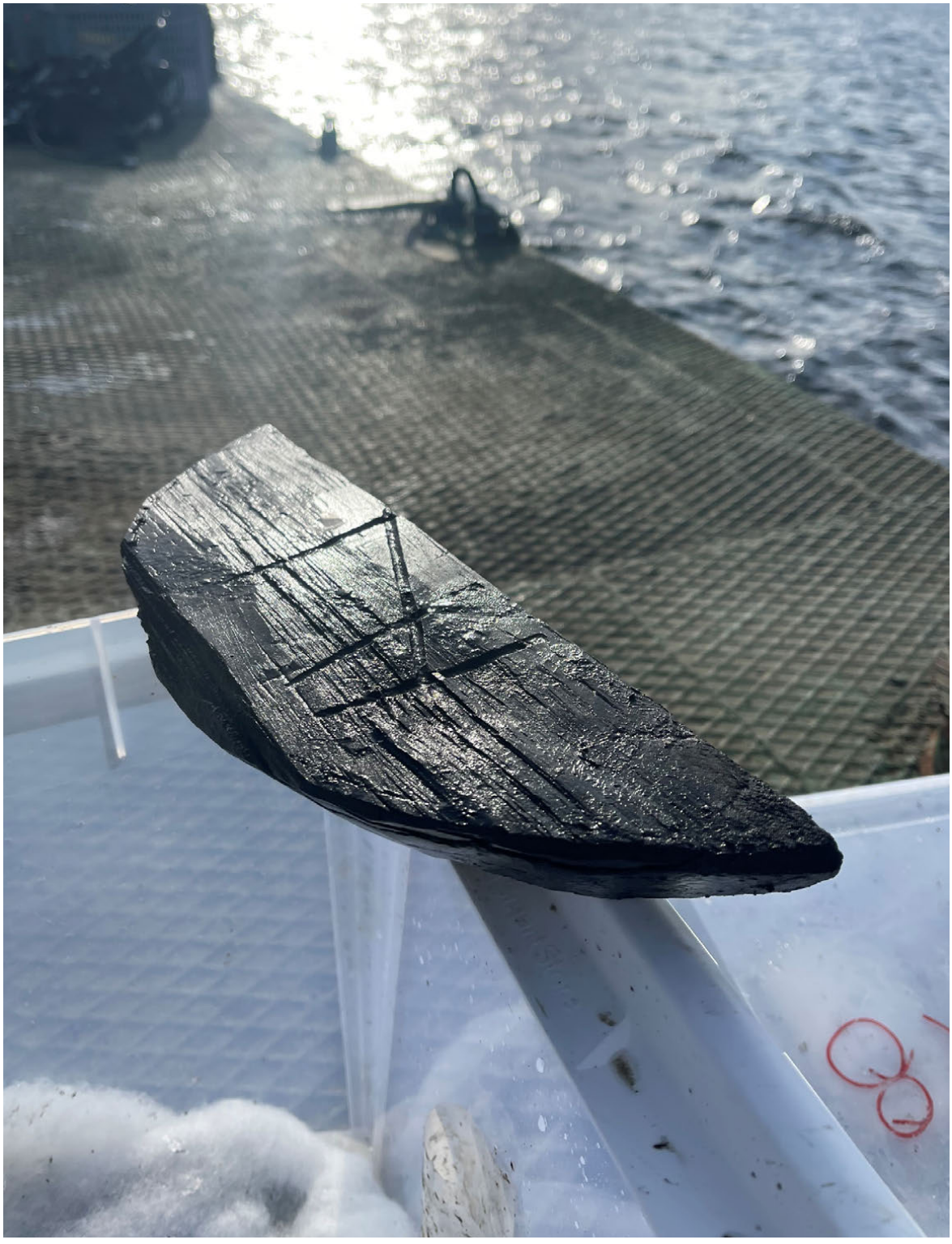
År 1430 skrev kommendören för Tyska Ordens slott i Fellin (est. Viljandi) i nuvarande södra Estland två brev till stadsfullmäktige i Reval (Tallinn). I dessa brev berättar kommendören att en köpman i hans tjänst köpt osmund i Stockholm med kommendörens pengar och låtit märka tunnorna med kommendörens märke – som ett tecken på ägande. Osmunden tillvaratogs sedan och kommendanten var tvungen att belägga att det var hans märke på tunnorna för att bevisa äganderätten (Hildebrand 1884: 130 och 177). Detta kan indikera att det även på osmundtunnorna i Osmundvraket handlar om köparnas bomärken.



FIGUR 48A. Rekonstruktion baserad på den bärgade staven från tunnan T3. Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. Layout: Alexander Rauscher.



FIGUR 48B. Den rekonstruerade tunnan. Jim Hansson Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. Layout: Alexander Rauscher.



FIGUR 49. Ett av tunnlocken från en osmundtunna som bärgades vid utgrävningen 2021. Utformningen är PÅFALLANDE GROV. Foto: Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks/SMTM. (Digitalt museum: Fo VK. V: 0122).

FÖRDJUPNING – OSMUNDVRAKET I EN STÖRRE KONTEXT

Bergslagen och produktion av järn

Järnet har en lång historia i Sverige som sträcker sig tillbaka till bronsåldern, då rester från järnframställning och bearbetning har påträffats (Hjärthner-Holdar 1993:183). Blästbruket, som främst utnyttjade sjö- och myrmalmsfyndigheter, har utövats sedan åtminstone 700 f.v.t. Det fortsatte att vara i bruk under hela järnåldern och senare även sida vid sidan med den nya masugnstekniken (Karlsson et al. 2016: 569f; Franzén 2015:66).

Under medeltiden inleddes och intensifierades järnproduktionen i Bergslagen med masugnstekniken vilken reducerade bergmalm. Redan på 1100-talet och möjligen ännu tidigare börjar bergslagen växa fram. Under 1300-talet fanns redan minst 200 aktiva masugnar. Under denna period gick produktionen av järn från bergmalm i Bergslagen från 0 till cirka 300 ton tackjärn per år (Karlsson 2015). Detta var en följd av att behovet av järn ökade i takt med att riket moderniserades allt mer. Den ökade järnproduktionen var dock även en förutsättning för denna utveckling. Bergsrätten växte fram som ett svar på främst det inhemska behovet och de olika bergslagen var reglerade av kungliga privilegier. Med tiden tillkom en kunglig regalrätt över de svenska malmförekomsterna (Lindkvist 2015, Berglund 2015:447f).

Kontrollen över handeln med järn fick stor betydelse och det utgjorde sannolikt det medeltida Sveriges främsta ekonomiska resurs. Stockholms betydelse ökade genom att platsens geografiska läge gav möjligheten att kontrollera både exporten och handeln med järnet (Lindkvist 2015: 46).

När det gäller Bergslagen finns en lång forskningstradition som sträcker sig från 1700-talet och fram till idag. Forskningen har främst inriktats på masugnsprocessen ur ett tekniskt och ekonomiskt perspektiv, med fokus på masugnens ålder, tekniska utformning och funktioner som leder till huvudfrågan om produktionskapacitet (Magnusson 1985, 2003, Björkenstam 1990, Bentell 2015, Karlsson & Ask [red] 2010).

Teknik och processen har även undersökts genom metallurgiska analyser (Björkenstam & Fornander, 1985, Modin & Modin 1985, Björkenstam 1990, Buchwald 2008). När det gäller masugnens ålder har denna diskuterats under lång tid. En av de första undersökningarna av en hyttplats i Bergslagen Lapphyttan utanför Norberg, gav nya resultat på 1980-talet och påvisade då att den äldsta daterade masugnen i Europa låg i Sverige (Magnusson 1986). Ett arkeologiskt resultat vilket fortfarande gäller idag.

En ekonomisk aspekt som har prioriterats är hur mycket järn som har producerats vid enskilda masugnar och hur mycket järn vi potentiellt kan räkna med att Bergslagen producerat (Berglund 2015, Magnusson 2003, 2015, Pettersson Jensen & Karlsson 2011). Här har flera beräkningsmetoder prövats, från en utgångspunkt i medeltida skriftliga källor eller uppskattningar av järn utifrån slaggförekomst till experimentella uppskattningar. Utifrån dessa beräkningar kan handel och framför allt export diskuteras.

Bergslagens medeltida ursprung i de glest befolkade skogarna i det skandinaviska inlandet var startpunkten för en modernisering av medeltidens samhälle (Lindkvist 2015). Att förstå Bergslagens förutsättningar och exceptionella expansion under en lång tidsperiod är ett viktigt bidrag till Europas historia, då Sverige från mitten av 1100-talet till 1900-talet under långa perioder var en av världens främsta järnproducenter. Vid mitten av 1600-talet svarade järn och koppar för ca 80% av det samlade svenska exportvärdet (Isacson 2011:86). Brytningen av malm och produktionen av järn i Bergslagen var en angelägenhet både inom och utanför Sveriges gränser.

Bergslagen har även studerats ur ett ekonomiskt och juridiskt perspektiv (t.ex. Lindkvist 2015, Franzén 2015). Flera forskare har tagit ett bredare grepp med utgångspunkt från produktion, transport, handel och arbetsinsats (Magnusson 2011, 2015, Berglund 2015, Pettersson Jensen & Karlsson 2011) men oftast fokuserat på förutsättningar och

utbredning i Sverige. Från ett fokus på teknik och produktion är det nu dags att utifrån dessa samlade erfarenheter fokusera på handel och export.

Sveriges ekonomi och export utvecklades ur den process i skogslandskapet som med innovation, ekonomiska och tekniska resurser samt komplexa system av aktörer som skapade Bergslagen. I materialet från ett pågående projekt *Atlas över Sveriges Bergslag* träder Bergslagen fram som en hörnsten i ett nationellt ekonomiskt system. Historiskt sett har det inom bergshistoria legat störst fokus vid forskning kring teknik och tekniska processer, produktion och ekonomi i ett nationellt perspektiv. Hur järnet exporterats och sedan använts har i många fall utelämnats från forskningen som utgått från och fokuserat på svenska lämningar av produktion i form av arkeologiskt källmaterial och skriftliga källor.

Många av de medeltida städer som etablerades var starkt kopplade till handel och transport av järn och koppar. Det nya landskap som växte fram och de företeelser som vi ofta identifierar som urbana eller moderna och skulle även kunna användas för vidare analys av Östersjöns handelsnätverk. Detta kan i sin tur leda till ett mer nyanserat betraktelsesätt när det gäller historisk, marinarkeologiska och arkeologisk forskning i gränslandet utanför de landområden som oftast belyses under medeltid och nyare tid. Att vatten förenar skrivs ofta i samband med transport och sjöfart. Med denna utgångspunkt för studier av Östersjön och dess järnhandel finns nu en möjlighet att komplettera med forskning kring sjöfart, handel och export i ett internationellt perspektiv med utgångspunkt från Osmundskeppet.

Handelskontakter på Östersjön

Sjöfarten har ända sedan vikingatiden varit viktig på Östersjön. Förmodligen längre tillbaka i tiden än så. När kristendomen började få fotfäste i början av medeltiden så medförde det även att nya kunskaper och byggnadsmaterial infördes. Bland annat konsten att bränna kalk och tegel. Spelreglerna ändrades och nya handelsrutter skapades. Detta ledde till nya handelspartner och nya exportvaror som skulle skeppas mellan olika hamnar i Östersjön.

1241 bildade Hamburg allians med Lybeck i syfte att kontrollera handelsvägarna kring Östersjöområdet. Alliansen blev början på handelsförbundet Hansan, som sedan kom att dominera handeln i området (Kallioinen 2012:41). Hansan, som i grunden var en sammanslutning av tyska handelsmän och senare köpstäder, syftade till att upprätthålla handelsrelationer och handelsprivilegier samt skydda handelsmän och deras varor på resorna. Organiserade samarbeten av detta slag fanns redan från 1100-talets mitt, men Hansans storhetstid kan räknas från ca 1250 till 1400-talets början (Mehler 2014).

Hansans geografiska operationsområde var enormt, med en kärna i de tyska städerna Lybeck, Wismar, Rostock, Stralsund och Hamburg, samt Visby. Sjöhandeln på Östersjön var den huvudsakliga verksamheten (Mehler 2014:212). Via utlokaliserade s.k. kontor, i till exempel Novgorod, Bergen och London organiserades mer långväga handel.

Den för Sverige viktiga exporten av koppar och järn skadades under 1400-talet då Hansans handelsdominans utmanades, vilket bland annat ledde till en revolt mot unionskungen Erik, eftersom i princip all export från Sverige (och även Danmark) kontrollerades av samhällseliten som stödde Hansan (Westerholm 2002:126).

1669 hölls den sista hansedagen i Lybeck. Då hade de makt- och samhällspolitiska förhållandena i Europa förändrats sedan länge, framför allt hade territorialfurstendömena blivit starkare och medgav inte längre utrymme för Hansans självständiga ekonomiska politik. Nedgången var en succesiv process, Hansans handelsmonopol utmanades och bröts av bland annat politiska allianser (som exempelvis Kalmarunionen) och konkurrerande handelsorganisationer). Mot 1500-talets slut var Hansans dominans definitivt bruten och organisationen döende (Westerholm 2002:121–130).

Skeppstyper

I och med den numera organiserade handeln samt tyngre exportvaror så utvecklades större och lastdrygare skepp än de som seglat under vikingatiden. Skeppen kom att kallas koggar. Skeppen var breda och hade högre skrov vilket medförde att man kunde ta större laster och på så sett göra större vinst. Skeppen byggdes med raka stävar och hade en mast med råsegel. Botten på koggar är byggda på kravell medan sidorna på skrovet var a byggd på klink. Tidigare, enligt den nordiska traditionen så byggdes skeppen enbart på klink. Koggarna kom att konkurrera ut dom mindre klinkbyggda skeppen och var dominerande fram till åtminstone 1400-talet. För det fanns en annan skeppstyp

som också omnämndes i arkiven. Skeppet kallades för holk. Holken skall ha varit ett av de största handelsfartygen och som byggdes på med den traditionella nordiska traditionen, det vill säga på klink. Sannolikt hade skeppet två till tre master. De större handelsskeppen i Nordeuropa under medeltiden brukar alltså kallas för både holkar och koggar. Tyvärr finns det ingen bra beskrivning av hur dom sett ut eller varit konstruerade. Kanske var det då bara benämningar på de största last-skeppen? Kanske hade dom olika benämningar beroende varifrån dom kom? Samma fartyg kallades ibland för kogg och ibland för holk. Allt eftersom handeln blev mer utbredd har skepps-byggeriet förändrats, så att fartygen blev större och kunde ta mera last. Holken som benämning blir mer frekvent under 1400-talet. Inledningsvis verkar det som att Holken haft en mast men kring 1550 skall dessa utrustats med tre master (Mortensön 1995:44). Holken skall inte ha haft ett genomgående däck utan lastrummet var öppet (Mortensön 1995:44).

Begreppet holk verkar ha använts fram till cirka 1550-talet. Av de olika skeppstyper som existerade samtidigt verkar holken ha varit vanligast för handel västerut och för längre transporter på Östersjön (Glete 1977:27). I källmaterialet kan man se att det förekommer ett antal holkar i nordiskt 1540-tal. Under mitten av 1500-talet byggdes flera stora holkar som handels- och örlogsskepp i Sverige, bland annat skeppen Åbo *Furuholken* om 200 läster, *Kalmar Holken*, Åland *Furuholken* och *Viborgs Holken*. Skeppet *Nye Holken* såldes av kronan år 1546. Skeppet *Löse Holken* byggdes sannolikt av fogden på Älvsborg omkring 1539 och såldes 1549 till några borgare i Stockholm. I Västervik bygger Gustav Vasa *Västerviks Holken* 1548–49. Det är några exempel som visar på att holkarna verkar ha varit skepp som även använts av det övre skicket i samhället.

Under slutet av 1500-talet verkar dock holken ha försvunnit. Nya skeppstyper dök upp byggda på framför allt kravell som kom att dominera den tyngre handeln många århundraden framöver. Skeppet *Gyllenstiernan* som Jöran Eriksson Gyllenstierna till Fågelvik sålde till kronan 1575 kan ha varit en holk eftersom den uppenbarligen ansågs omodern och monterades ner redan 1586 (Glete 2010). Holländarna blev sedan dominerande med sina dryga lastskepp som var billiga att bygga samt dom bästa skeppen (Mortensön 1994:47).

Osmundvraket har sannolikt varit ett relativt stort skepp för sin tid och vad vi kan få fram av arkiven så ligger holken när till hands. Hur holken var konstruerad vet vi som sagt inte men kanske kan detta vrak ge svar på vilken skeppstyp som skeppade osmundjärn under mitten av 1500-talet. Var de någon av stormännens skepp?

Osmund och stångjärn

Frågan om osmunden har varit en viktig forskningsfråga under en lång tid. 1970 bildades den så kallade Osmundgruppen vid Jernkontorets bergshistoriska utskott. Osmundgruppens syfte var att undersöka osmundjärnet i fråga om vad som karaktäriserar en osmund, dess tekniska utveckling, kvalitet, ursprung, spridning, tillverkningssätt och metallurgiska egenskaper. En av forskarna som deltog var språkvetare Karin Calissendorff. Hon konstaterar att begreppet osmund har ett oklart ursprung men att det är välkänt från medeltida dokument. Det nämns för första gången 1279 i England som en vara importerad från Sverige. I en artikel från 1971 ”Om ordet osmund” konstaterar hon att ”*Ett flertal skepp har sjunkit med osmundfat ombord – …. . Kanske lyfter marinarkeologerna en dag ett medeltida osmundfat ur havet*.” (Calissendorff 1971:5). Nu 50 år senare har vi äntligen chansen att se detta bli verklighet.

Under de senaste åren (2010–2015) har även projektet ”Järnet och den medeltida moderniseringen” Behandlat frågan. I detta projekt ingick även en omfattade kartläggning och analys av arkeologiska fynd av osmundar. Kartläggningen har gjorts av Anders Wallander och redovisas i rapporten ”*Osmundjärn. Inventeringar och analyser av osmundar från arkeologiska undersökningar i Sverige*” som publicerades 2018.

Idag vet vi att osmunden består av det färskade tackjärnet som höggs i mindre klumpar som kallades osmundar. Det skulle gå 24 osmundar på ett lispund, det vill säga 6,8 kilo, vilket blir en styckevikt på 283 gram (Wallander 2015:130).

Gustav Vasa ville ersätta osmundjärnet med stångjärn, och de äldsta spåren av stångjärnssmide är från 1528 (Hallerdt 2003: 40). Stångjärnet var en exportvara som ytterligare förädlats i jämförelse med osmunden vilket möjliggjorde större inkomster vid export. Stångjärnet gjorde ett mindre intåg under 1500-talet, men produktionen kom dock först i gång på allvar när osmundsmidet avtog (Hildebrand 1987:46). Vid 1600-talets inledning var osmundjärn fortfarande den dominerande produkten, men under seklets gång utvecklades järnproduktionen och exporten kom att öka markant (Hallerdt 2003:40).

Transport och export av järn

Innan industrialiseringen var transporten av järnlaster beroende av vattenfarleder. Detta var förknippat med en rad försvårande omständigheter. Sjöfarten var begränsad under vintern och således också järnexporten. Därtill gick tiden mellan exportör och importör inte säkert att beräkna (Hildebrand 1987:101). Till viss del skedde dock transporten vintertid med släde och via vattenvägarna. Exempelvis till Hindersmässan i Örebro som hölls för första gången på 1300-talet, en marknad där bergsmännen från Bergslagen sålde sitt järn. Mälaren samt dess tillflöden och utflöden har länge bildat viktiga vattenvägar. Transporter från Bergslagen följde farleder, såväl på vatten som på land, ner mot städerna längs Mälarens stränder (Hallerdt 2003:38f). Väl i Mälaren gick den huvudsakliga leden från Arboga till Stockholm via Strängnäs, där transporter anslöt från städer som Köping, Torshälla och Västerås längs vägen (Hallerdt 2003:45).

Från mitten av 1200-talet till 1800-talet var Sverige under långa perioder en av världens främsta järnproducenter (Red Nisser & af Geijerstam 2011). Från mitten av 1500-talet går det att jämföra exporten av osmundjärn i olika svenska hamnar. Stockholm var ledande med mellan 2 000 och 3 000 ton per år. Även Gävles hamn tycks ha varit betydande med upp till omkring 500 ton per år, medan övriga hamnar verkar ha haft mindre omfattande export av osmundjärn (Fritz 1971:17).

Från samma tid finns också uppgifter som kan visa på den totala exporten av järn. Exporten av osmundjärn låg totalt mellan 3000 och 4000 ton per år under 1500-talets andra hälft. Stångjärnet ökade kraftigt i betydelse, från ett par hundra ton runt mitten av 1500-talet till att stiga över tusen ton senare under 1500-talet och i början nästa århundrade. Den svenska järnexporten bestod därmed främst av osmundjärn fram till dess att detta förbjöds, varpå stångjärnet ökade ytterligare i betydelse (Fritz 1971:16f). Under 1600-talet stod järn och koppar för 80 % av landets exportvärde. Omkring 1750 svarade järnet för ca 70 % av hela den svenska exporten (Red Nisser & af Geijerstam 2011).

Det svenska osmundjärnet exporterades till flera olika delar av Europa under senmedeltiden. De största importörerna var de nordtyska hamnarna, där Lübeck/Hamburg var störst vid 1300-talets slut. Exporten till engelska hamnar var mindre omfattande men ändock betydande. Nederländerna kom att spela en allt större roll som importör under slutet av 1400-talet (Berglund 2015: 88). Mot slutet av 1500-talet var Danzig den största importören av svenskt osmundjärn, där det sedermera förädlades till stångjärn och exporterades vidare mot Västeuropa (Hildebrand 1987: 17). När stångjärnet under 1600-talet ersatte osmundjärnet i Sverige, riktades exporten främst västerut (Hildebrand 1987:17).

Exporten av det svenska järnet har haft och har fortfarande en stor betydelse för Sveriges ekonomi och utveckling. Järnhanteringen har länge diskuterats men det är klart att järnet i någon form tillverkats i runt 2000 år i Sverige. Åtminstone från folkvandringstid (ca 400–800 år e. Kr) finns det belägg att produktionen har haft betydelse på olika platser i landet. Det är först under andra hälften av 1100-talet som man tror att man börjat bearbeta myrmalmen, det vill säga driva riktigt bergsbruk. Under de två nästkommande århundranden organiseras nya bergsbruk som egna administrationsenheter (Nerman 1936:10). Det första skriftliga belägget för export av järn är från 1200-talet (Crew 2015, Hildebrand 1987:9). Osmundjärn det namnet som det svenska järnet hade ute i Europa (Calissendorf 1971, Nerman 1936:10).

I slutet av medeltiden verkar det som att järnet var den stora exportvaran men det är inte förrän under 1500-talet som det med säkerhet kan beläggas att det är den stora exportvaran. Den ställningen skulle den hålla i praktiskt taget ända fram till 1800-talet. Under 1500-talet då Gustav Vasa ville utveckla och förbättra näringarna i Sverige så var järnhanteringen ett av de områden som Vasa ville förändra. Gustav Vasa drev på utvecklingen av stångjärnssmidet och som sedan skulle lade grunden till en järnhantering stora framgång under 16–1700-talet. Stångjärnet skulle under drygt 200 år vara den viktigaste exportprodukten för Sverige (Jansson 1952: 1).

Osmundvraket – forskningspotential

Det har visat sig att skeppsvraket är unikt på det viset att det är det första i sitt slag som hittats i Sverige. Tidigare har endast ett fåtal vrak påträffats med järn i lasten. Inget av dem kan dock beläggas med osmundar. Det är anmärkningsvärt med tanke på den långa kontinuiteten av export. Skeppet har sannolikt sjunkit vid mitten av eller strax efter 1500-talet. Detta styrker både lastens sammansättning, som vi känner till den just nu. Det vill säga att osmundarna är dominerande, men att det även finns det modernare stångjärnet ombord.

Osmundvraket verkar vara byggt i en övergångsperiod där äldre medeltida och nyare konstruktioner integrerats, precis som lasten visar.

Skeppet som är drygt 20 meter långt och nästan 8 meter brett, är ett relativt stort skepp för sin tid. Speciellt då det är byggt med klinkteknik. Skeppet kan därför antas ha byggts för att kunna ta dryga laster, men också menat att segla över hela Östersjön.

Vid undersökningarna har flera dendrokronologiska analysprover tagits både från skeppet och tunnorna i lasten. Proverna från skeppet visade sig vara av furu vilket var lite förvånande. Om hela skeppet är byggt i furu är svårt att säga bara på vetskapen om proverna, men sannolikt så är det så. Skeppets grövre konstruktioner som balkar och spant kommer från Uppland och har sannolikt fällts under 1540-talet, vilket betyder att skeppet bör ha byggts under detta årtionde. Det framkom även andra dateringar på skeppet som är högst intressanta. Det verkar vara två faser i skeppets historia. I de lite klenare skeppsdelarna som bland annat bordläggning och innergarnering har vi andra dateringar där också virket kommer från andra delar av Östersjön. Det visade sig att dessa prover kom från virke som huggits någon gång runt 1553 eller strax efter. Virket kommer sannolikt från södra Finland. Det typiska delar av skeppet som vanligen slits och byts ut först vilket då gör att vi ser en fas av reparation av skeppet då dom är mer utsatta samt av klenare dimensioner. Det togs även prover från tre olika tunnor i lasten. Dessa prover gav ett samstämmigt svar. Eken till tunnorna är avverkade under 1540-talet. Så skeppet är sannolikt byggt mellan 1530–40-talet och reparerat redan under 1550-talet. Furu håller inte lika länge som ek vilket styrker den teorin. Örlogsskeppen byggda av ek under 1600-talet hade en medellivslängd på ungefär 25 år. Under 1700-talet blir dom betydligt äldre men speglar då avsaknaden av bra ek i Europa. Men det byggdes även skepp av furu åt flottan. Ett bra exempel på det är ett vrak som påträffades i Kungsträdgården 2019 och som identifierats som Samson. Skeppet byggdes 1598 av furu men slopades redan i slutet av 1610-talet. Då hade skeppet även hunnit reparerats. Det ger en liten fingervisning på furuskeppens livslängd under 1500-talet. Med detta resonemang kan det därför antas att Osmundskeppet haft en livslängd på cirka 20 år och då sannolikt förlist någon gång under 1550–60-talet.

Men vad är det som är så speciellt med ett stort klinkbyggt skepp lastat framför allt med osmundjärn?

Vrak med osmundjärn i lasten

Lyfter man blicken ut mot Östersjön så kan vi se att fynd av osmundar i lasten på vrak är mycket ovanligt. Endast fem vrak som med säkerhet kan sägas ha osmund i lasten i dagsläget (fig. 50).

The Copper wreck

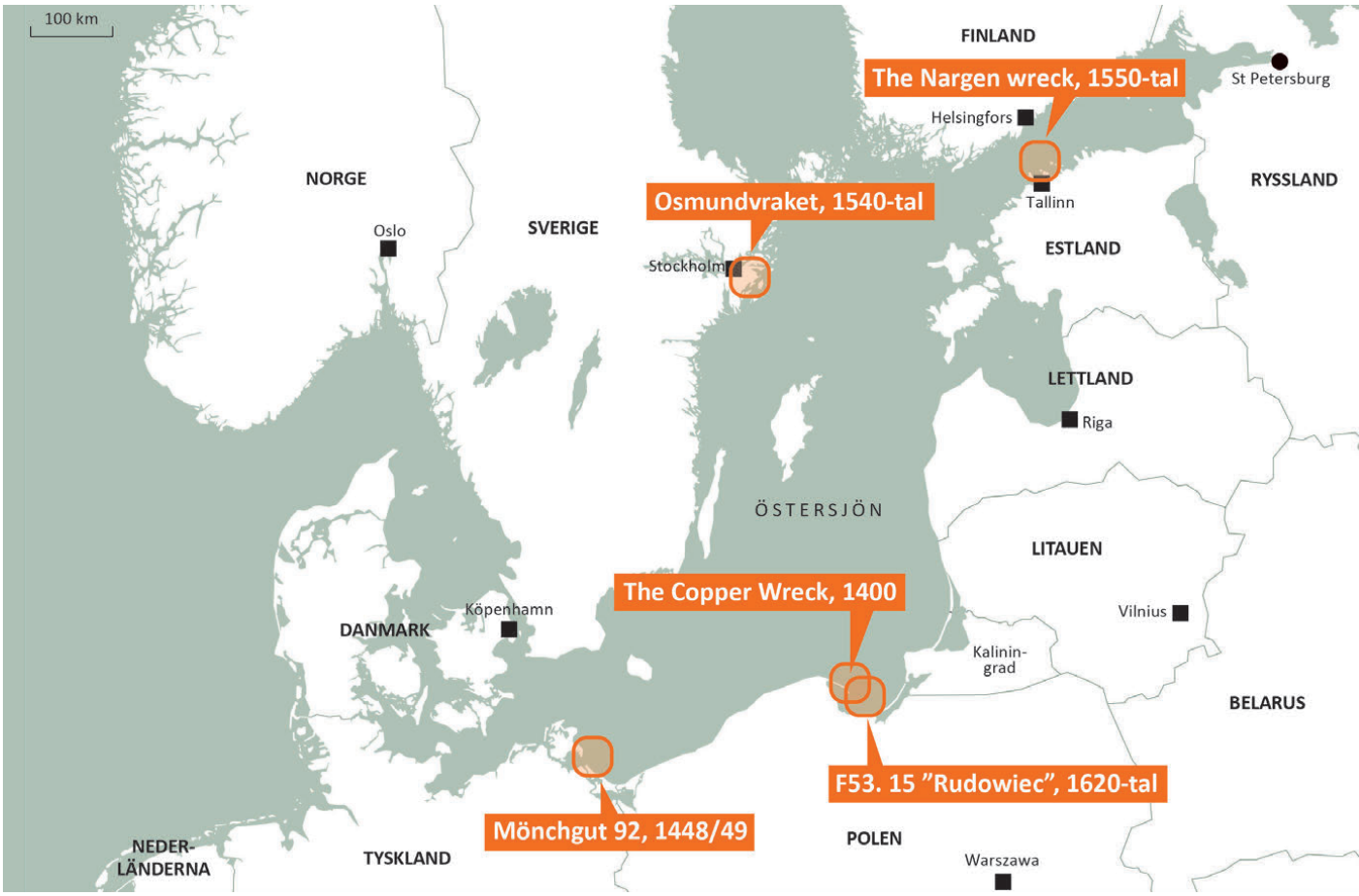
The Copper wreck som det kallas påträffades redan 1969 utanför Gdansk. Skeppet är precis som de ovan nämnda skeppen byggd på klink. Likt Osmundvraket har fartyget haft förstärkande balkar med genomgående knoppar (Litwin 2014:180). Skeppet var lastat med koppartackor och tunnor med osmundar. Vraket är daterat till år 1400 och tunnorna med osmundar till 1408 (Krąpiec & Krąpiec 2014:145–148). Sannolikt är proveniensen på både skeppet och tunnorna från lokalt nära Gdansk enligt de polska forskarna.

De tre större handelsskeppen har mycket gemensamt. Inte bara lasten och konstruktionerna utan kanske främst att de är värdefulla representanter för export på Östersjön. De är alla till synes byggda för att kunna segla med dryga laster på hela Östersjön med gemensamma exportvaror. Tillsammans har dom stor forskningspotential vad det gäller förståelsen för hur exporten av framför allt järnet sett ut under sen medeltid och historisk tid.

Mönchgut 92

Vraket påträffades 2010 i samband med undersökningar inom projektet Nord Stream. Skeppet är fragmenterat och under ballasten och skeppets last som skyddat vraket så är ett område på cirka 8x6 meter av skeppet bevarat. Skeppet är ett större lastskepp byggt på nordisk tradition. Det vill säga byggd på klink. Skeppet är till synes helt byggt i ek och spanten är laskade över varandra. Två stringers påträffades på insidan av skrovet. En stringer är ett längsgående förstärkande timmer. Lasten visade sig bestå av dels koppartackor som sannolikt kom från Bergslagen i Sverige, dels av 5 tunnor. Tunnorna visade sig innehålla så kallade osmundar (Auer &Schmidt 2018:3). Skeppet är byggt på klink där eken avverkats i norra Europa och fällningsåret var under vintern 1448/49. Ekfaten som osmundarna var lastade i var tillverkade av ask som sannolikt avverkats i Sverige. Tunnorna daterades till 1454 (Auer, Schmidt 2018:7).

Vraket har tolkats som ett större handelsskepp som sannolikt byggts för att segla över Östersjön med tyngre laster som exempelvis koppar och järn.



FIGUR 50. **På kartan finns fem vrak med osmundjärn i lasten utmärkta.** Karta: Alexander Rauscher.

F53.15 ”Rudowiec”

Detta vrak påträffades för bara ett fåtal år sedan och har daterats till 1620-tal. Skeppet är cirka 20 meter långt och är byggt av virke från Gdansk-regionen. Vraket är lastat med osmundtunnor i furu samt stångjärn. Dessa laster kommer sannolikt från Sverige (National maritime museum in Gdansk, Sketchfab, 2023-09-26). Tunnorna med osmundar har likadan konstruktion som Osmundvraket. Det vill säga med vikbara laggstavar.

The Nargen wreck

Vraket påträffades 2015 av den estniska marinen. Vraket är byggt på klink och är sannolikt mestadels av furu. Vraket har daterats med dendrokronologi till 1550-talet och proveniensen på furan är sannolikt Uppland i Sverige (muntligt, Ivar Treffner via e-post 2023-07-28). Vraket är sönderfallet och utspritt men innehåller mycket detaljer. Bland annat har ett fåtal tunnor påträffats som är till synes identiska med de på Osmundvraket. De innehåller med stor sannolikhet osmundar och tunnornas konstruktion är de likt på Osmundvraket, Mönchgut 92 samt F53.15 ”Rudowiec” byggda med den udda urtagen mitt på stavarnas insida. Troligen sjönk skeppet kring 1570-talet.

SAMMANFATTNING OCH DISKUSSION

..... Thett Järnn thu begärer hädenn ifrå Stochollm till Callmare Slottz byggninngh, kan nu så seentt på åredt för winttren skull iche skee, vthen thu hade wäl mott anammett thett j höstes, then tijd thu bekom wårtt breeff till Fougtternne vm förbe:de iärnn leffrerinngh, Dogh efter så iche ähr scheedt, och wij haffwe förståt, att j thenne hösth skall eett Skepp ware Strandett vnder Ölanndh, ***ther på en hoop både Ossmundz och Stångeiärnn*** *waridt haffwer, och nu bärgett är, Therföre hafue wij så latidt handle medh them som samme iärnn tilhörer, (efther the ähre hemme her j Stocholm) att the wele försträckie Oss ther aff så mykitth wij kunne haffue behoof, både till Callmare och Borckholms byggninger, Och wele wij lathe bettale them her igenn medh så mykitt* ***både j Stånge och Ossmundz iärnn*** *som the medh Quittentier kunne bewijse sigh haffwe leffreredt till wårtt gagnn och bäste, Och effther wij haffue latidt schriffwe Lasse Lukussonn her vm till, Så må thu fordre af honum så mykitt af samme iärnn, som byggningen ther j Callmarkann bliffwe medh befordrett Och thett sedhenn Qwittere som för-berördt ähr,.....*

Detta är ett brev från Johan III som skrev detta i november 1575 till sin fogde på Kalmar slott. Ett av hans skepp, som var på väg till slottet med järnlast, går på grund vid Öland. Kungen höll på att bygga om Kalmar slott och det var dit skeppet med järn var på väg. Det visar en skeppslast med osmundar var viktiga även för kungen.

Osmundvraket verkar vara byggt i en övergångsperiod där äldre medeltida skeppstekniska inslag och nyare konstruktioner blandats, precis som lasten visar med både de medeltida osmundarna och det nya modernare stångjärnet (Hansson 2020). Tittar man på vad som kom fram i provgropens schakt från oktober 2021 och räknar de tunnorna, uppskattas det att det kan vara upp emot 100 tunnor ombord på Osmundvraket.

Osmundvraket är i princip intakt med både last, rigg och personliga föremål. Det är därför en exceptionell tidsbärare och ett viktigt forskningsobjekt som kan berätta om järnets kvalité och tidig järnexport över Östersjön.

Dessa typer av skepp har sannolikt varit väldigt vanliga under denna period men avsaknaden i arkeologiska sammanhang är förbryllande. Ifall Osmundvraket hade cirka 100 tunnor med osmundar och om tunnorna väger cirka 150 kg styck så skulle den totala vikten bli cirka 15 ton. Enligt uppgifter från 1560 så exporterades 3 700 ton osmundar det året (Fritz 1971). I så fall skulle det krävas 246 resor/skepp från Sverige med osmundar med skepp i Osmundvrakets storlek. Då inser man att dessa skepp måste varit en vanlig syn på haven.

Vad det gäller osmundtunnornas konstruktion så skiljer sig dom både i storlek, utformning och finish från övriga tunnor som exempelvis tjärtunnor. Denna typ av tunnor som nu påträffats på Osmundvraket har vad vi vet än så länge bara påträffats på tre andra ställen i Östersjön: Osmundsvraket, Mönchgut 92 fyndet (från andra hälften av 1450-talet) i Tyskland, och ett nytt fynd i Polen, F53.15 ”Rudowiec” som dateras till 1620-talet samt The Nargen wreck i Estland från 1570-talet. Det gemensamma för dessa är att alla haft tunnor med osmundjärn i lasten. Inga andra tunnor med annat innehåll alltså. Troligen sammanfaller detta, som beskrivits ovan, med att man var tvungen att visa osmundtunnornas hela innehåll vid järntorget i Gamla stan. Är detta en lösning på problemet med smuggling?

Precis nyligen uppmärksammades två brev från Livland daterade till 1440 och 1445 av två kollegor från Estland som är med i projektet. I brevet från 1440 står det att flera städer i Livland klagar på att osmundtunnorna inte är packade så som man brukade göra tidigare (Stavenhagen & Arbusow 1933:466). Där står att man klagar till Stockholm på dåligt innehåll i osmundtunnorna. Smugglingsbekämpning är än så länge bara en teori, men den känns väldigt intressant, inte minst då den stärks av de nyfunna breven (Hildebrand 1889:412).

I en skrivelse från 1604, Kungliga stadgar går det också att läsa att problemen med dåligt packade osmundar fortgår.

Transumt af Riksdagsbeslutet, dat. Norrköping den 22 Martii 1604. angående hämmandet af bedrägelig handel med Osmunds jern.

Efter thet man förnimner, at myckit bedrägerij sker med thet odsmunds jern, som utaf Riket skepes, så at

FIGUR 51. En beskuren bild av Vädersolstavlan från 1535. På tavlan kan man se stångjärn stå lutade mot fasaden vid Järntorget. Osmundvraket är sannolikt samtida med tavlan vilket gör att det är ett av de äldsta fynden av stångjärn tillverkat med en vattendriven hammare som påträffades på vraket. Källa: Wikimedia. Creative Commons CC0 License. Bearbetad av: Jim Hansson, SMTM.

thet blifwer ille hugget, och ibland odzmunden inslås understundom i Faten, koppar, lodh och annat, som föres af Riket och intet förtolles. Theslikes så finnes och understundom en hop stenar ware ibland odzmunden inslagne i Faten, och Faten swickeligen och ille giorde, ther igenom Jernet blifwer förachtet och wanwyrdet hos de fremmende. Therfföre hafwe wi samteligen för godt och nyttigt ansedt, at alt odzmundz jern måtte utslås till Stång jern, för än thet föres af Riket, och Borgerskapet i Städerne, ther til late byggie och uprätte hamrar, på thet then winsten, som de fremmende theraf hafwe, måtte wara hos the Swenske Undersåter. Men ther odzmundz jern skal ändeligen föres af Riket, då skulle Edsworne wräkare i Städerne tilsättes, som Jernet samt med en Edsworen Tollenär bese för än det infates, om det är så hugget, som thet sig bör och Bergz Privilegier uthwiise, så och faten wäge, och med Stadzens märke bränne, och ther utöfwer äre när odzmunden infates, så at ther med icke någon skalkheet sker, och ther sedhan något bedrägeri finnes, då skole wräkare samt med Tollenären i then Staden ther jernet är infataet,tiltalas, och therföre blifwe straffade. Uti hvilken Stad som och Edsworne wräkare icke finnes wara tilsatte, tå skole Borgmästare och Rådh böta therför hwar gång 40 mark. Theslikes så skole och befallningzmännerne och Fogdterne uppe wid Bergslagerne hafwe ther på gran acht, at odzmunden blifwer rätt huggen, och stångjernet rätt utslagit, efter som Bergz Privilegierne innehålle, så framt at the icke wele som Crones otrogne tienare blifwa straffade.

Man klagar också på att dom var ”illa huggna”, det vill säga att osmundarna huggits väldigt slarvigt som då gav olika storlekar som då ger olika vikter. Detta skapade problem i och med att det fastställda antalet om 24 osmundar på ett lispund inte stämde. Fuskandet med osmundtunnornas vikt var därför en orsak till att staten lade restriktioner på exporten. I tunnorna var en del osmundar ersatta med stenar så att vikten ändå var den rätta.

Osmundtunnorna användes också för att smuggla ut koppar, kanonkulor och annat ur landet. Osmundarna var då ersatt med andra dyrbara varor som fördes ut ur landet utan statens vetskap. Detta skapade problem för staten då de förlorade mycket pengar (Björck 2023).

I riksdagsbeslutet nämns att faten ibland var ”*svikligt och dåligt tillverkade*” var också fatet i sig var en garanti för att järnet inuti var det rätta. En osmundtunna behövde inte vara absolut tätt mot fukt, men det behövde hålla ihop i hantering och transport fram till att köparen skulle öppna fatet och börja använda järnet. Tunnorna benämns även som ofta dåligt tillverkade vilket då skulle kunna skada ryktet om att osmundarna hade hög kvalitet.

Skeppsvrak med järn i lasten är däremot ovanliga fynd i arkeologiska sammanhang. Speciellt med osmundar i lasten. Men vi vet att det har varit en vanlig last som skeppats över Östersjön mellan många olika hamnar. Ett skepp som Osmundvraket har säkerligen varit en vanlig syn på Östersjön och dess hamnar. Att de är försvinnande få är väldigt märkligt. Osmundjärn, stångjärn och koppar är kanske Sveriges viktigaste exportvaror under närmare 800 år.

Stångjärnet som påträffades ombord på Osmundvraket är tillverkat med en vattenhammare. Första kända exemplet på denna typ av stångjärn kan man se på Vädersolsstavlan (fig. 51).

Men var är vraken med järn i lasten? Dom har knappast varit osänkbara så det måste finnas en annan naturlig förklaring till att dom inte hittas. Kanske har man tidigare sett de skrovliga rostiga krustorna men tolkat dom som något annat än just de mytomspunna osmundarna så kanske finns det fler därute som ligger dolda med osmund i lasten. Med tanke på detta så får dessa tre ovan beskrivna vrak ses som exceptionella tidsbärare och viktiga forskningsobjekt som kan berätta om järn och kopparexporten i Östersjön. Hur stor andel hade de svenska varorna? Fanns det ett samarbete? Hur såg skeppen ut?

Det är just sådana frågor dessa skeppsvrak kan svara på.

Det nyfunna Osmundvraket som i princip är intakt med både last, rigg och personliga föremål är därför en exceptionell tidskapsel och ett viktigt forskningsobjekt som kan berätta om järnets ursprung och järnexporten över Östersjön.

Osmundvraket kan komplettera de andra vraken på ett unikt sätt i och med att det är helt orört sen det sjönk. Finns flera stora frågor som skulle kunna besvaras utifrån det. Hur stor andel utgjorde de svenska varorna? Vilka kvaliteter exporterades? Fanns det ett samarbete? Hur såg skeppen ut? Det är frågor som det här skeppsvraket sannolikt kan ge svar på.

REFERENSER

Auer, Jens & Schmidt, Jens-Peter. *The "Copper Wreck" medieval site, Ostsee VII, Mönchgut, Fpl. 92.* Archaeological Study. Landesamt für Kultur- und Denkmalpflege Mecklenburg-Vorpommern. 2018.

Berglund, Bengt. 2015a. Marknad och ämnesjärn. I *Järnet och Sveriges medeltida modernisering.* Stockholm: Jernkontoret, 77–113.

Berglund, Bengt. 2015b. Slutsatser. I *Järnets och Sveriges medeltida modernisering.* Stockholm: Jernkontoret, 447–458.

Björkenstam, Nils. 1972. *Diskussion rörande osmundtillverkning ur tackjärn. Inlägg II.* Stockholm: Jernkontoret.

Breide, Henrik. 2006. *Sjövägen till Estland: en medeltida färdbeskrivning från Utlängan till Reval,* Institutionen för arkeologi och antikens kultur, Stockholms universitet, Licentiatavhandling Stockholm: Stockholms universitet, 2006, Stockholm.

Calissendorff, Karin. 1971. Om ordet osmund. I: *Om osmund*. Stockholm: Jernkontoret, s. 5–13.

Deubner – Jonck & Poliewsky – Bruhns. 1907. *Akten und Rezesse der Livländischen Ständetage. Erster Band (1304–1460).* Eds. Oskar Stavenhagen and Leonid Arbusow jun Riga:, 1907–1933, nr 495 (sida 464, paragraf 9) & nr 497 (sida 466).

Eriksson, Niklas. 2023. *Recent Advancements in the Riddarholmen Ship Puzzle: A New Interpretation of the Architecture of an Early 16th-Century Clinker-Built Gun-Carrying Warship.* INTERNATIONAL JOURNAL OF NAUTICAL ARCHAEOLOGY2023, VOL. 52, NO. 2, 317–335https://doi.org/10.1080/10572414.2023.2238093.

Franzén, Bo. 2015. *Svensk bergshantering under institutionella hinder 1220–1360. I Järnet och Sveriges medeltida modernisering.* Stockholm: Jernkontoret, 47–74.

Fritz, M. 1971. Den äldre svenska järnexporten. I: *Om osmund*. Stockholm: Jernkontoret, s. 14–22.

Glete, Jan. 1977. Svenska örlogsfartyg 1521–1560: flottans uppbyggnad under ett tekniskt brytningsskede. *Forum navale* 31, 23–119.

Hallerdt, Björn. 2003. *Mälardalens vattenvägar i industrihistoriskt perspektiv.* Stockholm: Statens maritima museer.

Hansson, Jim. 2020. Osmund i lasten. *Marinarkeologisk tidskrift.* (2020:2, s. 12–17).

Helén, Andreas, Hansson, Jim, Karlsson, Catarina, Wallander, Anders, Magnusson, Gert, Eliasson, Anders & Wärmländer, Sebastian K.T.S. 2021. Ett skepp kommer lastat. Metallurgisk identifiering av osmundjärn funnet i ett skeppsvrak från 1500-talet i Stockholms skärgård. 2021. *Fornvännen* Vol. 116, nr 1, s. 74–77. Kungl. Vitterhets Historie och Antikvitets Akademien, Stockholm.

Hildebrand, Hermann. 1884. *Liv-, Est- und Kurländisches Urkundenbuch. Band 8.* Ed. Riga – Moskau, page 130 (no. 215) and page 177 (no. 304).

Hildebrand, Herman. 1889. *Liv-, Est- und Kurländisches Urkundenbuch*. Vol. 9. Ed. Hermann. Riga – Moskau: Deubner, 1889, nr 562, page 412, paragraph 2.

Hildebrand, Karl-Gustaf. 1987. *Svenskt järn: sexton- och sjuttonhundratal: exportindustri före industrialismen*. Stockholm: Jernkontoret.

Hjärthner-Holdar, Eva. 1993. *Järnets och järnmetallurgins introduktion i Sverige:* [The introduction of iron and iron metallurgy to Sweden]. Diss. Uppsala: Univ.

Jansson, E. Alfred. 1952. *Bergsbruken i det forna Gripsholms län*, Uppsala.

Kallioinen, Mika. 2012. *The Bonds of Trade: Economic Institutions in Pre-modern Northern* Europe [Elektronisk resurs], Cambridge Scholars Publishing. S. 41.

Karlsson, Catarina. 2015. *Förlorat järn: det medeltida jordbrukets behov och förbrukning av järn och stål.* Uppsala: Uppsala universitet.

Karlsson, Catarina. 2023. Den centrala utmarkens produkter en del av världsmarknaden. *Bergsbrukets tider.* Örebro läns museum.

Karlsson, Jon, Rydberg, Johan, Segerström, Ulf, Nordström, Eva-Maria, Thöle, Philine, Biester, Harald och Bindler, Richard. 2016. Tracing a bog-iron bloomery furnace in an adjacent lake-sediment record in Ängersjö, central Sweden, using pollen and geochemical signals. *Veget Hist Archaeobot* (2016) 25: 569–581.

Krąpiec, Marek & Krąpiec, Paweł. 2014. Dendrochronological analysis of the Copper ship´s structural timbers and timber cargo. *Ur: The Copper Ship – a medieval shipwreck and its cargo*. Redaktör: Ossowski, W. Archaeological Research of the National Maritime Museum in Gdańsk. Vol. 2. 2014.

Lindkvist, Thomas. 2015. En medeltida modernisering. I *Järnet och Sveriges medeltida modernisering*. Stockholm: Jernkontoret, 19–46.

Litwin, J. 2014. The shipwreck's structural elements. Ur: *The Copper Ship – a medieval shipwreck and its cargo*. Redaktör: Ossowski, W. Archaeological Research of the National Maritime Museum in Gdańsk.
Vol. 2. 2014.

Mehler, Natascha. 2014. "*Hanse Archaeology*" i: Smith, C. (red) *Encyclopedia of Global Archaeology*. Springer, New York. S. 3209–3219.

Nerman, Ture. 1936. *Järnbärarna: en arbetarkårs historia*. Stockholm: Tidens förlag.

Olaus Magnus. 1976. *Historia om de nordiska folken*. Stockholm: Gidlund i samarbete med Inst. för folklivsforskning vid Nordiska museet och Stockholms univ.

Tholander, Erik, Calissendorff, Karin, Fritz, Martin, Pipping Gunnar, Modin, Helfrid och Modin, Sten. 1971. *Om osmund*. Stockholm: Jernkontoret.

Tonemar, Philip & Hansson, Jim. 2020. *Skeppet Samson från 1598 och bebyggelselämningar från 1600-tal till 1850 i kvarteret Styrpinnen på Norrmalm*. Arkeologisk schaktningsövervakning av L2015: 7789/RAÄ-nr Stockholm 103:1, Stockholms stadslager i fastigheten Styrpinnen 23, Stockholms stad och län.

Wallander, Anders. 2015. *Osmundar i svenskt arkeologiskt material. Ur: Järnet och Sveriges medeltida modernisering*. Jernkontorets bergshistoriska skriftserie 48. Tryck: Bulls Graphics AB, Halmstad 2015. ISBN 978-91-977783-7-4.

Westholm, Gun. 2002. "The Hanseatic League. A Predecessor of the European Union?", I: Fladmark, J.M. (red) *Heritage and Identity: Shaping the Nations of the North*. Aberdeen. S. 121–130.

Arkivkällor

Kungl. Stadgar, Förordningar, Privilegier och Resolutioner Angående Justitien och Hushållningen Wid Bergwerken och Bruken. Stockholm 1736. s.37f.

Otryckta källor

Björck, Björn. Opublicerad text hos Jernkontoret från oktober 2023.

Muntliga källor

E-post från Michael Johansson. Arkeolog och keramikexpert. 2020-01-19.

Håkan Altrock, arkeolog och skeppsbyggare, Vrak – Museum of Wrecks. Muntligen 2024-01-22.

Olof Pipping, riggexpert som bland annat rekonstruerat Vasas rigg. 2021.

Gert Magnusson. Arkeolog, Jernkontoret. 2023-11-1

Internetkällor

Sketschfab, sökord: F53.15 "Rudowiec". https://sketchfab.com/3d-models/f5315-rudowiec-73a96a8063624b6e831a40ff8286cde1 2023-09-26.

Kartor

Lantmäteriet, GSD Terrängkartan

Historiska kartor

Del av skärgården, A6. LMS. Bildnr: Lms2_4c4d535f4135_1_1. Lantmäteriet

TEKNISKA OCH ADMINISTRATIVA UPPGIFTER

Statens maritima och transporthistoriska museers (SMTM) dnr: 5.2-2019-299 och 5.3.1-2021-803
Länsstyrelsens dnr: 431-46427-2021
Lämningsnummer: L2021:6026
SMTM projektledare: Jim Hansson
Undersökningstyp: Forskningsundersökning
Utredd yta: Ca 60 m²
Socken: Dalarö
Kommun: Haninge
Län: Stockholm
Landskap: Södermanland
Koordinatsystem: SWEREF 99 TM
Vattendjup: 28–30 m

Dokumentationshandlingar:
Rapporten förvaras digitalt på Riksantikvarieämbetets webbplats Forndok.
Digitalt dokumentationsmaterial: Video, stillbildsfotografier och digitala ritningar förvaras digitalt på Statens maritima och transporthistoriska museers servrar. Vid den digitala hanteringen av dokumentationsmaterialet och rapportframställningen har följande programvaror använts: Esri ArcMap, Microsoft Word, Photo Shop, Metashape, Illustrator m.fl.
Fotografier: 36 st fotografier arkiveras i databasen PRIMUS på Statens maritima och transporthistoriska museer. Fotonr: VK.V 0085 DIG- VK.V 0122 DIG.
GIS/mätdata: arkiveras på Statens maritima och transporthistoriska museers servrar.

Deltagarförteckning SMTM

Personal i fält:
Jim Hansson, Mikael Fredholm, Håkan Altrock, Patrik Höglund och Marco Ali.

Projektdeltagare

Anna Arnberg (anna.arnberg@smtm.se)	Statens maritima och transporthistoriska museer
Anders Eliasson (anderse@kth.se)	KTH
Jim Hansson (Jim.Hansson@smtm.se)	Statens maritima och transporthistoriska museer
Catarina Karlsson (catarina.karlsson@jernkontoret.se)	Jernkontoret
Gert Magnusson (gert.y.magnusson@gmail.com)	Jernkontoret
Anders Wallander (resmostuga@hotmail.com)	Jernkontoret
Sebastian Wärmländer	Stockholm University
Lena Grandin Lena.Grandin@arkeologerna.com	Arkeologerna

BILAGOR

1. Dendrokronologisk rapport
2. Metallografisk & kemisk analys
3. Organisk analys
4. Osteologisk analys
5. Konserveringsrapporter
6. Fyndlista – föremål, ben & materialprover
7. 3D-bilder från utgrävningen 2021
8. Osmundprover

Bilaga 1. Dentrokoronologisk rapport

Dendrochronological analysis of additional timbers from Osmundvraket, Sweden.

by
Aoife Daly.
Dendro.dk report 14 : 2020
Commissioned by Jim Hansson, Swedish National Maritime Museums.

Ten samples from timbers from a ship named Osmundvraket, were submitted for dendrochronological analysis, to determine their date and provenance. Eight samples were examined previously, of which six were analysed, and at the time it had not been possible to date these (Daly 2020).
A sample from a barrel stave from the ship cargo was also included for analysis. Previously, samples from two barrel staves from the ship's cargo were dated (Daly 2020).
In all therefore 16 samples from the ship structure and three from barrel staves are analysed from this site. The results of this analysis are described in this report.

Osmundvraket, Sweden
All the samples from the ship's timbers are conifer, and on microscopic anatomical examination all these are identified as pine. The three barrel staves are of oak. (The sample numbers in the second batch of samples were labelled p1, p2.. etc, repeating the numbering from the first sample group. Those from the second batch are therefore labelled p1b, p2b.. etc, in this report, to distinguish them from the first batch.)

		Z2660039	Z2660069	Z2660029	Z266011a	Z2660129	Z2660159	Z2660099	Z2660109	Z2660149	Z266016a	Z266101a	Z266103a	Z2661029
Average Z266M005	Z2660039 p6	*	3.2	2.70	-	-	-	0.22	-	-	-	0.10	-	1.78
	Z2660069 p5	3.2	*	3.88	\	\	-	1.45	1.13	\	\	\	\	2.42
	Z2660029 p2	2.70	3.88	*	-	-	1.59	1.59	1.94	0.27	-	-	0.36	0.2
	Z266011a p5b	-	\	-	*	14.83	2.74	0.86	0.51	0.97	1.2	0.67	0.03	-
	Z2660129 p6b	-	\	-	14.83	*	3.02	1.0	0.9	1.34	2.09	0.4	0.26	0.29
	Z2660159 p10b	-	-	1.59	2.74	3.02	*	3.06	1.95	1.49	-	-	-	-
	Z2660099 p3b	0.22	1.45	1.59	0.86	1.0	3.06	*	4.59	0.37	1.25	-	3.78	0.63
	Z2660109 p4b	-	1.13	1.94	0.51	0.9	1.95	4.59	*	\	\	0.62	0.18	0.36
Average Z266M002	Z2660149 p9b	-	\	0.27	0.97	1.34	1.49	0.37	\	*	5.47	0.6	1.23	0.3
	Z266016a p11b	-	\	-	1.2	2.09	-	1.25	\	5.47	*	1.33	1.93	0.72
Average Z2661M02	Z266101a p7	0.10	\	-	0.67	0.4	-	-	0.62	0.6	1.33	*	4.21	2.45
	Z266103a p12b	-	\	0.36	0.03	0.26	-	3.78	0.18	1.23	1.93	4.21	*	7.59
	Z2661029 p10	1.78	2.42	0.2	-	0.29	-	0.63	0.36	0.3	0.72	2.45	7.59	*

Table 1. Osmundvraket, Sweden. Result of the correlation between the tree-ring curves from the dated samples with each other. The grey tone highlights the high *t*-values.

AOIFE DALY, Ph.d.

The pine samples
The pine samples are from various structural components in the ship, including frames, planking (both hull planks and ceilings), a beam and the mastfish. Ten of these are dated. The outermost preserved tree-ring is on sample p5 (Z2660069). This ring was formed in AD 1553. No bark edge was identified on this sample. The tree that this sample comes from was felled after AD 1553.
No bark edge is preserved on any of the other samples. If there is no archaeological evidence for repairs or re-use among the sampled timbers, we might place the felling of all trees at **after c. AD 1553** (highlighted with yellow in fig. 1).
The tree-ring curves from two samples, p5b (Z266011a) and p6b (Z2660129), both from ceilings, are so similar to each other, they might be made from the same tree.

The pine samples can be divided into two groups, according to their correlation (table 1). The large group, highlighted in yellow, consists of eight samples, representing seven trees. An average of these is made (Z266M005) of 167 years in length. The correlation between this average and a range of master and site chronologies for Northern Europe is shown in table 2. This group is dating with Scandinavian tree-ring datasets and achieving the highest correlation with data from southern Finland.
The second pine group comprises just two samples (marked with green in fig. 1 and in table 1). The average of these (Z266M002) is 123 years in length. The correlation values for this group is also shown in table 2. This group is also dating with Scandinavian datasets, the highest with a chronology for Uppland.
Considering that the evidence indicates a geographically separate region of origin for the green group could indicate that an earlier felling phase is represented in these two timbers. However, as no bark edge is preserved on this material, this cannot be said for certain.

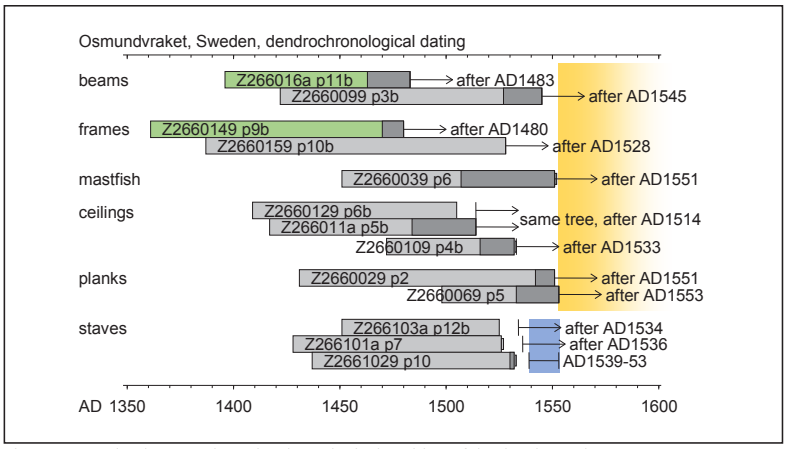


Fig. 1. Osmundvraket, Sweden, The chronological position of the dated samples

AOIFE DALY, Ph.d.

The oak barrel samples
All three oak samples are dated (see fig. 1). Sample p7 (Z266101a) contains 99 tree-rings, all heartwood, and covers the period AD 1428 to 1526. Allowing for missing sapwood, the felling of the tree that was used to make this barrel stave took place after c. AD 1536.
Sample p10 (Z2661029) contains 96 tree-rings, of which two are sapwood rings. The tree-ring curve covers the period AD 1437 to 1532. Allowing for missing sapwood, the tree for this barrel stave was felled c. AD 1539-53.
Sample p12b (Z266103a) has 75 tree-rings, only heartwood. It is from a tree felled after AD 1534.
If the three trees for the barrel staves were felled at the same time, then this felling took place in around the 1540s (highlighted with blue in fig. 1).

The correlation between the tree-ring curves from the three oak samples and each other is shown in table 1 (highlighted with blue). An average is made of these three (Z2661M02) of 105 years in length. The correlation between this average and a range of tree-ring datasets for oak for Northern Europe is shown in table 3. The barrel material correlates with tree-ring datasets from the south/southeast Baltic and from ships, barrels and artworks of Baltic oak.

Filenames	-	-	Z266M002	Z266M005	
-	start	dates	AD1361	AD1387	
-	dates	end	AD1483	AD1553	
SWED_UP1	AD1031	AD1638	7.23	-	Uppland (Bartholin pers comm)
gaepin01	AD1212	AD1883	5.54	-	Gaestrikland (Bartholin pers comm)
30530010	AD1343	AD1669	5.36	-	Skeppsholmen Stockholm 36 series (Eggertsson pers comm)
SWED_DAL	AD1001	AD1852	5.05	3.33	Dalarna (Bartholin pers comm)
SWED_AAL	AD1068	AD1827	5.03	-	Aaland (Bartholin pers comm)
Z253M001	AD1339	AD1566	4.59	-	Bispevika 18 Oslo 2 timbers (Daly 2019a)
B028M001y	AD1332	AD1405	4.49	\	Køge Havn mole KNV048 5 timbers (Daly 2013)
2101XM01	AD1364	AD1863	4.44	-	Copenhagen B&W Grund pine 35 timbers (Daly 1998a & b)
SWED_HL1	AD1001	AD1861	4.42	3.24	Helsingland (Bartholin pers comm)
30720091	AD1369	AD1662	4.32	-	Nykoping Biografen (Bartholin pers comm)
Z2070159	AD1431	AD1602	4.20	-	Stockholm Skeppsholmen p2 Forhudring (Daly 2018)
N029M001	AD1308	AD1569	4.19	-	Bispevika 2 bulwark caisse 35 timbers (Daly 2016)
30710059	AD1294	AD1481	3.43	4.35	Stuga Gammalstraeng (Bartholin pers comm)
F009M001	AD1359	AD1623	-	4.02	Hobro two datasets 8 timbers (Daly unpubl)
SM000012	AD1125	AD1720	-	4.09	Sverige Vest oak (Bråthen 1982)
medpin01	AD1345	AD1859	-	4.23	Medelpad (Bartholin pers comm)
FIN.pisy.11	AD584	AD1873	-	4.52	Kerimaki Finland (ITRDB)
SWED_JM2	AD1305	AD1827	-	5.08	Sweden Jaemtland (Bartholin pers comm)
FIN.pisy.09	AD535	AD1744	-	5.20	Kaivanto Louhi Kerimäki Finland (Meriläinen Lindholm Timonen ITRDB)
U045_013	AD1422	AD1539	-	5.23	Stirling Castle Scotland (Crone pers comm)
FIN.pisy.08	AD595	AD1816	-	6.20	Liippilampi Louhi Kerimäki Finland (Meriläinen Lindholm Timonen Kolström ITRDB)
FIN.pisy.14	AD1233	AD1815	-	6.30	Valkiajärvi Riikola Kerimaki Finland (Meriläinen Lindholm Timonen ITRDB) none
FIN.pisy.06	AD957	AD1850	-	6.38	Behm Grill Hut Kerimaki (Merilainen Lindholm & Timonen)

Table 2. Osmundvraket, Sweden. Result of the correlation between the averages for the two pine groups (Z266M002 and Z266M005) and diverse site and master chronologies. The source of the chronologies is given. The grey tone highlights the high *t*-values.

AOIFE DALY, Ph.d.

Filenames	-	-	Z2661M02	
-	start	dates	AD1428	
-	dates	end	AD1532	
1HA00M01test	AD1450	AD1590	8.17	Haarlem Wilsonplein barrel 3 timbers (van Dalen pers comm)
BALTIC1	AD1156	AD1597	7.82	Baltic 1 64 timbers (Hillam & Tyers 1995)
3001205b	AD1441	AD1582	7.13	Rubens Ks86 Jupiter & Callisto II RKD Downloaded 27-05-2020
Z2261M01 ne...	AD1098	AD1522	6.49	Køge ship planks 18 timbers (Daly 2019b)
KLoakKlaipeda	AD1247	AD1552	6.42	Klaipeda oak (Adomas Vitas pers comm)
Z2261M03 do...	AD1264	AD1537	6.39	Køge ship double planks 7 timbers (Daly 2019b)
B0352M02	AD1386	AD1489	6.10	Roskilde Stændertorvet tøndestaver 3 timbers (Daly 2015)
ZP08Q1C1	AD1448	AD1530	5.91	Vilnius Castle Officine 6 timbers (Puckiene pers comm)
Z1812M03	AD1410	AD1578	5.41	Kirkestraede 6 barrel 3 timbers (Daly & Nielsen 2016)
viloak	AD1202	AD1530	4.71	Vilnius Castle oak 20 timbers (Puckiene pers comm revised Daly unpubl)

Table 3. Osmundvraket, Sweden. Result of the correlation between the average of the three samples from the barrel staves (Z2661M02) and diverse site and master chronologies. The source of the chronologies is given. The grey tone highlights the high *t*-values.

Methodology

Measuring and analysis of the material is carried out using the program ”DENDRO” (Tyers, 1997) in which ”CROS” (Baillie & Pilcher, 1973), for the calculation of the *t*-value (”*t*-test”), is embedded. To estimate the felling dates of the oaks a sapwood average for Northern Poland (15 years (-6 +9) (Wazny 1990)) is used. In pine and spruce using the number of sapwood rings to estimate the felling date in the absence of bark edge is highly problematical, due to the wide variation in the number of sapwood rings. It can also be difficult to identify the sapwood edge in waterlogged archaeological conifer timbers. Felling, in the absence of bark edge, is placed at after the date of the outermost preserved tree-ring.

In the analysis master and site chronologies for Northern Europe are consulted.

Literature

Baillie, M.G.L. and Pilcher, J.R., 1973. A simple crossdating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin* 33, 7-14.

Bråthen, A. 1982. Dendrokronologisk serie från västra Sverige 813-1975. *Rapport Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer* 1982:1. Stockholm.

Daly, A., 1997a. Dendrokronologisk undersøgelse af tømmer fra ‘B&W grunden’, Strandgade 3A, Christianshavn, tidligere Grønnegaard Havn. I: Bolværk, bedding mm. *Naturvidenskabelige Undersøgelser rapport* 1997:1, Copenhagen.

Daly, A., 1997b. Dendrokronologisk undersøgelse af tømmer fra ‘B&W grunden’, Strandgade 3A, Christianshavn, tidligere Grønnegaard Havn. III: Bolværk. *Naturvidenskabelige Undersøgelser rapport* 1997:18, Copenhagen.

Daly, A., 2013. Dendrokronologiske undersøgelse af tømmer fra bolværker fra Køge Havn KNV00048. *Dendro.dk rapport nr.* 2013:36, Copenhagen.

Daly, A., 2015. Dendrokronologisk undersøgelse af tømmer fra Stændertorvet, Roskilde, ROM 3224. *dendro.dk rapport* 2015:34, Copenhagen.

Daly, A., 2016. Dendrochronological analysis of a bulwark caisse from Bispevika in Oslo. *Dendro.dk report* 2016:63, Copenhagen.

Daly, A., 2018. Dendrochronological analysis of additional timbers from a shipwreck at Skeppsholmen, Stockholm. *Dendro.dk report* 2018:5, Copenhagen.

Daly, A., 2019a. Dendrochronological analysis of ship timbers from three wrecks Bi16, Bi17 & Bi18 at Bispevika, Oslo. *Dendro.dk report* 2019:48, Copenhagen.

Daly, A., 2019b. Dendrochronological analysis of timbers from a ship found at Køge Harbour, KNV804, Denmark. *Dendro.dk report* 2019:72, Copenhagen.

Daly, A., 2020. Dendrochronological analysis of timbers from Osmundvraket, Sweden. *Dendro.dk report* 2020:1, Copenhagen.

AOIFE DALY, Ph.d.

Daly, A. & Nielsen, J., 2016. Dendrokronologisk undersøgelse af tønder fra Kirkestræde 6, Nibe, ÅHM 6252. *Dendro.dk rapport* 2016:75, Copenhagen.
Hillam J. & Tyers I., 1995. Reliability and repeatability in dendrochronological analysis: tests using the Fletcher archive of panel-painting data, *Archaeometry* 37, p. 395–405.
Tyers, I.G., 1997. Dendro for Windows Program Guide, *ARCUS Report* 340, Sheffield.
Wazny, T., 1990. *Aufbau und Anwendung der Dendrochronologie für Eichenholz in Polen*. PhD Thesis. Universität Hamburg, pp. 213.

Catalogue

Filename	sample title and number, species	rings	start yr.	end yr.	pith	sapwood	bark?	Conversion	extra end	Ave ring width mm	Interpretation / felling
Osmundvraket samples ship timbers											
Z266001a	Osmundvraket p3 spant PISY	55			C	10	N	O	S2	1.69	Undated
Z2660029	Osmundvraket p2 bordlægning PISY	121	AD1431	AD1551	F	9	N	T	N	1.29	after AD1551
Z2660039	Osmundvraket p6 mastfisk PISY	101	AD1451	AD1551	G	44	N	T	S1	1.78	after AD1551
Z266004a	Osmundvraket p8 balk PISY	44			F	0	N	O	N	2.98	Undated
Z2660059	Osmundvraket p1 spant PISY	48			V	22	N	T	S1	2.73	Undated
Z2660069	Osmundvraket p5 plank PISY	56	AD1498	AD1553	F	20	N	T	N	1.41	after AD1553
	Osmundvraket p4 spant PISY	35									Not measured
	Osmundvraket p9 spant PISY	22									Not measured
Z2660079	Osmund Stockholm p1b spant PISY	102			C	43	N	T	N	1.18	undated
Z2660089	Osmund Stockholm p2b balk PISY	72			C	0	N	T	N	1.81	undated
Z2660099	Osmund Stockholm p3b häckbalk PISY	124	AD1422	AD1545	C	18	N	?	N	1.86	after AD1545
Z2660109	Osmund Stockholm p4b innergarnering PISY	61	AD1472	AD1532	F	16	N	T	S1	1.55	after AD1533
Z266011a	Osmund Stockholm p5b innergarnering PISY	98	AD1417	AD1514	G	30	N	T	N	1.34	after AD1514
Z2660129	Osmund Stockholm p6b innergarnering PISY	97	AD1409	AD1505	F	0	N	T	N	1.44	after AD1514
Z266013a	Osmund Stockholm p8b spant PISY	71			F	8	N	T	N	1.50	undated
Z2660149	Osmund Stockholm p9b spant PISY	120	AD1361	AD1480	C	10	N	T	N	1.03	after AD1480
Z2660159	Osmund Stockholm p10b spant PISY	142	AD1387	AD1528	C	0	N	O	N	0.73	after AD1528
Z266016a	Osmund Stockholm p11b balk PISY	88	AD1396	AD1483	F	20	N	O	N	0.93	after AD1483
Osmundvraket samples barrel staves											
Z266101a	Osmundvraket p7 tøndestave QUSP	99	AD1428	AD1526	G	0	N	R	H1	1.29	after AD1536
Z2661029	Osmundvraket p10 barrel stave QUSP	96	AD1437	AD1532	G	2	N	R	S1	1.25	AD1539-53
Z266103a	Osmund Stockholm p12b stave QUSP	75	AD1451	AD1525	G	0	N	R	N	1.27	after AD1534
Same tree											
Z266011&11st	Osmund Stockholm p5 p6 same tree PISY	106	AD1409	AD1514	F	30	N	?	N	1.34	after AD1514
Averages											
Z2661M02	Osmundvraket Stockholm barrel staves 3 timbers QUSP	105	AD1428	AD1532						1.29	
Z266M002	Osmund Stockholm 2 timbers PISY	123	AD1361	AD1483						1.06	
Z266M005	Osmund Stockholm 7 timbers PISY	167	AD1387	AD1553						1.31	

Conversion: R = radial split plank, T = tangential plank, W = whole timber, S = squared whole timber, H = half timber, Q = quarter timber, O = other conversion.
Pith: C = centre, V = less than 5 rings, F = 5 – 10 rings, G = greater than 10 rings.
QUSP = *Quercus sp*., oak. PISY = *Pinus sp*., pine. PCAB = *Picea sp/Larix sp*., spruce/larch

Aoife Daly, Ph.D. 25th June 2020

When quoting these results please add the following:
Daly, Aoife, 2020. Dendrochronological analysis of additional timbers from Osmundvraket, Sweden. *dendro.dk report* 2020:14, Copenhagen.
In blogs and social media: *dendro.dk report* 2020:14

AOIFE DALY, Ph.d.

Dendrochronological analysis of timbers from Osmundvraket, Sweden.

by
Aoife Daly.
Dendro.dk report 1 : 2020
Commissioned by Jim Hansson, Swedish National Maritime Museums.

Eight samples from timbers from a ship named Osmundvraket, were submitted for dendrochronological analysis, to determine their date and provenance. Samples from two barrel staves from the ship's cargo were also submitted. The results of this analysis are described in this report.

Osmundvraket, Sweden
All the samples from the ship's timbers are conifer, and on microscopic anatomical examination all these are identified as pine. The two barrel staves are of oak.

The pine samples
The pine samples are from various structural components in the ship, including frames, planking, a beam and the mastfish. None of these samples could be dated. Two samples, both from frames, contain very few tree-rings – p4 has 35 rings while p9 has just 22 rings – and these are not analysed further. Frame p3 (Z266001a) contains just 55 tree-rings while frame p1 (Z2660059) has only 48 rings. Similarly beam p8 (Z266004a) contains only 44 rings.
The tree-ring curves from the two planks (p2 and p5) and the mastfish cross-match with each other, as demonstrated in table 1, and an average of these (Z266M001) is 123 years long. As mentioned above, it has not been possible to identify the dating position for this material.

			Z2660029	Z2660069	Z2660039
Z266 M001	P2 plank	Z2660029	*	3.88	2.7
	P5 plank	Z2660069	3.88	*	3.2
	P6 mast fish	Z2660039	2.7	3.2	*

Table 1. Osmundvraket, Sweden. Result of the correlation between the tree-ring curves from the three cross-matching pine samples with each other. The grey tone highlights the high *t*-values.

The oak barrel samples
Both oak samples are dated. Sample p7 (Z266101a) contains 99 tree-rings, all heartwood, and covers the period AD 1428 to 1526. Allowing for missing sapwood, the felling of the tree that was used to make this barrel stave took place after c. AD 1536.
Sample p10 (Z2661029) contains 96 tree-rings, of which two are sapwood rings. The tree-ring curve covers the period AD 1437 to 1532. Allowing for missing sapwood, the tree for this barrel stave was felled c. AD 1539-53.
If the two trees for the barrel staves were felled at the same time, then this felling took place in around the 1540s (highlighted with blue in fig. 1).

AOIFE DALY, Ph.d.

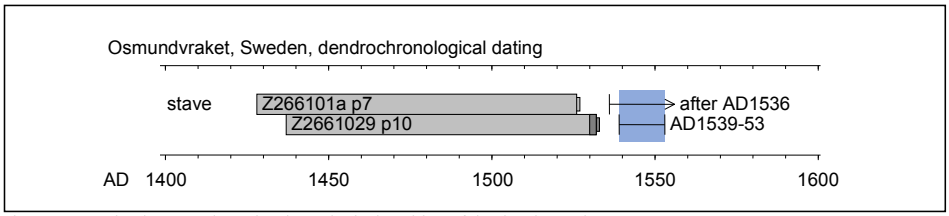


Fig. 1. Osmundvraket, Sweden, The chronological position of the dated samples

Filenames	-	-	P7 stave Z266101a	P10 stave Z2661029	
-	start	dates	AD1428	AD1437	
-	dates	end	AD1526	AD1532	
1HA00M01test	AD1450	AD1590	4.07	6.71	Haarlem Wilsonplein barrel 3 timbers (van Dalen pers comm)
0M040004	AD1156	AD1597	5.15	6.46	Baltic 1 64 timbers (Hillam & Tyers 1995)
Z2261M01 ne...	AD1098	AD1522	4.10	5.60	Køge ship planks 18 timbers (Daly 2019)
Z2261M03 do...	AD1264	AD1537	4.03	5.37	Køge ship double planks 7 timbers (Daly 2019)
Z1812M03	AD1410	AD1578	3.43	5.10	Kirkestræde 6 barrel 3 timbers (Daly & Nielsen 2016)
BTV0M001_B3...	AD1342	AD1616	-	4.84	Batavia Baltic 3 group 20 timbers (Daly et al in press)
B3_NPG	AD1318	AD1624	-	4.69	Baltic 3 new 15 timbers (Tyers pers comm)
0M040005	AD1257	AD1615	-	4.48	Baltic 2 40 timbers (Hillam & Tyers 1995)
Z093M003	AD1425	AD1593	-	4.29	Vasa barrels 2 timbers (Daly 2013)
ZP08Q1C1	AD1448	AD1530	6.09	3.01	Vilnius Castle Officine 6 timbers (Puckiene pers comm)
H019M001 barrel	AD1355	AD1545	5.57	-	Algade 16 barrel 5 timbers (Daly 2018)
Z1081M03	AD1450	AD1619	4.69	-	Brünsbüttel Ship Cuxhaven barrels 30 timbers (Daly 2014)
H025M002 pl	AD1155	AD1596	4.63	-	Vingårdsgade Ålborg pl 5 timbers (Daly & Daly 2019)
HO157M02	AD1359	AD1563	4.48	-	Rehna Deutsches Haus 5 timbers (Hamburg Uni revised Daly 2007)
cuxstaves	AD1426	AD1622	4.17	-	Brünsbüttel Ship Cuxhaven staves 45 timbers (Daly 2014)

Table 2. Osmundvraket, Sweden. Result of the correlation between the tree-ring curves from samples p7 (Z266101a) and p10 (Z2661029) and diverse site and master chronologies. The source of the chronologies is given. The grey tone highlights the high *t*-values.

Provenance

The correlation between the dated tree-ring curves from the two oak samples and a range of tree-ring datasets for oak for Northern Europe is shown in table 2. Both barrel staves are correlating best with tree-ring datasets from the south/southeast Baltic and from ships and barrels of Baltic oak, but they appear to be from different areas within this large region.

Methodology

Measuring and analysis of the material is carried out using the program ”DENDRO” (Tyers, 1997) in which ”CROS” (Baillie & Pilcher, 1973), for the calculation of the *t*-value (”*t*-test”), is embedded. To estimate the felling dates of the oaks a sapwood average for Northern Poland (15 years (-6 +9) (Wazny 1990)) is used. In the analysis master and site chronologies for Northern Europe are consulted.

Literature

Baillie, M.G.L. and Pilcher, J.R., 1973. A simple crossdating program for tree-ring research. *Tree-Ring Bulletin* 33, 7-14.

Daly, A., 2007. *Timber, Trade and Tree-rings. A dendrochronological analysis of structural oak timber in Northern Europe, c. AD 1000 to c. AD 1650*. Ph.D. thesis submitted February 2007, University of Southern Denmark.

AOIFE DALY, Ph.d.

Daly, A., 2013. Dendrochronological analysis of samples from timbers and cargo from the Vasa, Stockholm, Sweden – a case study. *Chronology, Culture and Archaeology report* 13, University College Dublin.
Daly, A., 2014. Dendrochronological analysis of ship timbers and timber cargo of the Elbe Wreck, Cuxhaven, Germany. *Dendro.dk report* 2014:6, Copenhagen.
Daly, A., 2018. Dendrokronologisk undersøgelse af tømmer fra Algade 16, Aalborg ÅHM 6403. *Dendro.dk rapport* 2018:13, Copenhagen.
Daly, A., 2019. Dendrochronological analysis of timbers from a ship found at Køge Harbour, KNV804, Denmark. *Dendro.dk report* 2019:72, Copenhagen.
Daly, A. & Daly, S., 2019. Dendrokronologisk undersøgelse af tømmer fra Vingårdsgade Ålborg ÅHM 6713. *Dendro.dk rapport* 2019:62, Copenhagen.
Daly, A. & Nielsen, J., 2016. Dendrokronologisk undersøgelse af tønder fra Kirkestræde 6, Nibe, ÅHM 6252. *Dendro.dk rapport* 2016:75, Copenhagen.
Hillam J. & Tyers I., 1995. Reliability and repeatability in dendrochronological analysis: tests using the Fletcher archive of panel-painting data, *Archaeometry* 37, p. 395–405.
Tyers, I.G., 1997. Dendro for Windows Program Guide, *ARCUS Report* 340, Sheffield.
Wazny, T., 1990. *Aufbau und Anwendung der Dendrochronologie für Eichenholz in Polen*. PhD Thesis. Universität Hamburg, pp. 213.

Catalogue

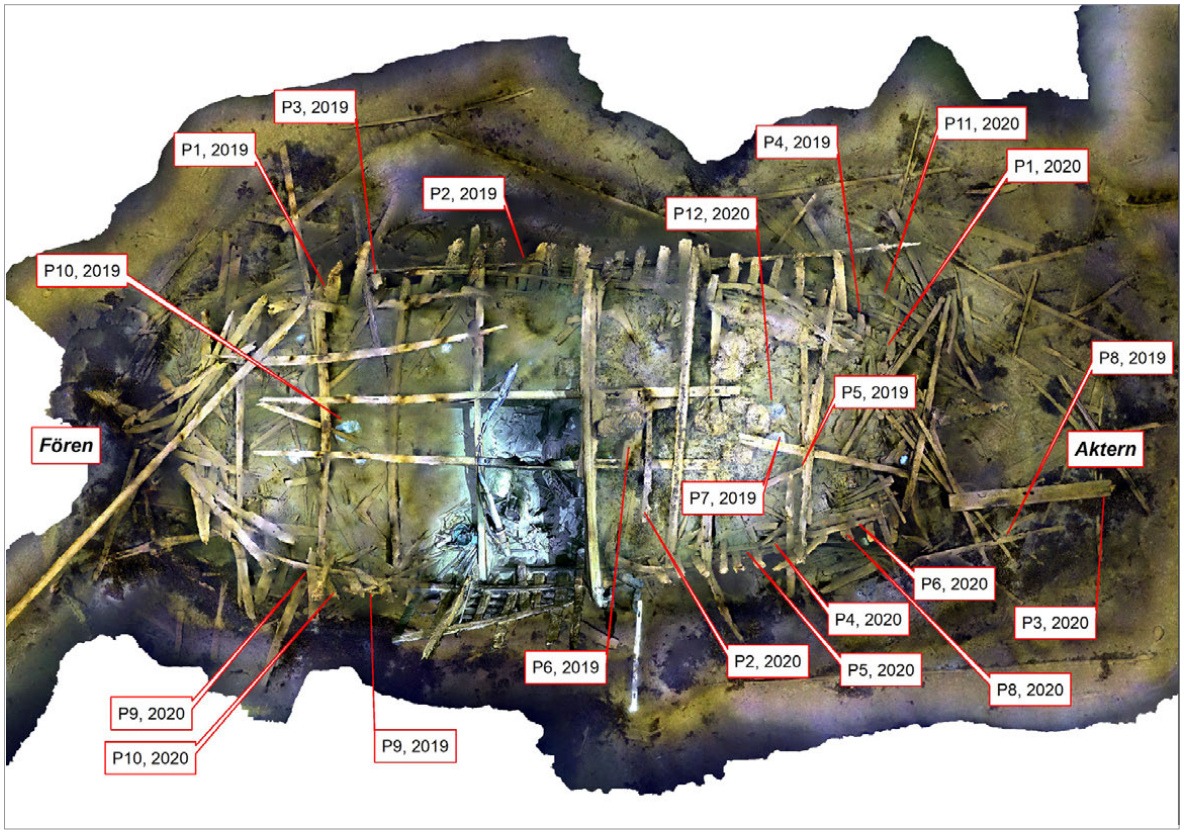
Filename	sample title and number, species	rings	start yr.	end yr.	pith	sapwood	bark?	Conversion	extra end	Ave ring width mm	Interpretation / felling
Osmundvraket samples ship timbers											
Z266001a	Osmundvraket p3 spant PISY	55			C	10	N	O	S2	1.69	Undated
Z2660029	Osmundvraket p2 bordlægning PISY	121			F	9	N	T	N	1.29	Undated
Z2660039	Osmundvraket p6 mastfisk PISY	101			G	44	N	T	S1	1.78	Undated
Z266004a	Osmundvraket p8 balk PISY	44			F	0	N	O	N	2.98	Undated
Z2660059	Osmundvraket p1 spant PISY	48			V	22	N	T	S1	2.73	Undated
Z2660069	Osmundvraket p5 plank PISY	56			F	20	N	T	N	1.41	Undated
	Osmundvraket p4 spant PISY	35									Not measured
	Osmundvraket p9 spant PISY	22									Not measured
Osmundvraket samples barrel staves											
Z266101a	Osmundvraket p7 tøndestave QUSP	99	AD1428	AD1526	G	0	N	R	H1	1.29	after AD1536
Z2661029	Osmundvraket p10 barrel stave QUSP	96	AD1437	AD1532	G	2	N	R	S1	1.25	AD1539-53
Averages											
Z266M001	Osmund 3 timbers PISY	123								1.54	

Conversion: R = radial split plank, T = tangential plank, W = whole timber, S = squared whole timber, H = half timber, Q = quarter timber, O = other conversion.
Pith: C = centre, V = less than 5 rings, F = 5 – 10 rings, G = greater than 10 rings.
QUSP = *Quercus sp*., oak. PISY = *Pinus sp*., pine. PCAB = *Picea sp/Larix sp*., spruce/larch

Aoife Daly, Ph.D. 7th January 2020

When quoting these results please add the following:
in publication bibliography/literature lists:
Daly, Aoife, 2020. Dendrochronological analysis of timbers from Osmundvraket, Sweden. *dendro.dk report* 2020:1, Copenhagen.
In blogs and social media: *dendro.dk report* 2020:1

AOIFE DALY, Ph.d.


P3, 2019
P1, 2019
P2, 2019
P4, 2019
P11, 2020
P1, 2020
P12, 2020
P10, 2019
P8, 2019
P5, 2019
Fören
Aktern
P7, 2019
P6, 2020
P4, 2020
P3, 2020
P6, 2019
P2, 2020
P5, 2020
P8, 2020
P9, 2020
P10, 2020
P9, 2019

Bilaga 2. Metallografisk & kemisk analys

GEOARKEOLOGISK ANALYSRAPPORT 2023:02

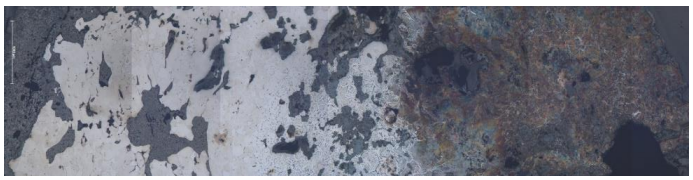
Osmundar och stångjärn från Osmundskeppet

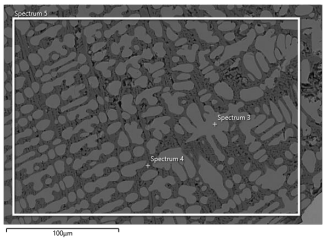
Metallografiska och kemiska analyser

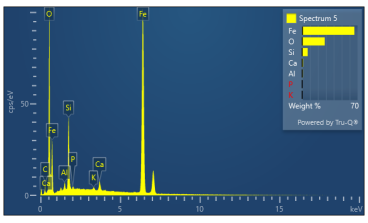
Stockholms län, Haninge kommun, Simpskallen i Lilla Hussarns naturreservat

Dnr 5.1.5-00213-2022

Lena Grandin







Arkeologerna
Statens historiska museer

STATENS HISTORISKA MUSEER
Arkeologerna

Kontoret i Hägersten:
Instrumentvägen 19
126 53 HÄGERSTEN

Kontoret i Uppsala:
Hållnäsgatan 11
752 28 UPPSALA

Tel.: 010-480 80 00

www.arkeologerna.com
e-post: fornamn.efternamn@arkeologerna.com
www.shmm.se

Omslagsfoto Övre raden: tre av de analyserade osmundarna (7:3, 4:2 och 2:1) med likartad form och vikt.
I mitten: foto från mikroskopet på polerat och etsat prov av osmund 3:2 med heterogen metallsammansättning (lägre kolhalt till vänster, högre till höger).
Nedre raden: elektronbild från kemianalysen (EDS) av osmund 3:3 med slagginneslutning och till höger analyspektrum från rutan.
Foto: Lena Grandin

© 2023 STATENS HISTORISKA MUSEER
Arkeologerna
Geoarkeologisk Analysrapport 2023:02

Bildredigering och *layout* Lena Grandin
Tryck/utskrift Uppsala 2023

Innehåll

Sammanfattning 5

Inledning 7
- Uppdraget 7
- Bakgrund 7
- Frågeställning och potential 7
  - Form 7
  - Kvalité 7
  - Osmundar/stångjärn i ett större perspektiv 8
- En kort introduktion till osmunden 8
  - Vad är en osmund? 8
  - Osmundar – tidigare analyser 9

Material och metod 11
- Material 11
- Metod 12
  - Dokumentation 12
  - Provtagning 12
  - Metallografisk analys 12
  - Kemisk analys 13

Resultat 14
- Morfologi 14
  - Tunna 1 16
  - Tunna 2 16
  - Tunna 3 17
  - Tunna 4 18
  - Tunna 7 18
- Osmundar – analysresultat 19
  - Osmund 1:1 21
  - Osmund 2:1 27
  - Osmund 3:1 32
  - Osmund 3:2 37
  - Osmund 3:3 41
  - Osmund 3:4 47
  - Osmund 4:1 51
  - Osmund 4:2 55
  - Osmund 7:3 59
- Stångjärnet – analysresultat 62
  - Dokumentation tidigare provtagning 62
  - Provtagning 64
  - Metallografisk analys 64
- Samlade kemiska analyser – en jämförelse 73
  - Slaggerna i osmundar och stångjärn – några huvuddrag 73
  - Mangan, magnesium och fosfor i slaggen särskiljer osmundarna 76
  - Tunna 3 som exempel 80

Sammanfattning och diskussion 81
Variation i storlek och vikt 81
Variation i form 81
Variation i metallkvalité 81
Variation i slaggsammansättning 82
Stångjärnet 84
Potential för framtida studier 84
Referenser 85
Administrativa uppgifter 86
Bilagor 87
Bilaga 1. Plan över tunnornas placering i Osmundskeppet 87
Bilaga 2. Kemidata 88

Sammanfattning

I skeppslasten från *Osmundskeppet*, ett klinkbyggt lastfartyg från 1540-talet, som påträffats vid Simpskallen i Lilla Hussarns naturreservat i Haninge kommun i Stockholms län fanns bland mycket annat buntar av stångjärn och ett stort antal tunnor. Många av dessa tunnor innehåller osmundar, en typ av ämnesjärn. Under hösten 2021 bärgades totalt 15 av dessa från fem tunnor från olika positioner i vraket. Metallografiska och kemiska analyser har genomförts av ett urval av dem och det hittills enda bärgade stångjärnet.

Resultaten visar en stor variation i hela materialet såväl som inom respektive tunna. Osmundarna varierar i vikt (265–900 gram), storlek och form; alltifrån långsmala eller tämligen väldefinierade triangelformade med tydliga kanter, till mer oregelbundna former.

De metallografiska analyserna visar också en variation i järnets sammansättning. Många av osmundarna är ojämna i kvalité, med varierande fördelning av hålrum och slagg, men också metallens sammansättning är heterogen med varierande kolhalt. I flera ses en övergång från ett järn med låg kolhalt (eller i det närmaste kolfritt) till ett järn (stål) med högre kolhalt. I några enstaka finns en tydlig gräns mellan de båda delarna. I andra ses en övergångszon med kontinuerligt ökande kolhalt.

Ett fåtal av de analyserade osmundarna är dock mer homogena, åtminstone i de utvalda provdelar som har analyserats. Antingen förekommer lågkolhaltigt eller högkolhaltigt järn.

Osmundarna, med bl.a. oregelbundet formade hålrum och slagginneslutningar, visar inte tecken på någon mer omfattande bearbetning. Några inneslutningar visar antydan till deformation, i varmt tillstånd, troligen i samband med upphuggning och delning.

Kemiska analyser av osmundarnas slagginneslutningar visar också skillnader. Bland dem framträder grupper med olika innehåll av bl.a. kalcium, mangan, magnesium eller fosfor. Oavsett om slaggen har bildats vid ett eller flera processled borde det vara rimligt att förvänta sig likheter i slaggen i osmundar som är tillverkade på samma plats, med samma råvaror, på snarlikt sätt och under samma tid (ungefär). Men, återigen framträder en varierad bild som tyder på att osmundarna inte kommer från en och samma produktionsplats, utan flera olika – även osmundar från en och samma tunna.

Som grupp är osmundarna dock tydligt åtskilda från stångjärnet. Detta enda analyserade stångjärn uppvisar en tydlig struktur till följd av omfattande bearbetning. Metallen är generellt dessutom betydligt homogenare än i osmundarna, och utgörs till stora delar av ett kolfritt järn; endast ställvis längs ytterkanten finns en något förhöjd kolhalt.

De övergripande resultaten med heterogen sammansättning inom respektive osmund överensstämmer därmed också med den allmänna bild som har presenterats tidigare för bl.a. osmundar funna på produktionsplatser såväl som från kloster- och stadskontexter.

Inledning

Uppdraget

Metallografiska och kemiska analyser har genomförts av osmundar och stångjärn från *Osmundskeppet*, ett klinkbyggt lastfartyg från 1540-talet som påträffats vid Simpskallen i Lilla Hussarns naturreservat i Haninge kommun i Stockholms län. Troligen har det sjunkit i slutit av1550-talet eller början av 1560-talet. Analyserna har gjorts på uppdrag av och inom ramen för ett samarbetsprojekt mellan Jernkontoret och SMTM (Statens Maritima Och Transporthistoriska Museer).

Bakgrund

Vraket av ett drygt 20 meter långt och knappt 8 meter brett klinkbyggt lastfartyg påträffades i Stockholms skärgård 2017. Trots att skrovet har kollapsat i såväl fören som aktern är, enligt uppgifter från uppdragsgivaren, skeppet ovanligt välbevarat. I skeppets last fanns, bland mycket annat, buntar av stångjärn och ett stort antal tunnor. Många av tunnorna är fyllda med osmundar, dvs. en typ av ämnesjärn.

Vid ett tidigt skede i undersökningen bärgades ett stångjärn och fem osmundar nära skeppets akter (Bilaga 1). Från en senare insats under hösten 2021 bärgades totalt 15 osmundar från fem tunnor. Fyra av tunnorna (1–4) är från centrala delar i skeppet medan den femte tunnan (nr 7) är från en plats närmare fören (Bilaga 1). Från varje tunna finns osmundar med olika former.

Frågeställning och potential

Form

För osmundarna finns frågor om deras yttre som vikt, form, och spår efter upphuggning (se Wallander 2018 för alla detaljer).

- Vikt: Har osmundarna en ”standardiserad” vikt likt den som har noterats för osmundar tidigare? Uppvisar de variation?
- Form: Är osmundarna likartade till sitt yttre? Uppvisar de den variation som tidigare är kända för osmundar? Likheter/skillnader inom/mellan tunnor? Finns former som inte är noterade tidigare?
- Yttre tecken på bearbetning: Finns det spår efter huggmärken som tyder på delning, likt de som tidigare har rapporterats? Eller annat som tidigare inte är känt?

Kvalité

Osmundarnas inre, dvs. metallkvalité och sammansättning, är också frågor som länge har diskuterats med utgångspunkt i tidigare, sporadiska, analyser (Wallander 2018 med referenser). Med de nu påträffade osmundarna finns mycket goda förutsättningar att ta reda på om de är homogena eller heterogena i sin uppbyggnad, består av mjukare järn och/eller hårdare stål, slaggförekomst, etc. Tidigare analyser har påvisat stor variation. Nu finns ytterligare möjlighet att utöka antalet studerade osmundar för att belysa om det finns någon systematik i denna variation, om kvalité är kopplad till form, eller om det finns likheter eller skillnader mellan tunnor.

- *Järnkvalité*: mjukt järn, hårdare stål, fosforjärn. Enhetligt eller varierat i respektive osmund. Enhetligt eller varierat i respektive tunna? Kopplat till yttre form?
- *Slaggförekomst*: lite eller mycket slaggrester? Slaggformer som kan säga mer om tillverkning och bearbetning? Sammansättning (kemisk): skillnader eller likheter mellan olika osmundar och/eller olika tunnor (se även Buchwald 2008)?
- *Stångjärnet*: vilken järnkvalité har stångjärnet, skiljer det sig från osmundarna? Finns innesluten slagg? Hur förhåller sig den till slaggen i osmundarna (form/sammansättning)?

Osmundar/stångjärn i ett större perspektiv

Resultaten från de detaljerade analyserna förväntas framöver att kunna användas för mer övergripande frågor. Detta omfattas dock inte av det detta uppdrag. Som exempel förväntas följande teman kunna belysas:

- Kan, och kunde, yttre former användas för att bedöma osmundarnas kvalité och materialegenskaper?
- Kan eventuella skillnader i kemisk sammansättning (metall och/eller innesluten slagg) antyda att osmundarna/tunnorna kommer från olika produktionsplatser?
- Vilken roll har stångjärnen på skeppet, jämfört med osmundarna?

En kort introduktion till osmunden

Vad är en osmund?

Forskningen kring ämnesjärn och specifikt osmundjärnet som var en mycket betydande exportvara, en har varit i fokus under lång tid, med mer intensiva insatser under olika tidsperioder. Till de kanske mer kända hör den satsning som gjordes inom Jernkontorets bergshistoriska utskott på 1970-talet med den så kallade osmundgruppen som skulle belysa osmundens karaktär och processtekniska ursprung. Frågorna var många och omfattade också utredning om ordet osmund, men en av de viktigare behandlade huruvida osmunden var en produkt av ett färskat järn från masugnsprocessen eller om det även producerades i blästprocessen. För, även om osmundjärnet finns omnämnt i skriftliga dokument, är det oklart vad som definierar en osmund. Studierna fick nytt liv när undersökningarna av en av de första kända masugnarna, Lapphyttan i Västmanland, kom igång. Där fanns osmundar och tolkningen av analyser av några av dessa föreslog att de var resultatet av härdfärskat masugnsjärn. Diskussionen har dock fortsatt om tillverkningsprocess även om det är tydligt att osmunden som produkt sammanfaller med det första uppträdandet av masugnen.

Metallografiska undersökningar, och kemiska analyser av olika typer, har också genomförts under årens lopp med något varierande resultat vad gäller metallens sammansättning (se mer nedan). Även tolkning om ursprunget har varierat. Ett genomgående drag är att en stor del av de analyserade osmundarna, och förmodade osmundarna, inte är konsoliderade i någon större omfattning, dvs. att de innehåller både hålrum och slagg. Undantag från detta har också rapporterats.

Denna diskussion har presenterats i en omfattande studie av Wallander (2018) och vi hänvisar vidare till denna för detaljer och mer utförliga referenser. Där behandlas också frågan kring standardiserade former och vikter, en fråga som tidigare också har berörts i flera studier; några av de senare är av Wallander (2015) och Crew (2015) med referenser till de äldre.

Den definition som för tillfället förefaller vara allmänt accepterad (t.ex. Wallander 2015, 2018) är att osmundjärnet är ett färskat tackjärnfrån en masugn som efter färskningen har huggits upp i hanterbara stycken på ca 300 gram. Beroende på hur delningen har gått till kan de ha fått varierande former; halvmåneformade, rektangulära eller triangulära, något som illustreras av bl.a. Wallander (2018 och referenser däri). Även om 300 gram (eller mindre precist 0,3 kg) presenteras som en medelvikt är spannet stort och Crew (2015) diskuterar dessutom om det finns skillnader över tid eller om spännvidden har andra orsaker. Oavsett variationen mellan de olika osmundarna har den totala vikten i varje tunna förts fram som mer betydelsefullt för exporten.

Osmundar – tidigare analyser

Bland tidigare gjorda analyser finns de som förfaller vara sporadiskt gjorda när tillfälle gavs, till andra mer samlade studier. Vanligen är det metallografiska analyser som har genomförts, i några fall även kemiska analyser (med olika analysmetoder) av metallen och/eller innesluten slagg. Huvudsakligen omfattar analyserna av slagginneslutningar ämnen i halter som förekommer från storleksordningen några tiondels viktprocent och däröver, dvs. sällan ämnen i spårhalter. Analyserna i litteraturen är därmed inte alltid jämförbara på lika villkor, men utgör en bra grund. Den generella bilden är att osmundarna varierar i sammansättning (se mer nedan), inte enbart bland osmundar som grupp utan inom varje osmund. I någon studie har flera tvärsnitt analyserats som tydligt visar heterogenitet från kant till kant. Men, även enstaka prov från respektive osmund visar variation. Det framgår dock inte alltid hur stort provet är, eller från vilken del av osmunden som provet kommer. Men, även små prover förefaller uppvisa en heterogenitet i järnets sammansättning på korta avstånd.

Anders Wallander har sammanställt många av de tidigare metallografiska analyserna av enstaka osmundar från flera platser (2015, 2018). I dessa tidigare genomförda analyser kan man notera att osmundarna i stort sett genomgående är heterogena i sin uppbyggnad. Vanligen är de håliga/poriga och innehåller mycket slagg. En del av dessa tidigare analyser beskriver slaggerna mer ingående med avseende på form, fördelning och storlek, ibland även vilka faser som förekommer. Andra studier är mer sparsamma med information kring slaggen, ofta beroende på att osmundarna också delvis är korroderade och det kan vara svårt att särskilja rost från slagg i den metallografiska analysen.

Det mest karakteristiska gemensamma draget i analysresultaten är dock att osmundarna består av minst två, ofta tre olika typer av järn

(strukturer), Vanligen utgörs en del av dem kolfritt järn eller järn med mycket låg kolhalt. En annan del har högre kolhalt (varierar från osmund till osmund, ibland 0,4–0,8 % C). Några osmundar beskrivs också ha en övergånszon mellan den lågkolhaltiga delen och den med högre kolhalt, där kolhalten är intermediär. Det framgår dock inte alltid vilken del av osmunden som har lägre respektive högre kolhalt, dvs. om det är knutet till ytterkant eller mer centrala delar.

I många fall beskrivs det kolfria järnet (ferriten) vara grovkornig vilket antyder att det inte har bearbetats nämnvärt efter ferritbildningen. I beskrivningarna nämns också ofta att ferriten förekommer i Widmanstättenform vilket beskriver dess avkylningsprocessen. Enstaka exempel på betydligt högre kolhalt med förekomst av gjutjärn förekommer också (från Gamla Lödöse, Wallander 2018).

Vagn Buchwald har systematiskt gjort metallografiska (och kemiska) analyser av ett antal osmundar (2003, 2008). Analyserna omfattar osmundar från produktionsplatser, platser som tolkats som bearbetningsplatser samt distributions- och förvaringsplatser (se även Wallander 2018). Osmundar från produktionsplatsen Lapphyttan i Västmanland utgör en viktig del av detta, tillsammans med annat järnavfall och slagger från samma plats. På några av de järnprov som analyserades metallografiskt av Modin m.fl. (1985) har också kemiska analyser gjorts av deras slagginneslutningar (Kresten 2000). Det kan diskuteras om osmundarna och annat järn vid Lapphyttan har lämnats kvar på grund av sämre kvalité och att de därmed inte skulle vara representativa för osmundens allmänna form, utseende och kvalité. Nu finns möjlighet att jämför med ett urval av de osmundar som verkligen har gått på export, men uppenbarligen inte kommit fram till slutdestinationen.

Resultaten från nyligen genomförda pilotundersökningar av de först bärgade osmundarna från Osmundskeppet visar också denna heterogena bild av osmundens uppbyggnad, inklusive en varierande kolhalt (Helén m.fl 2021, Larsson & Fischbein 2021).

En studie av osmundar från det polska s.k. Kopparvraket (från 1400-talet) visar, preliminärt, delvis andra resultat än de ovan. Dels är dessa osmundar välformade (något oregelbundna tenar), dels har de endast små mängder slagg samt ringa andel hålrum. De uppvisar dock stor variation i kolhalt, likt de som beskrivs ovan från svenska kontexter (presentation på workshop ”Baltic metal trade network”, Jernkontoret 2022-05-24, Tiberghien, Åkerblom Jonsson & Ghaysari).

Material och metod

Material

I det analyserade materialet ingår *osmundar* från 5 olika tunnor, påträffade i olika delar av skeppet (Bilaga 1).

Tunnorna är märkta 1–4 och 7. Från varje tunna togs flera osmundar upp i samband med undersökningarna 2021. Enligt uppdragsgivaren (Jim Hansson) föreföll osmundarna vara kraftigt hoprostade men de kunde lätt delas på plats med några enstaka välriktade hugg, och bedömningen var att delningen skedde mellan osmundarna, i den mellanliggande rosten. En första preliminär granskning av osmundarna ger stöd till den observationen då det inte finns några nya huggmärken på dem.

Samtliga upptagna osmundar från tunnorna 1–4 och 7 har inlämnats för granskning och urval till analys, vilket innebär 2–4 osmundar vardera (Fig. 1 och 4–9). I samband med nuvarande studie numreras de inom varje tunna till 1:1, 1:2 etc. (se tabell 1).

Figur 1. Osmundar från Osmundskeppets tunna nr 3 som visar skillnader i form och storlek. Samtliga är analyserade. Skalstocken är 10 cm

Ett *stångjärn* (Fig. 2) som bärgades vid ett tidigt skede i undersökningen ingår också i denna studie.

Figur 2. De två delarna av stångjärnet från Osmundskeppet som inkom för analys. Skalstocken är 20 cm.

Metod

Dokumentation

Som beskrivits ovan har diskussionen kring *osmundarnas* eventuellt standardiserade form och vikt varit betydelsefullt. Därför dokumenteras samtliga osmundar enligt samma princip som beskrivs av t.ex. Wallander (2018). Samtidigt eftersöks också yttre tecken på bearbetning, t.ex. om det finns spår efter huggmärken som tyder på delning, likt de som tidigare har rapporterats, eller om det finns tecken på annan bearbetning, som tidigare inte är känd.

Med denna grunddokumentation som bas görs urval för analyser. Primärt väljs en osmund från varje tunna för jämförelse mellan tunnorna. Så långt det är möjligt väljs därför också osmundar med samma/likartad form för denna inledande analys. I ett andra steg görs också ett urval av flera osmundar från en eller två av tunnorna för att få en uppfattning om eventuell variation inom tunnorna.

Stångjärnet är delat vid tidigare tillfälle och det finns därmed flera tvärsnitt som kan bedömas inför denna analys. Endast delar av stångjärnet ingår i studien men dess dimensioner dokumenteras så långt möjligt från ytterform och observationer i tidigare gjorda tvärsnitt.

Provtagning

Provtagning sker med såg från varje utvald *osmund* för att få ett prov som kan gjutas in, slipas, poleras och etsas för de metallografiska analyserna. Dessa prover används också för de kemiska analyserna. Provtagningsområde i respektive osmund baseras på observationer från den inledande dokumentationen.

Stångjärnet är delat vid tidigare tillfälle varför det finns flera tvärsnitt som kan bedömas inför denna analys. Tre nya snitt görs (med såg), i olika riktningar, för metallografisk analys, där ett av snitten analyseras kemiskt.

Metallografisk analys

De provtagna tvär- och längdsnitten gjuts in i plast. Ytan slipas och poleras. Metallografiska undersökningar utförs på det polerade järnet för att identifiera dess olika texturer, beroende på kemisk sammansättning och grad av bearbetning. Efter att slaggförekomst och fördelning noterats etsas proverna med 2 % nitallösning för att observera innehåll och fördelning av kol (och fosfor). Analysen genomförs i ett Zeiss Axioskop 40A polarisationsmikroskop.

Några termer som används för att beskriva metallen är ferrit som är mjukt järn utan kolinnehåll, cementit som är en förening av järn och kol (Fe_3C, järnkarbid), och perlit som är en struktur uppbyggd av omväxlande ferrit och cementit. Generellt medför alltså en större mängd perlit en högre kolhalt och ett hårdare material.

Innehåll av bl.a. fosfor och nitridnålar i järnet kan också observeras i mikroskopet. Ett eventuellt fosforinnehåll syns vanligen som en överpräglande dendritisk textur.

Det är också möjligt att urskilja olika värmebehandlingar som härdning, dvs. en upphettning med påföljande snabb avkylning i t.ex.

vatten. Den då bildade strukturen kallas *martensit*. Ett härdat stål kan också anlöpas (uppvärmning utan snabb avkylning) för att minska sprödheten och omforma martensiten. Glödgning, uppvärmning utan snabb avkylning av icke härdat stål, kan ses i form av cementit som antagit rundare former (sfäroidisering) och leder till ett mjukare och mindre sprött stål. I osmundarna förväntsdock inte värmebehandling av denna typ.

I äldre järn finns ofta rester av slagg som små inneslutningar. Slaggen består vanligen av flera mineral, bland annat olivin som är ett järnsilikatmineral, wüstit som är en järnoxid, och en glasfas som är en finkornig huvudsakligen icke-kristallin fas vars sammansättning kan variera över stora intervall.

Kemisk analys

Kemiska analyser görs av de metallografiskt analyserade proverna. Analysen är en mikrokemisk analys där metall och innesluten slagg analyseras var för sig.

Metallen, som huvudsakligen är järn, analyseras för at detektera förekomst av ämnen i lägre halter. Kolhalten mäts dock inte utan den uppskattas från den metallografiska analysen (se ovan). Bland ämnen som teoretiskt kan förväntas är t.ex. fosfor (Som förekommer i en del malmer och fördelas mellan slagg och metall). Om den använda malmen innehåller spårämnen som t.ex. nickel, krom eller vanadin anrikas dessa ämnen i metallen och kan vara mätbara om halterna är tillräckliga.

Slagginneslutningarna analyseras separat. I inneslutningarna förväntas flera olika faser där järnoxiden wüstit är vanlig liksom järnsilikatet olivin och en silikatrik glasfas (se ovan). Dessa kan förekomma i olika proportioner. Inneslutningarna kan förväntas variera i storlek, ner till några mikrometers bredd. Beroende på form, storlek och mineralfördelning väljs analysområde för att få så heltäckande analys som möjligt av inneslutningarnas totalsammansättning. Beroende på när under processen som slaggen härrör kan sammansättning ge olika indikationer på använda råvaror och/eller processer.

Den kemiska sammansättningen bestämdes med hjälp av ett FEI Quanta 650 fält-emissions svepelektronmikroskop som är utrustat med en 80 mm2 X-MaxN Oxford Instruments energidispersiv röntgenspektroskopi (EDS), vid Naturhistoriska riksmuseet i Stockholm. Accelerationsspänningen var 20kV, elektronstrålens diameter var mindre än 1 µm och arbetsavståndet till provet var 10 mm. Strålströmmen kalibrerades mot Co metall och instrumentet är i sin tur kalibrerat mot metall och mineralstandarder, för varje individuellt grundämne. Data reducerades och kvantifierades med AZtec programvaran (Oxford Instruments NanoAnalysis, High Wycombe, UK).

Inför analysen är proverna, konventionellt, belagda med et tunt skikt av kol. Det innebär att eventuell kolhalt i det metalliska järnet/stålet inte kan kvantifieras. Kolhalten ses därför bäst i den metallografiska analysen.

Resultat

Inledningsvis redovisas de grundläggande uppgifterna kring osmundarnas yttre form, vikt och eventuella huggmärken eller andra karaktäristiska drag som kan vara av intresse. Detta presenteras uppdelat per tunna och med jämförande reflektioner. I efterföljande stycken presenteras de mer detljerade resultaten från de metallografiska och kemiska analyserna av de prioriterade osmundarna. De kemiska analyserna av såväl järnet som den inneslutna slagen återges i sammanfattning, med en kort reflektion för varje prov. Samtliga kemiska analysresultat återfinns också i tabellform i Bilaga 2.

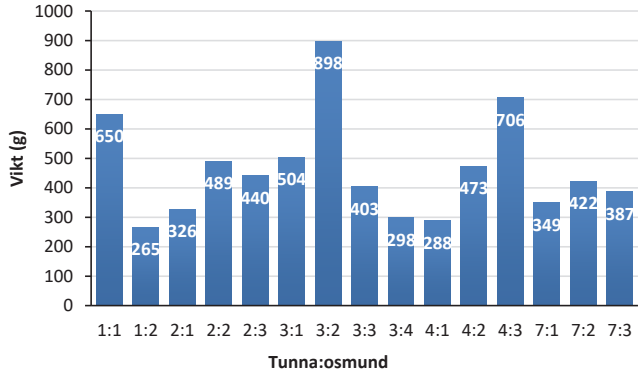
Motsvarande upplägg görs också för det enda analyserade stångjärnet.

Morfologi

De femton granskade osmundarna uppvisar en variation i form, mått och vikt, mellan tunnorna men också inom varje tunna (Tabell 1, Fig. 3). Urvalet från Osmundskeppet är mer eller mindre slumpmässigt gjort (se metodtexten) och det är inte möjligt att avgöra hur representativa de är vare sig per tunna eller som helhet. Variationen är snarare generellt överensstämmande med den tidigare kunskapen som finns om osmundar (t.ex. Wallander 2018 med omfattande inventering). Möjligen kan man notera den stora skillnaden i vikt från ca 265 gram för en osmund i tunna 1 till nästan 900 gram för en osmund i tunna 3. Detta innebär att de, trots det lilla antalet, visar en större variation än vad som tidigare har lyfts fram (se referenser ovan). Bland de tyngsta finns dock några som har huggmärken, vilket antyder ytterligare uppdelning, antingen i två eller tre delar vilket därmed får en effekt i lägre vikt per del femton upptagna osmundarna skulle ha visat sig vara enhetliga i form och vikt skulle det snarare ha varit ett oväntat resultat, och i kontrast till tidigare kunskap.

Tabell 1. Grundläggande uppgifter kring form, mått och vikt för de femton osmundar som bärgades under 2021 från fem olika tunnnor. Några är definierade, och uppmätta som rektangulära men med något varierande bredd och med flytande övergångar till triangulära. Andra är mer oregelbundna och måtten därmed ungefärliga. Observationer om huggmärken och andra intressanta detaljer är också noterade.

Tunna nr	Osmund nr	Vikt (g)	Längd (mm)	Bredd, min (mm)	Bredd, max (mm)	Triangelbas (mm)	Tringelhöjd (mm)	Tjocklek, min (mm)	Tjocklek, max (mm)	Märken, form	Märken, position	Övriga noteringar
1	1:1	650	100	50	75			30	55	Avlångt, rundat i tvärsnitt, diameter ca 15	Parallellt långsidan på bredaste sidan	Oregelbundet rektangulärt i formen med rundade hörn. Kantig/knölig yta
1	1:2	265	105	50	55			25	40			Avlångt, rektangulärt med antydan till midja.
2	2:1	326				75	65		35	1) långsmalt ca 3x20 mm 2) långsmalt ca 2x25 mm	1) centralt på ena bredsidan 2) nära basen på motsatta bredsidan	Nära liksidig triangel. Ena sidan plan, motsatt sida något kupad
2	2:2	489	70	40	65			25	40			Ev, yttre delen (1/4?) av cirkel
2	2:3	440	140	35	65				20			Halvcirkel? Med två plana parallella sidor
3	3:1	504				90	85	15	35	Plan ytterkant, med utstickande rest	Längs ena ytterkanten	Triangel, något oregelbundet formad, med något inböjd bas.
3	3:2	898	115	40	85			40	55	1) plan ytterkant 2) långsmalt	1) längs hela ytterkanten 2) påbörjad delning mitt på, parallellt kortsida	Ev del av cirkel (>1/4). Ej genomförd delning skulle ha resulterat i en rektangulär form ca 85x45 mm.
3	3:3	403	80	40	60			30	45			Ev 1/4 cirkel
3	3:4	298	60		55			20	35	Orgelbundet, avlångt hålrum	Centralt på ena breda sidan, parallellt längsta sidan	Rektangulär, med rundade hörn på ena kortsidan
4	4:1	288	65		55				35			Rombiskt i plan snarare än rektangulärt (en plan sida, en oregelbunden kant?)
4	4:2	473	60	40	60				45	Flera plana (slåta) ytor		Rombisk, med triangulärt tvärsnitt
4	4:3	706	105		90			40	65			Oregelbunden! Rundad i plan
7	7:1	349	90		50			30	35	Orgelbundet, avlångt hålrum	Centralt på ena breda sidan, parallellt längsta	Relativt regelbundet rektangulärt i formen, med något rundade hörn
7	7:2	422				45	145	25	40	Orgelbundet, avlångt hålrum	Centralt på ena breda sidan, parallellt höjden	Långsmalt triangelformat, rundade hörn
7	7:3	387	75		60				30	Långsmalt, ca 2 x 20 mm	Tvärs över (halvvägs) ett hörn	Rombiskt i plan snarare än rektangulärt



Figur 3. Osmundarnas vikt från 265 till 898 gram, sorterade per tunna, som visar den stora variationen.

Tunna 1
Från tunna 1 finns två stycken osmundar (Fig. 4). Dessa är båda oregelbundet rektangulära i formen, med något rundat hörn, men skiljer sig åt i vikt. Osmund 1:1 väger 650 gram (dubbel?) men 1:2 väger endast 265 gram.

Figur 4. De två osmundarna från tunna nr 1. Från vänster till höger 1:1 (analyserad) och 1:2. Skalstocken är 10 cm.

Tunna 2
De tre osmundarna från tunna nr 2 har olika storlek och form (Fig. 5). Osmund 2:1 kan närmast beskrivas som en liksidig triangel med något rundade hörn, nummer 2:2 är möjligen yttre delen av en cirkelformad platta (se upphuggningsschema i Wallander 2018), medan osmund 2:3 är halvcirkelformad med två plana parallella ytor.

Den triangelformade 2:1 (326 gram) har två långsmala avtryck på två motstående sidor, på olika position (Fig. 6). Om dessa representerar ytterligare upphuggning skulle det innebära att den redan relativt lilla osmunden var avsedd att bli ännu mindre. Alternativt att tidigare upphuggning har lämnat avtryck, men inte varit avsedda för ännu fler delningar.

Figur 5. De tre osmundarna från tunna nr 2 med olika storlek och form. Från vänster till höger nr 2:1 (analyserad), 2:2 och 2:3. Osmund 2:3 är halvcirkelformad med två plana parallella ytor. Skalstocken är 10 cm.

Figur 6. Osmund 2:1. Triangelformad osmund med en av sidorna med ett de tydligt långsmalt avtryck, i detta fall mitt på ytan.

Tunna 3

Tunna 3 är den tunna som har flest bärgade osmundar, fyra stycken. Även dessa visar spridning i vikt (300–900 gram) och variation i form (Fig. 7). Den största (3:2) som väger nästan 900 gram utgör drygt ¼ av en cirkelformad platta. Den har ett avlångt avtryck parallellt med ena sidan (se mer i analyserna) som möjligen är ett huggmärke för påbörjad uppdelning.

Figur 7. De fyra osmundarna från tunna nr 3 som visar skillnader i form och storlek. Från vänster till höger 3:1, 3:2, 3:3 och 3:4. Samtliga är analyserade. Skalstocken är 10 cm.

Tunna 4
Även de tre osmundarna från tunna 4 har olika storlek (Fig. 8). Två av dem (4:1 och 4:2) har likartad närmast rombisk (snarare än rektangulär) form i plan med triangulärt tvärsnitt, men skiljer sig åt i vikt (288 respektive 473 gram). Den tredje (4:3) är oregelbunden i formen, och betydligt tyngre (706 gram), men uppvisar inga tecken på huggmärken för eventuell ytterligare delning.

Figur 8. De tre osmundarna från tunna nr 4. Från vänster till höger 4:1, 4:2 (båda analyserade) och 4:3. Skalstocken är 10 cm.

Tunna 7
De tre osmundarna från tunna nr 7 är också inbördes olika i form (Fig. 9): 7:1 är rektangulär i plan, 7:2 långsmalt triangulär med rundade hörn och 7:3 närmast rombisk. De varierar dock mindre i vikt än osmundarna från övriga tunnor (349–422 gram). Alla tre har långsmala avtryck, centralt på den bredare sidan. Om dessa representerar huggmärken för ytterligare uppdelning vilket i så fall skulle innebära att dessa osmundar med vikt inom det ”standardiserade” viktintervallet (t.ex. Wallander 2018) skulle ha minskat i vikt (se även motsvarande för osmund 2:1).

Figur 9. De tre osmundarna från tunna nr 7. Från vänster till höger 7:1, 7:2 och 7:3 (analyserad). Skalstocken är 10 cm.

Osmundar – analysresultat

Som beskrivits i metodtexten var det prioriterat att analysera en osmund från varje tunna i ett första steg. Detta urval baserades på form och storlek för att kunna jämföra storlek/form mellan tunnorna i relation till järnkvalité. Eftersom samma form inte förekommer i samtliga fem tunnor gjordes ett urval i två grupper.

Osmundarna i den första gruppen, 1:1 och 3:2, är rektangulära med rundade hörn eller delar av cirklar (Fig. 10). Dessa är också bland de största osmundarna i materialet.

De tre osmundarna i den andra gruppen är triangulära i formen (Fig. 11). I gruppen ingår 2:1, 4:2 och 7:3 som är betydligt mindre än de i grupp 1 med vikt varierande från 326 till 473 gram.

Figur 10. Osmund 3:2 (med centralt placerat huggmärke) och 1:1, är två större osmundar med likartad form som är valda för analys.

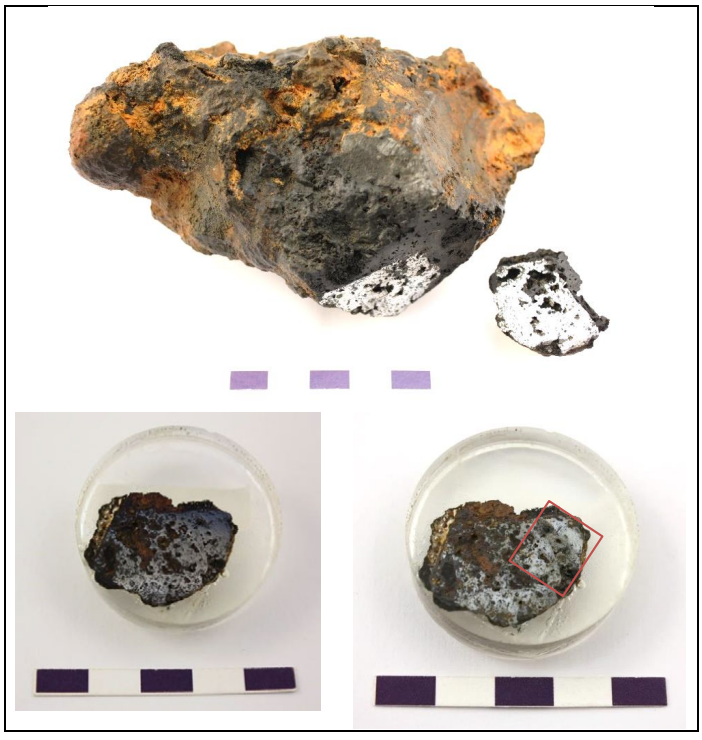
Figur 11. Tre osmundar 7:3, 4:2, 2:1, med likartad triangulär form och vikt i samma storleksordning, som är valda för analys.

Med utgångspunkt i resultaten från den första analysomgången (se nedan) gjordes ytterligare ett urval. Ett genomgående drag i alla osmundar är den rikliga förekomsten av hålrum och en variation i järnets sammansättning, från kolfritt till kolhaltigt. Därmed framträdde primärt inget resultat med tydlig koppling mellan form och kvalité som kunde vara underlag till nästa urval. Fokus för urvalet till efterföljande analyssteg låg därför på att undersöka flera osmundar från en och samma tunna. Eftersom tunna 3 är den tunna varifrån flest osmundar hade bärgats och dessa dessutom uppvisar olika form och storlek gjordes bedömningen att de utgör ett bra underlag för att jämförelse inom en tunna, samtidigt som flera olika former och storlekar kan täckas in. Ytterligare en osmund från tunna 4, nr 4:1, valdes för dess likheter i storlek, form och vikt med osmund 3:3 för att se om dessa uppvisar likheter också i fråga om järnkvalité.

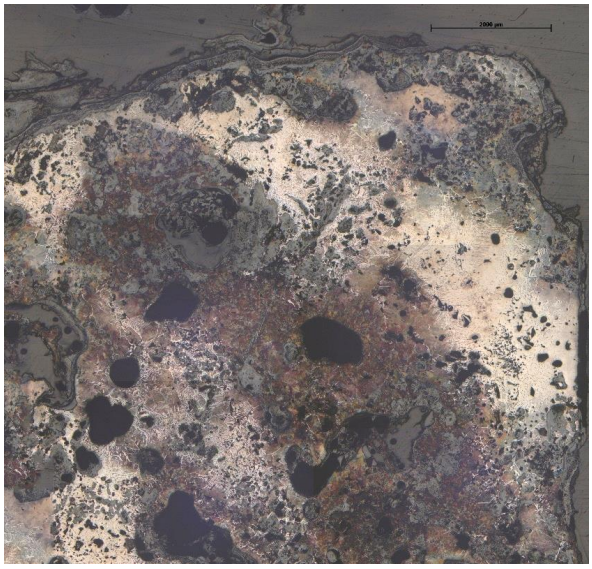
Nedan redovisas de detljerade analysresultaten för respektive prov.

Osmund 1:1
Det analyserade tvärsnittet domineras av metall, som ställvis är något rostig. En stor mängd hålrum, såväl större som mindre, finns ojämnt fördelade (Fig. 12). Metallen är genomgående grovkornig men heterogen i sammansättning och varierar med diffus övergång mellan högre och lägre kolhalt i flera zoner från kant till kant (Fig. 12–14). Områden med enbart perlit, ställvis med subkorngränser av cementit, övergår till områden med perlit och ferrit, och vidare till ferrit med cementit i korngränserna. Helt ferritiska (kolfria) områden har dock inte observerats.

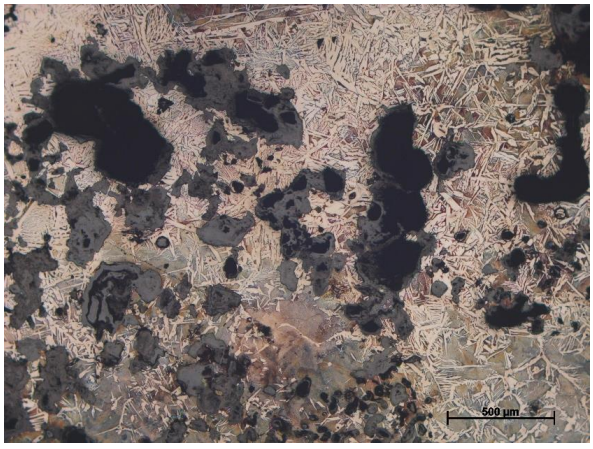
Slagg förekommer endast i begränsad omfattning och i några få koncentrationer. Mestadels är det i anslutning till större hålrum (Fig. 15) där några utgörs av grovkornigare andra av finkornigare slagg, med innehåll av olivin, wüstit och en glasfas. Längs stora delar av ytterkanten (Fig. 16) finns en ca 100 mikrometer tjock zon av slagg. Denna utgörs till största delen av järnoxider (en komplex blandning av wüstit och magnetit framträder efter etsning), med mindre mängd olivin och en glasfas.



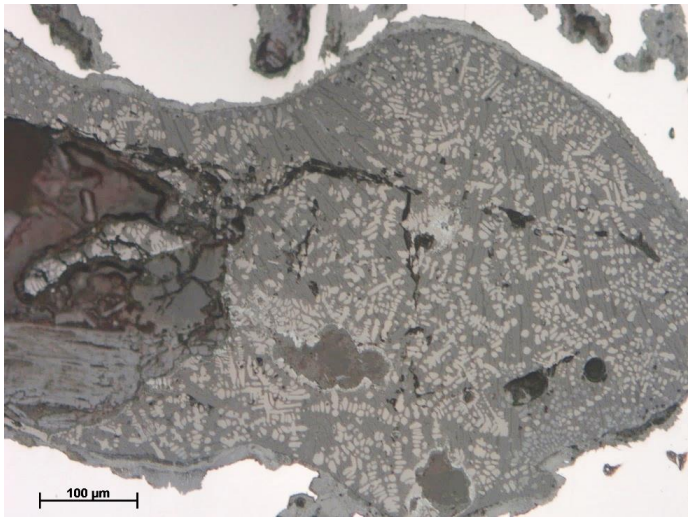
Figur 12. Osmund 1:1. Överst hela osmunden med det valda tvärsnittet som ses i polerprovet (nederst). Till höger efter etsning som visar mörkare (kolrikare) och ljusare (kolfattigare stråk). Området i rutan ses i den följande översiktsbilden från mikroskopet.



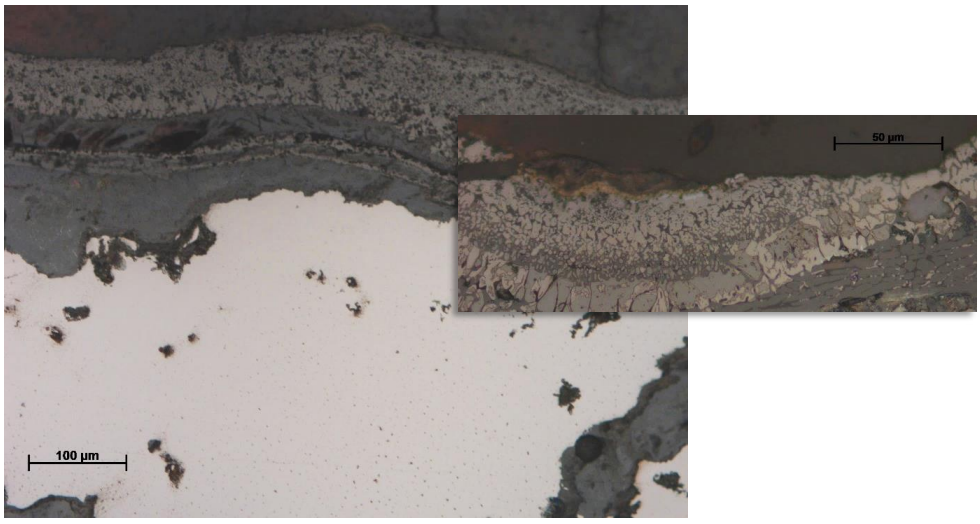
Figur 13. Osmund 1:1. Foto från mikroskopet från rutan i föregående figur. De grå områdena är rost och i mindre omfattning även slagg. De svarta områdena är hålrum. Provet är etsat och ju mörkare (brunare) områden, desto högre kolhalt (perlit). De ljusare områdena, med lägre kolhalt utgörs, av perlit och ferrit. Skalstocken i övre högra hörnet är 2 mm.



Figur 14. Osmund 1:1. Foto från mikroskopet på polerat och etsat prov. De grå områdena är rost, de svarta är hålrum. Exempel på den heterogena sammansättningen. I nedre högra hörnet ses perlitkorn (grönblå) med ljus ferrit längs kornkontakterna. Andelen perlit (och därmed kolhalten) ökar mot vänster i bildens nedre del. I övre delen är kolhalten lägre och andelen ferrit (ljus) är större.



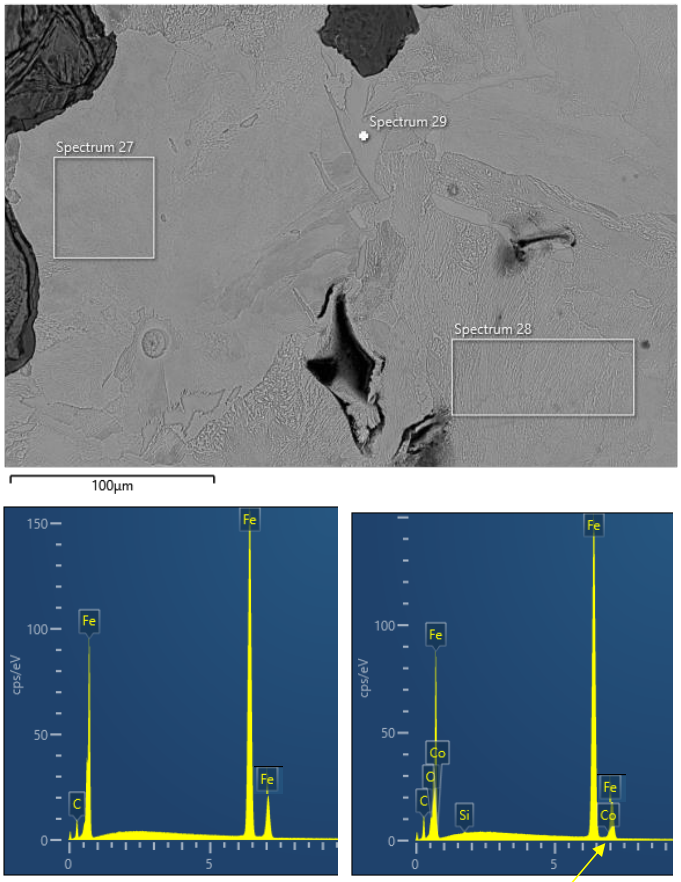
Figur 15. Osmund 1:1. Foto från mikroskopet på polerat prov. Detalj på slagg i anslutning till hålrum (till vänster) och i kontakt med järnet (vitt på oetsad yta). Slaggen består av ljust grå wüstit, grå olivin och en mörkare grå glasfas.



Figur 16. Osmund 1:1. Foto från mikroskopet på provets ytterkant med en zon av grå järnoxider. Den infällda bilden är detalj på etsat prov som visar att järnoxiderna som reagerar olika på etsningen har en komplex uppbyggnad av både wüstit och magnetit.

Kemisk sammansättning

Analyser är gjorda på järnet i de zoner med olika kolhalt som är observerade i den metallografiska analysen. Eftersom kol inte kan kvantifieras med analysmetoden ses inte skillnaden i kolhalt mellan cementit, perlit och ferrit mer än diffust indirekt i järnhalten. I flera av zonerna förekommer spår av kisel och/eller kobolt. Koboltinnehållet är något osäkert eftersom den starka linjen för kobolt i analysspektrat överlappas av en järnlinje. Den senare är dock något osymmetrisk i de mätpunkter där kobolt är kvantifierat, varför det är troligt att kobolt förekommer, men i låga halter (Fig. 17). I några områden är också fosfor detekterat, främst anrikat i kornkontakter/lameller mellan perlitkornen.



Figur 17. Osmund 1:1. Exempel på analys av det metalliska järnet. Analysen i rutan till vänster, Spectrum 27, ses i spektrat till vänster och Spectrum 28 till höger. Analyspeaken längst till höger (också linje för järn (Fe)) är något bredare i nr 28 och antyder förekomst av kobolt (Co).

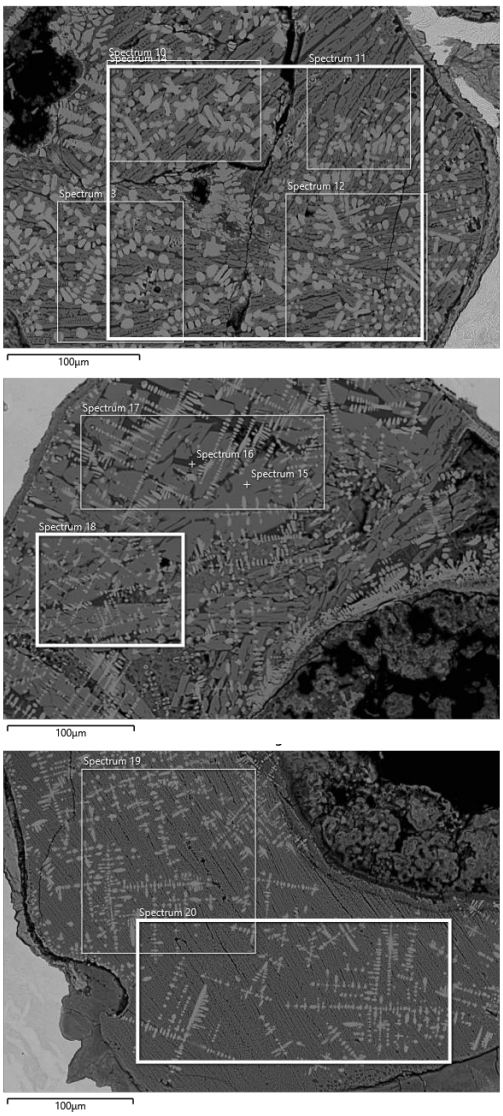
Även om kolhalten varierar i provet förefaller det som om både fosfor och kobolt förekommer i zoner med olika kolhalt. Innehållet av kisel antyder vidare att det är rester från gjutjärnet. I denna osmund finns potential att göra mer detljerade analyser i de respektive zonerna för att se om det finns mer systematiska skillnader.

Slaggen innehåller tre faser, i något varierande proportioner. Dessa har analyserats var för sig (i punkter) i ett fåtal områden, men fokus har varit att analysera större områden för att få slaggens totalsammansättning. Totalanalyser har också gjorts i inneslutningar i olika delområden i osmunden för att se om dessa är likartade eller skiljer sig från varandra.

Wüstiten (som teoretiskt är FeO) innehåller även låga halter av mangan, titan, vanadin och kobolt (knappt 0,5 % vardera) samt något aluminium och kisel. Mangan är vanligt förekommande i wüstit från järnframställning när manganförande malmer har använts (jämför övriga osmundar). Innehåll av titan, vanadin och kobolt är mer sällsynt (se även diskussion om kobolthalt i metallen).

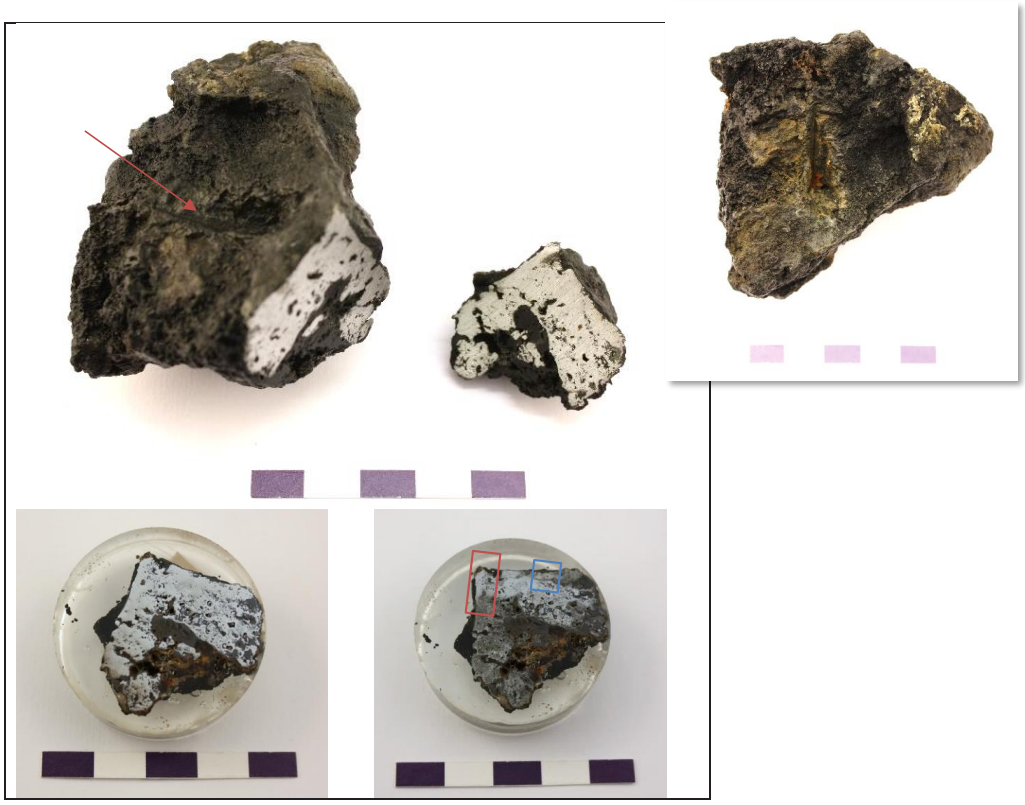
Olivinkristallerna är järnrika (fayalit-dominerade) med lägre halt av kalcium (ca 1–3 % CaO), magnesium (drygt 1% MgO), och mangan (ca 1 % MnO). Olivinen innehåller också fosfor (som mest ca 0,5 % P_2O_5) och aluminium (ca 0,5 % Al_2O_3). Halterna varierar något mellan de olika inneslutningarna, och i ett avvikande exempel med högre aluminium och kalcium är kristallen liten varför det är möjligt med ett bidrag från omgivande glasfas. Glasfasen bidrar, förutom med aluminium och kalcium, även kalium, natrium och fosfor till totalsammansättningen. En analyspunkt påvisar också innehåll av barium.

De ytor (Fig. 18) som har analyserats (bulkanalyser) domineras av järn och kisel men proportioner mellan dessa varierar något i vilket speglar den något heterogena fördelningen av wüstit och olivin samt olika mycket glasfas (Fig. 18). Innehållet av aluminium och kalcium varierar kring 3 % Al_2O_3 och CaO), mangan (0,6–0,8 %MnO) och fosfor någon tiondel lägre (0,5–0,7 % P_2O_5). Magnesium är inte detekterat mer än i någon enstaka analys (jämför övriga osmundar). Även innehållet av titan, vanadin och kobolt kan noteras i storleksordningen några tiondels procent vardera i flera av inneslutningarna – ämnen som dock inte är vanliga i övriga analyserade osmundar i denna studie.

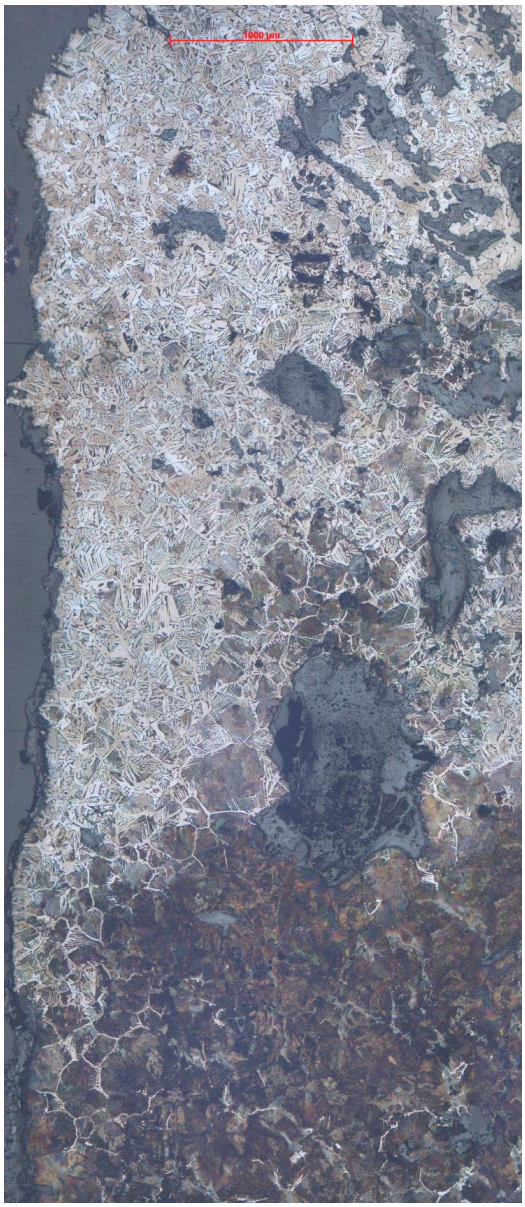


Figur 18. Osmund 1:1. Olika delområden med slagginneslutningar i osmunden med olika kornstorlek. Ytorna visar analysområden. I den övre bilden visas också ytor över olika delar med något varierande proportioner mellan olivin, wüstit och glasfasen. Analysresultaten visar därmed något varierande proportioner mellan huvudämnena järn och kisel. Övriga ämnen, tex. kalcium, mangan och fosfor förekommer i likartad storleksordning. Motsvarande gäller förekomsten av titan, vanadin (och kobolt) i storleksordningen några tiondels % vardera.

Osmund 2:1
Det analyserade tvärsnittet, med två väldefinierade sidor i rät vinkel och mer oregelbundet i övrigt, domineras av metall där stora områden är tämligen fria från hålrum, medan andra är mer porbemängda. Fläckvis ses också en del rost (Fig. 19). Metallen är genomgående grovkornig men heterogen i sammansättning och varierar med diffus övergång mellan högre och lägre kolhalt i flera zoner (Fig. 19–21). En zon, som ses längs ena sidan av tvärsnittet, utgörs av kolfritt eller kolfattigt järn; allra närmast ytterkanten dock betydligt högre kolhalt (Fig. 21), lokalt med gjutjärn. Längs den andra sidan ses en övergång från det kolfattiga stråket till ett kolrikt område med perlit och cementit.



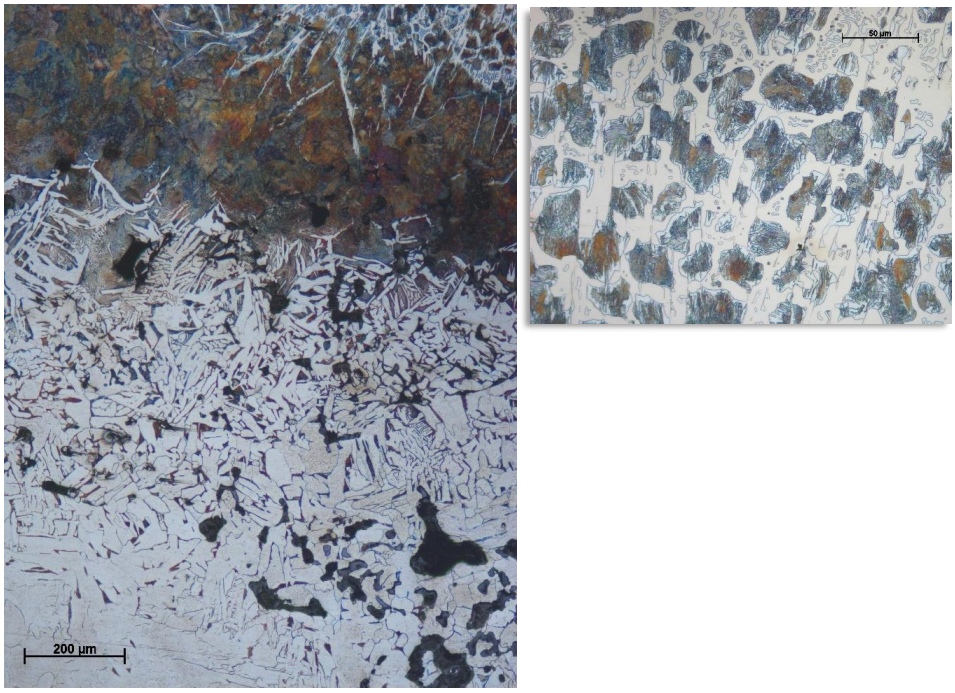
Figur 19. Osmund 2:1. Överst hela osmunden med det valda tvärsnittet som ses i polerprovet (nederst). Vid pilen ses också ett huggmärke (se även infällda bilden). Till höger efter etsning som visar mörkare (kolrikare) område i nedre halvan, och ljusare (kolfattigare) i övre delen. Områdena i rutorna ses i de följande fotona från mikroskopet.



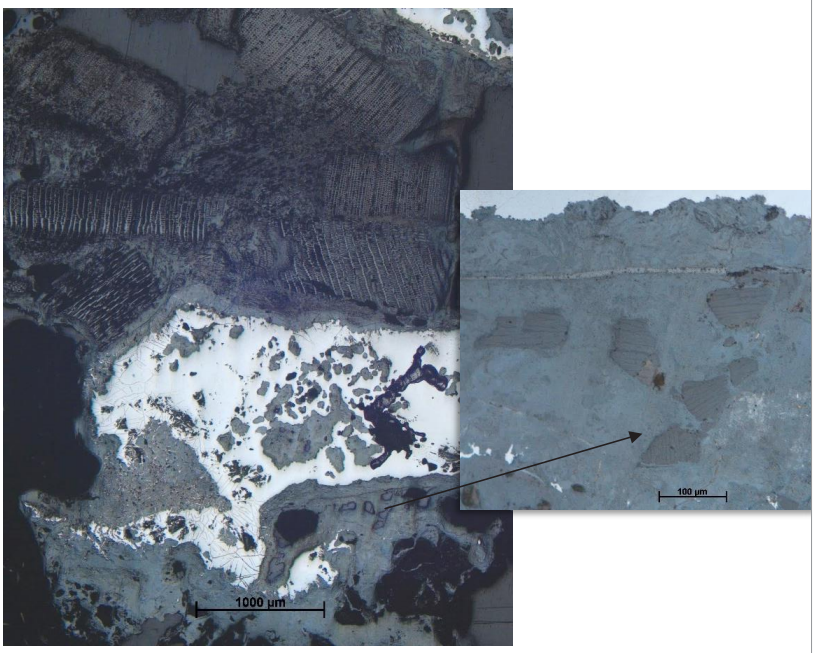
Figur 20. Osmund 2:1. Foto från mikroskopet från den röda rutan i föregående figur. De grå områden är rost. De svarta områdena är hålrum. Provet är etsat och ju mörkare (brunare) områden, desto högre kolhalt (perlit). De ljusare områdena, med lägre kolhalt utgörs av ferrit och perlit. Skalstocken i övre kanten är 1 mm.

Slagg förekommer endast sporadiskt i några olika varianter. Dels finns slagg längs kanterna med kolfattigt järn som består av wüstit (och magnetit) samt en glasfas. Dessutom, i anslutning till större hålrum, och ett inneslutet kolstycke, finns områden av slagg, som innehåller olivin och glas (Fig. 22). Och, i området med högst kolhalt (nära gjutjärnsområdet i ytterkanten) finns några få, små slagginneslutningar som består av en glasfas.

Det inneslutna kolstycket är, enligt vedartsbedömning från mikrofoto av paleoekolog Santeri Vanhanen vid Arkeologerna i Lund, barrträd, troligen tall (gran kan inte uteslutas). Kolhalten i järnet avtar med avstånd från kontakten med kolstycket och utåt, vilket kan antyda en lokalt mer reducerande miljö i kontakt med kolstycket.



Figur 21. Osmund 2:1. Foto från mikroskopet från den blå rutan i polerprovet. Etsat prov som visar hur sammansättningen varierar på korta avstånd med successivt ökande kolhalt uppåt i bild. Längst ned ses ljus ferrit med alltmer perlit (brunblå) längs kornkontakterna. I övre delen ett band av perlit (brunblått) och överst övergång till vitt gjutjärn (detalj i lilla bilden).



Figur 22. Osmund 2:1. Foto från mikroskopet på inneslutet kolstycke (randigt) i kontakt med metalliskt järn (vitt). I nedre delen ses grå rost med blågrå ansamlingar av slagg (detalj i lilla bilden). Slaggen innehåller olivin och glas.

Kemisk sammansättning

Analyser är gjorda på järnet i områden med olika kolhalt som är observerade i den metallografiska analysen. Skillnaden i kol ses indirekt med skillnader i total järnhalt (kol kan inte kvanitfieras med metoden). Det innebär att ferritkornen har högst järnhalt, perlitkornen lägre och cementitlamellerna allra lägst. I analyserna av perlit är också kisel detekterat (ca 0,1 %). Kobolt är uppmätt till ca 0,4–0,5 % i perlitkornen. Koboltinnehållet är dock något osäkert eftersom den starka linjen för kobolt i analysspektrat överlappas av en järnlinje. Den senare är dock något osymmetrisk i de mätpunkter där kobolt är kvantifierat, varför det är troligt att kobolt förekommer, men de resulterande halterna är något osäkra. Fosfor är detekterat endast i små tunna zoner i anslutning till cementiten i gjutjärnsområdet (0,3 %) men det totala fosforinnehållet bedöms därmed endast marginellt eftersom denna förekomst är underordnad.

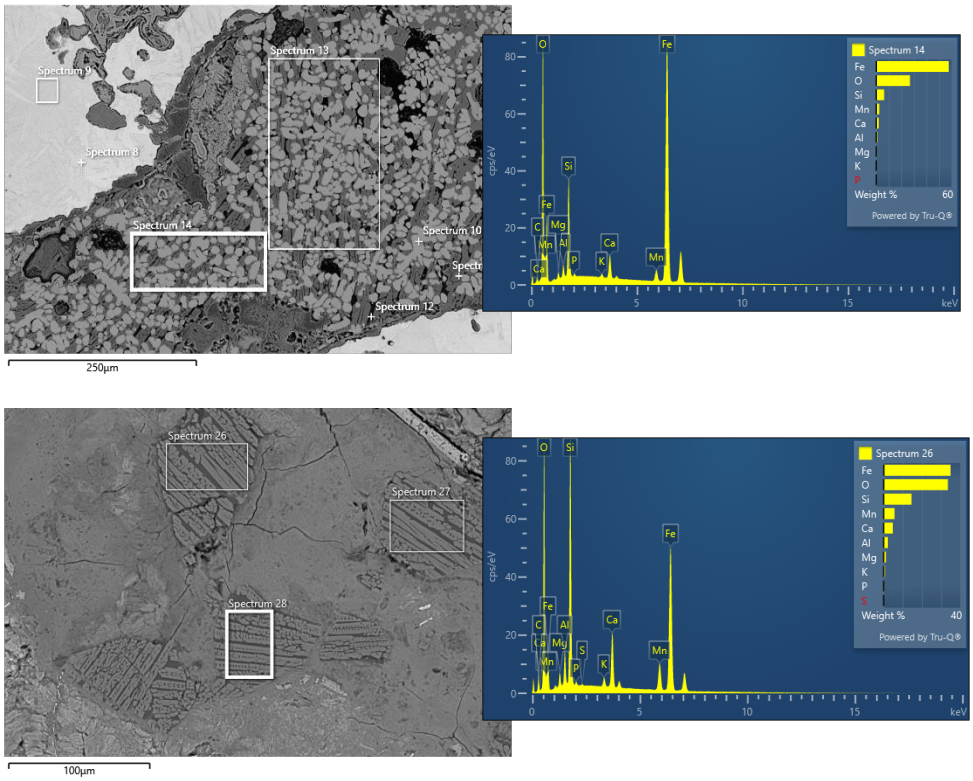
Slaggen i de flesta inneslutningarna (nära osmundens kant; se ovan) innehåller tre faser, i något varierande proportioner. I ett område av rost intill det stora kolstycket förekommer också inneslutningar som enbart består av olivin och en glasfas. De olika faserna har analyserats var för sig (i punkter) i ett fåtal områden, men fokus har varit att analysera större ytor i respektive inneslutning för att få slaggens totalsammansättning.

Totalanalyserna visar, som förväntat, högre järn- och lägre aluminium- och kiselhalt i inneslutningarna med alla tre faser, och omvänt i de med enbart olivin och glas (Fig. 23). I båda områdena förekommer dock t.ex. mangan (ca 3 resp ca 7 %), kalcium (ca 2,5 resp ca 7 %) och magnesium (drygt 1 resp knappt 2 %). Även fosfor är detekterat i båda (något lägre i de wüstitförande inneslutningarna).

Wüstiten (som teoretiskt är FeO) innehåller även mangan (2–3 % MnO) och möjligen spår av kobolt (knappt 0,6 %; se även diskussion om kobolthalt i metallen).

Olivinkristallerna är järnrika (fayalit-dominerade) med innehåll av mangan (5–9 % MnO), kalcium (ca 2–4 % CaO) och magnesium (1–3% MgO), där de högsta halterna är i inneslutningarna som saknar wüstit.

Glasfasen bidrar, förutom med aluminium och kalcium, även kalium, natrium och fosfor till totalsammansättningen.



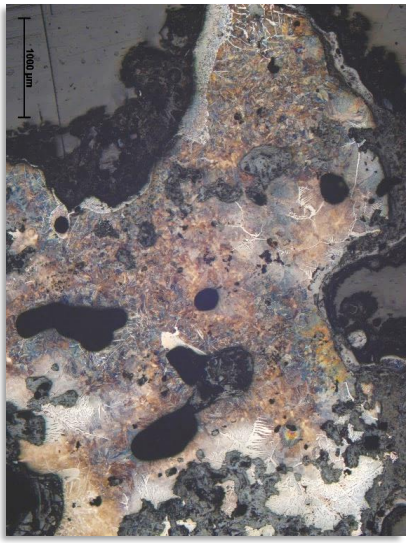
Figur 23. Osmund 2:1. Olika delområden med slagginneslutningar i osmunden. Överst i slagginneslutning nära överkanten i den röda rutan i översiktsbilden, med wüstit, olivin och en glasfas. Nedre bilden, de små slaggfragment i rost i anslutning till det större kolstycke, vilka innehåller endast olivin och en glasfas. Analysresultaten (från rutorna) visar som förväntat högre järn- och mindre kiselinnehåll i de övre jämfört med i de nedre (staplarna i bilderna till höger). I båda områdena förekommer dock t.ex. mangan, kalcium och magnesium (se mer i texten).

Osmund 3:1

Det långsmala tvärsnittet som har analyserats har oregelbundna ytterkanter och är tämligen rikt på hålrum, såväl enstaka större som många mindre. Fläckar av rost förekommer också. Metallen är genomgående grovkornig. Den varierar något i sammansättning, men har mestadels en låg kolhalt (Fig. 24–26) och utgörs av ferrit med cementit alternativt perlit i kornkontakterna. Fläckvis, främst runt några hålrum, ses dock huvudsakligen perlit. Vid den spetsiga kortsidan finns ett mindre område som avviker med betydligt högre kolhalt (perlit och cementit) (Fig 25).

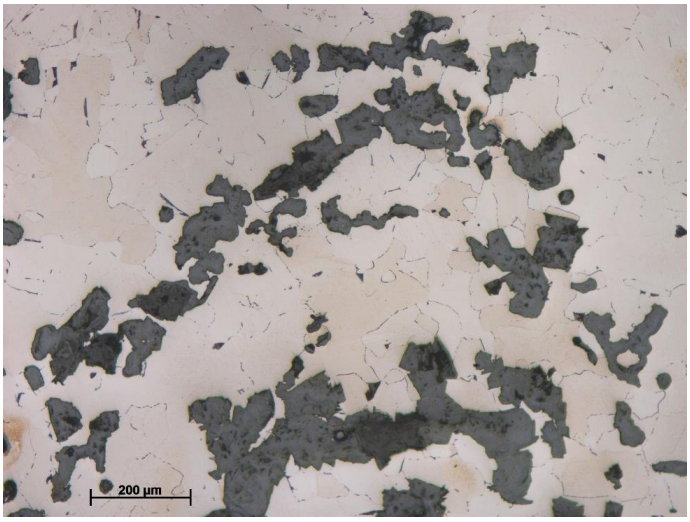
Slagg förekommer i några få koncentrationer, främst några större hålrum, och sporadiskt längs ytterkanten. Slaggen domineras av olivin och en glafas. Extremt små, och få, kristaller av järnoxid förekommer också (Fig. 27). Dessa är kantiga i formen och därmed sannolikt magnetit (se också resultaten från kemianalysen).

Figur 24. Osmund 3:1. Överst hela osmunden där baksidan av det snitt som ses i bilden är vald för polerprovet (nederst). Till höger efter etsning. Området i rutan ses i den följande översiktsbilden från mikroskopet.

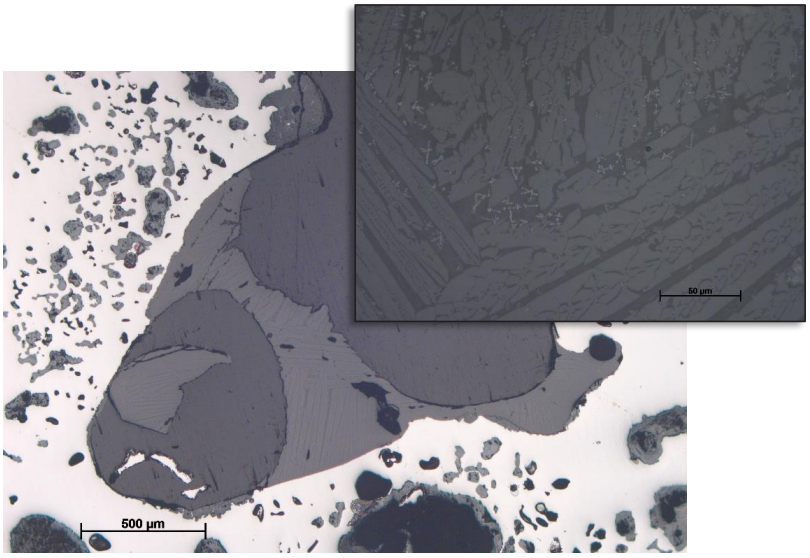


Figur 25. Osmund 3:1. Foto från mikroskopet från den röda rutan i föregående figur (högra delen i föregående bild är nederst i denna). Det mesta av metallen är ferrit (ljust bruna ytor). Endast i få områden, bl.a. i övre delen ses en högre kolhalt (brunblått; se detaljer i följande figurer). Skalstocken i nedre kanten är 2 mm.

Övre bilden är detalj från tvärsnittets spetsiga kortsida med den högsta noterade kolhalten. I övre vänstra delen i ytterkanten mot ett kolstycke, också en zon med vitt gjutjärn (se oetsat prov i följande figur).



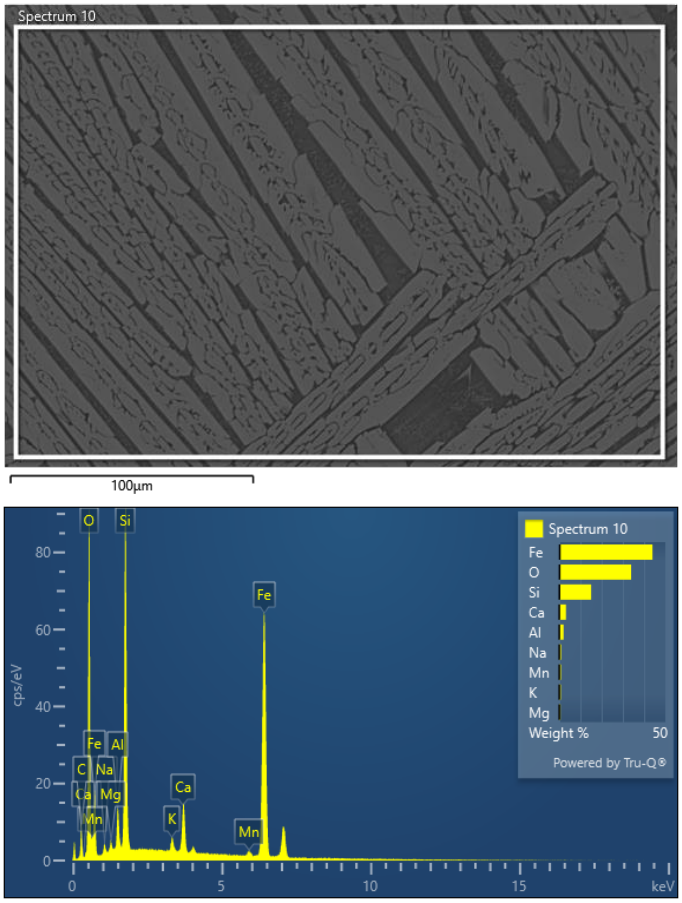
Figur 26. Osmund 3:1. Foto från mikroskopet. Detalj från ett område med låg kolhalt. Här ses ljust bruna ferritkorn med något förtjockade kornkontakter, med cementit. De grå fläckarna är mestadels rost.



Figur 27. Osmund 3:1. Foto från mikroskopet. Översikt på slagg i kontakten mellan den ljusa metallen och ett hålrum. I detaljbilden ses att slaggen består av ljust grå olivin och en mörkare grå glasfas. Dessutom förekommer extremt små ljusa järnoxidkristaller i liten mängd.

Kemisk sammansättning

Analyser är gjorda på järnet på flera positioner i rutan i översiktsbilden och visar samma resultat med enbart järn (kol kan inte kvantifieras), dvs. inga spårämnen är detekterade i det metalliska järnet, vare sig i kolrikare eller kolfattigare faser.



Figur 28. Osmund 3:1. Exempel på analys av en slagginneslutning med olivin och glas. Den markerade vita rutan har analyserats och resulterande spektrum visas i nedre bilden med toppar för detekterade ämnen. Staplarna till höger visar halterna av ämnena i fallande skala.

Slaggen, domineras av olivin och en mellanliggande glasfas i samtliga analyserade områden. Olivinkristallerna är järnrika (fayalit-dominerade) med lägre halt av mangan, magnesium och kalcium (i likartad storleksordning (ca 1–2 % vardera, som oxid).

Glasfasen innehåller, förutom de dominerande järn och kisel, också kalcium och aluminium i storleksordning 10 %, samt kalium och

natrium i någon eller några %. Dessutom är titan detekterat (ca 0,5 % TiO_2). Fosfor är inte detekterat mer än i en enda analys (0,4 % P_2O_5).

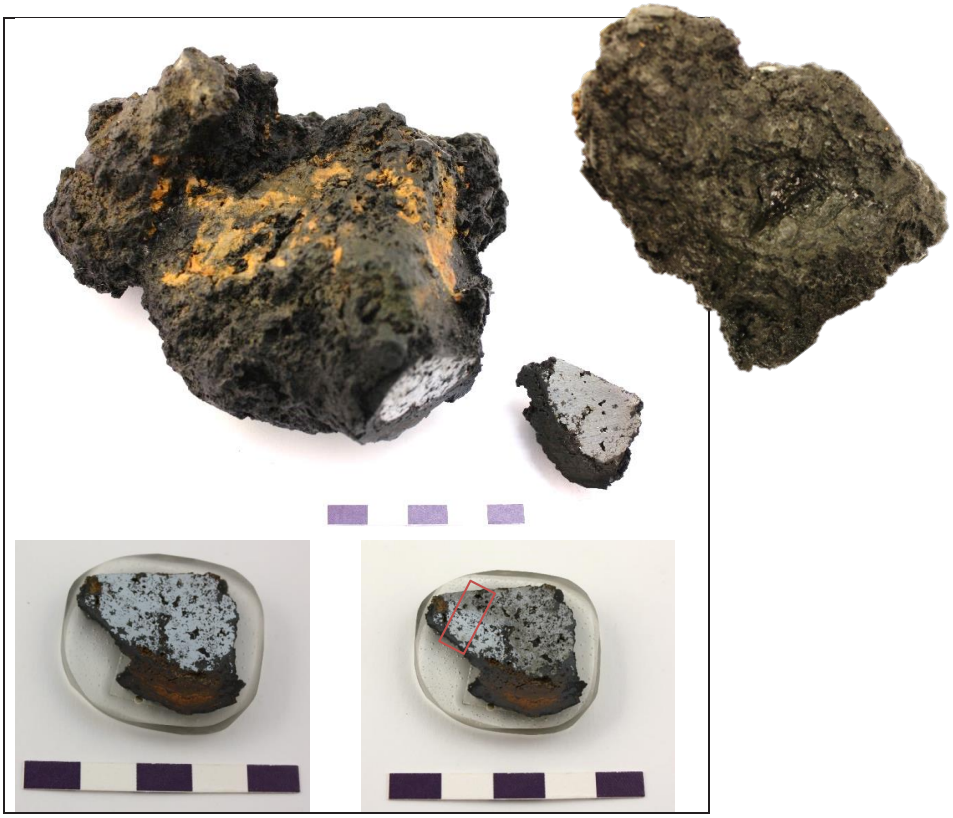
För slagginneslutningarnas totalsammansättning (bulk) har analyser gjorts över större ytor (Fig.28). Eftersom fördelningen mellan olivin och glas varierar, även om det endast är marginellt i detta prov, har flera ytor analyserats.

De små (extremt finkorniga) kristallerna som förekommer i glasfasen i något enstaka område är dominerade av järn och syre, men analysresultaten påvisar också kisel, aluminium och kalcium (samt spår av kalium och natrium). Det är oklart om omgivande glasfas har bidragit till sammansättningen (vilket antyds av de senare ämnena) men innehåll av kisel och aluminium kan indikera en komplext uppbyggd järnoxid(silikatspinell) som inte är helt ovanlig i slagger. Detta utreds dock inte ytterligare inom ramen för denna studie.

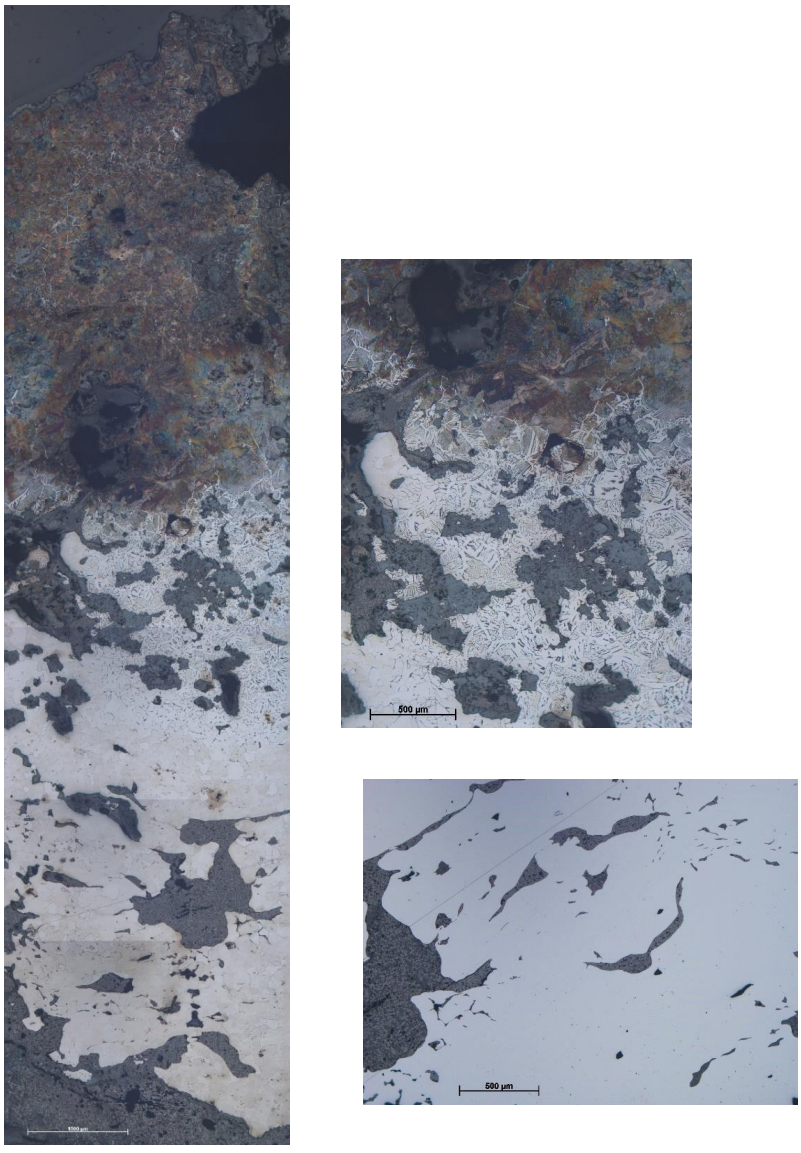
Osmund 3:2

Det trekantiga tvärsnittet med rundade hörn som har analyserats domineras av metall. Hålrum, såväl större som mindre, förekommer också ojämnt fördelade i snittet (Fig. 29). Den grovkornig metallen är heterogen i sammansättning. Ett område längs en ytterkant är i det närmaste kolfritt järn (enbart ferrit) med successivt ökande kolhalt till motsatt sida (med enbart perlit, eller perlit med cementit) (Fig. 30).

Slagg förekommer tämligen rikligt i vissa områden, bl.a. längs ytterkanten. Även mer centralt förekommer oregelbundna och flikigt vindlande slagginneslutningar i flera storlekar (Fig. 30). De flesta innehåller wüstit, olivin och en glasfas. Några är dock fattigare på wüstit. Slagginneslutningars former antyder att de har deformerats i varmt tillstånd.



Figur 29. Osmund 3:2. Överst hela osmunden med det valda tvärsnittet som ses i polerprovet (nederst). Till höger efter etsning som visar ljusare områden (kolfattigare), i nedre vänstra delen, och mörkare (kolrikare) område i stora delar av resten Området i rutorna ses i följande foto från mikroskopet. Infällda bilden visar osmundens andra sida med huggmärke.



Figur 30. Osmund 3:2. Foto från mikroskopet från den röda rutan i föregående figur. De grå områdena är slagginneslutningar och i viss mån rost. De svarta områdena är hålrum. Provet är etsat och ju mörkare (brunare) områden i övre delen, desto högre kolhalt (perlit). De ljusare områdena med ferrit i nedre delen har lägre kolhalt. Skalstocken i nedre kanten är 1 mm. Den övre, mindre bilden visar i detalj den successiva minskningen av kolhalt nedåt i bilden. Den nedre, mindre bilden (oetsat) visar detalj på slagginneslutningar i flera storlekar i vindlande mönster. Dessa innehåller wüstit, olivin och en glasfas.

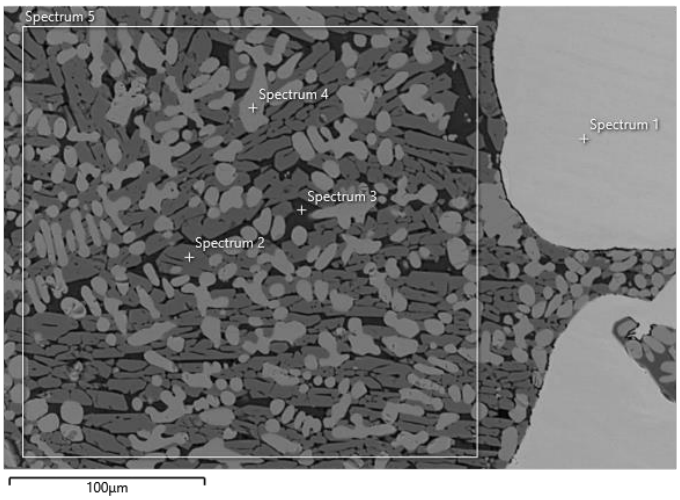
Kemisk sammansättning

Analyser är gjorda på järnet i områden med olika kolhalt. Dels i den ferritdominerade delen (nedre delen i översiktsbilden) övergången till det perlitdominerade området, och i det perlitdominerade området överst i översiktsbilden. Eftersom kol inte kan kvantifieras med analysmetoden ses inte skillnaden i kolhalt mellan cementit, perlit och ferrit mer än diffust indirekt i järnhalten. Resultaten visar innehåll av fosfor (ca 0,1–0,2 %) i alla tre områdena, men inte i alla analyser. I en enda analys (i det perlitdominerade området) är också kobolt detekterat. Som noterats allmänt är koboltinnehållet något osäkert eftersom den starka linjen för kobolt i analysspektrat överlappas av en järnlinje. Den senare är dock något osymmetrisk i den mätpunkt där kobolt är kvantifierat, varför det är möjligt att kobolt förekommer. I det perlitdominerade området förekommer sporadiskt också en del lättare järnfaser som innehåller svavel (och mangan) respektive högre fosfor. Deras utbredning och betydelse har dock inte undersökts ytterligare inom ramen för denna studie, men kan vara stöd för framtida mer detaljerade analyser för att relatera till råvaran.

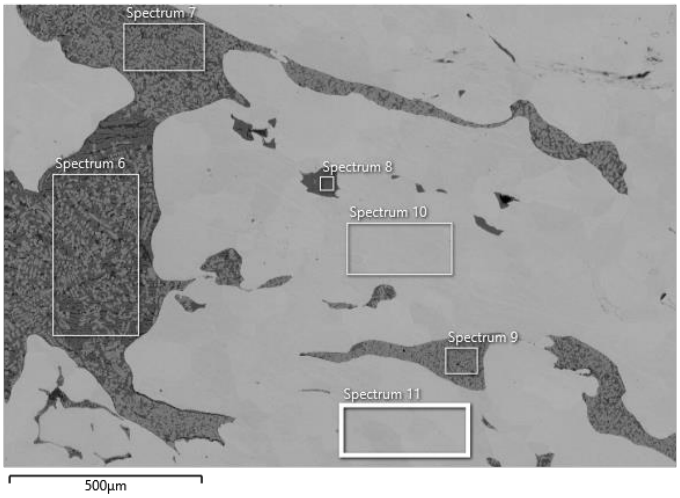
Analys av slagginneslutningar har gjorts inom samma delområde som där järnet har analyserats. Slagginneslutningarna innehåller mestadels wüstit, olivin och en glasfas som har analyserats var för sig (i punkter) i ett fåtal områden, men fokus har varit att analysera större områden för att få slaggens totalsammansättning eftersom proportionerna mellan de ingående mineralen varierar. Wüstiten (som teoretiskt är FeO) innehåller även mangan (0,5–0,7 % MnO) samt något aluminium och kisel. Järnoxiden i en zon som kantar metallen (analys 10) är dock ren vilket antyder att det är metall som har oxiderat. Precis som i analysen av det metalliska järnet är kobolt detekterat men kan eventuellt bero på effekt från överlapp med en järnlinje (se ovan).

Olivinkristallerna är järnrika (fayalit-dominerade) med lägre halt av mangan (ca 2 % MnO), kalcium (knappt 1 % CaO), magnesium (knappt 1% MgO). Olivinen innehåller också fosfor (som mest ca 0,5 % P2O5) och aluminium (ca 0,4 % Al2O3). Glasfasen bidrar, förutom med aluminium och kalcium, även kalium, natrium och fosfor till totalsammansättningen. En analyspunkt påvisar också innehåll av barium.

De ytor (Fig. 31–32) som har analyserats (bulkanalyser) domineras av järn och kisel men proportioner mellan dessa varierar något i vilket speglar den något heterogena fördelningen av wüstit och olivin samt olika mycket glasfas (Fig. 31–32). Innehållet av aluminium och kalcium varierar (1–3 % Al_2O_3 och 0,5–2,5 % CaO). Även, manganinnehållet varierar något (0,8–1,7 %MnO). Fosforhalten är mestadels <1% P_2O_5. Magnesium är dock inte detekterat (jämför övriga osmundar). Även kobolt är uppmätt (ca 0,5 %). Koboltinnehållet är dock något osäkert eftersom, precis som i järnanalyserna, den starka linjen för kobolt i analysspektrat överlappas av en järnlinje. Den senare är dock något osymmetrisk i de mätpunkter där kobolt är kvantifierat, varför det är troligt att kobolt förekommer, men de resulterande halterna är något osäkra.



Figur 31. Osmund 3:2. Exempel på analys av en slagginneslutning med olivin (Spectrum 2), en glasfas (Spectrum 3) och wüstit (Spectrum 4). Rutan (Spectrum 5) motsvarar en bulkanalys med totalsammansättning.



Figur 32. Osmund 3:2. Analyser av slagginneslutningar med något olika proportioner mellan de ingående faserna (Spectrum 6–9). Spectrum 10–11 är det metalliska järnet som är analyserat.

Osmund 3:3

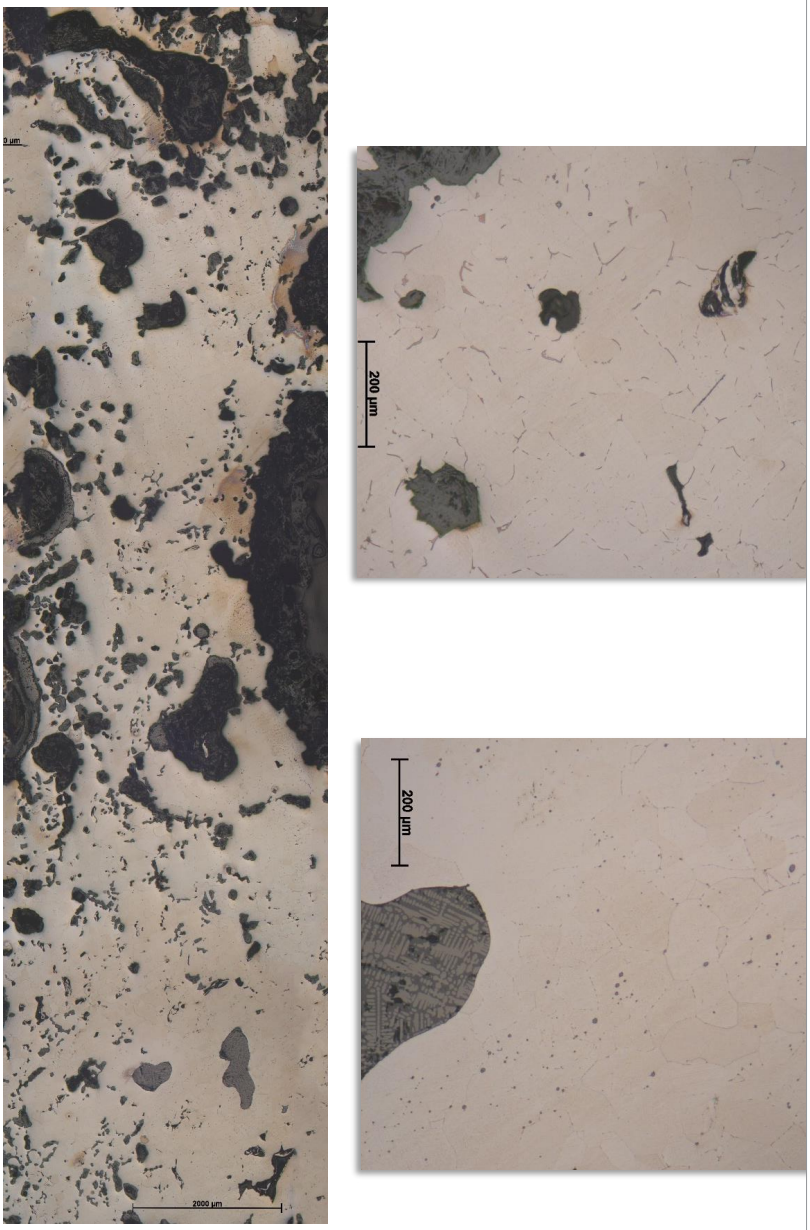
Det oregelbundet, trekantiga tvärsnittet som har analyserats domineras av metall. I ytterkanten finns också ett tjockare rostskikt som inte har granskats mer ingående. Större hålrum förekommer i den bredare delen medan mindre hålrum är mer frekventa även i den tunnare delen (Fig. 33).

Metallen är relativt finkornig (medelkornig) jämfört med de övriga och homogenare i sammansättning (Fig. 33–34). Den utgörs nästan uteslutande av ferrit, dvs. kolfritt järn. Ställvis ses en något högre kolhalt där cementit förekommer i ferritens kornkontakter.

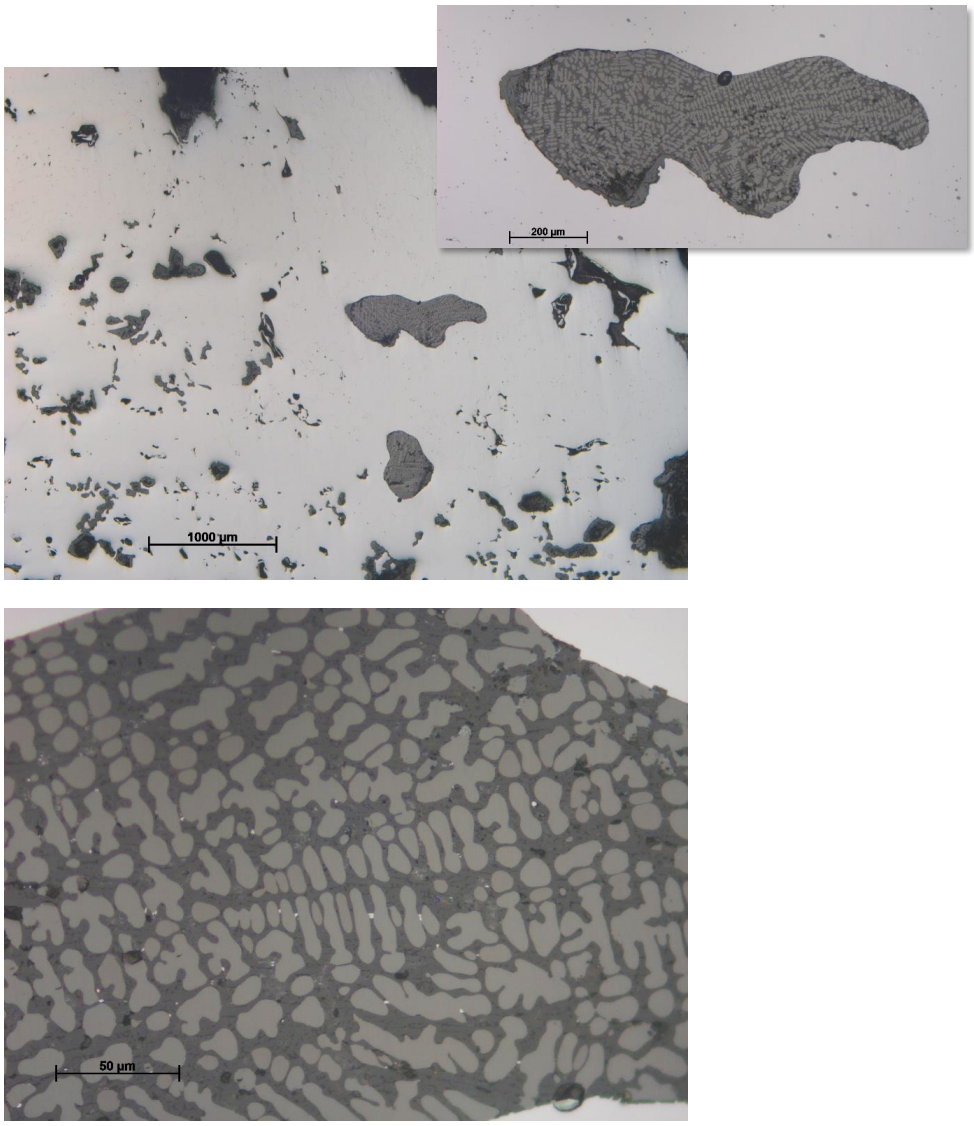
Slagg förekommer i flera koncentrationer, men ojämnt fördelat. Bland annat kantas många av de större hålrummen av slagg. En del större, och mindre inneslutningar förekommer också i metallen. Även i rostskiktet i kanten finns en del större inneslutningar. Dessa är generellt tämligen grovkorniga och likartade i sammansättning med dominans av wüstit samt med olivin och en glasfas i mindre mängd (Fig. 35).

Små runda (cirkelformade) inneslutningar förekommer också sporadiskt, även i anslutning till större slaggansamlingar (Fig. 34). Dessa domineras av wüstit (se dock mer under kemianalyserna).

Figur 33. Osmund 3:3. Överst hela osmunden med det valda tvärsnittet som ses i polerprovet (nederst). Till höger efter etsning som visar att metallen är homogen i sammansättning. Området i rutan ses i den följande översiktsbilden från mikroskopet.



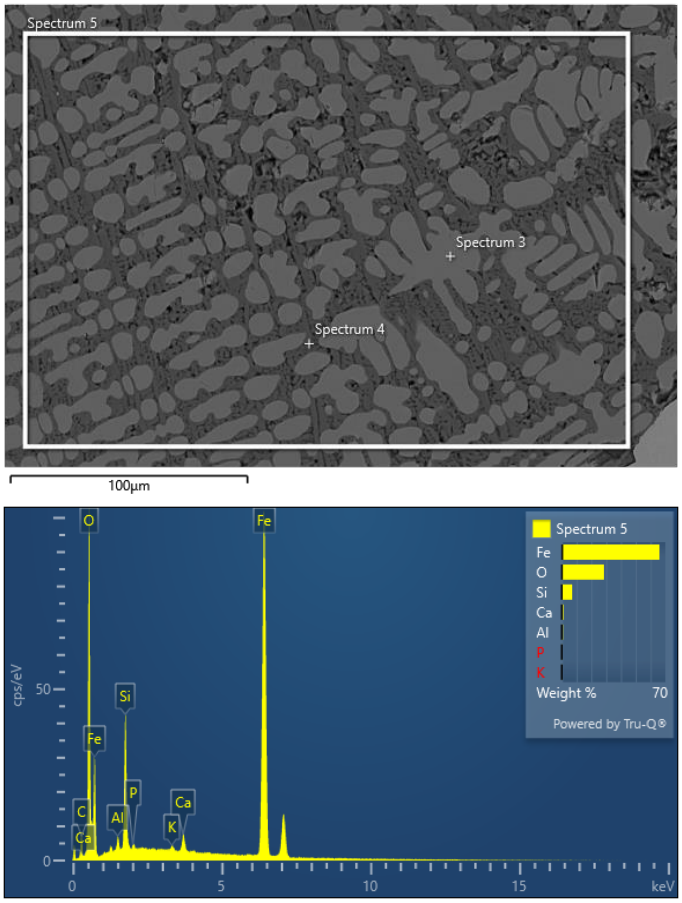
Figur 34. Osmund 3:3. Foto från mikroskopet från den röda rutan i föregående figur; högra delen i föregående är nederst i denna bild. Skalstocken i nedre kanten är 2 mm. Det mesta av metallen är ferrit (ljust bruna ytor) som ses i detalj i nedre bilden. Enstaka områden där cementit kantar ferritkornen förekommer också (övre detaljbilden).



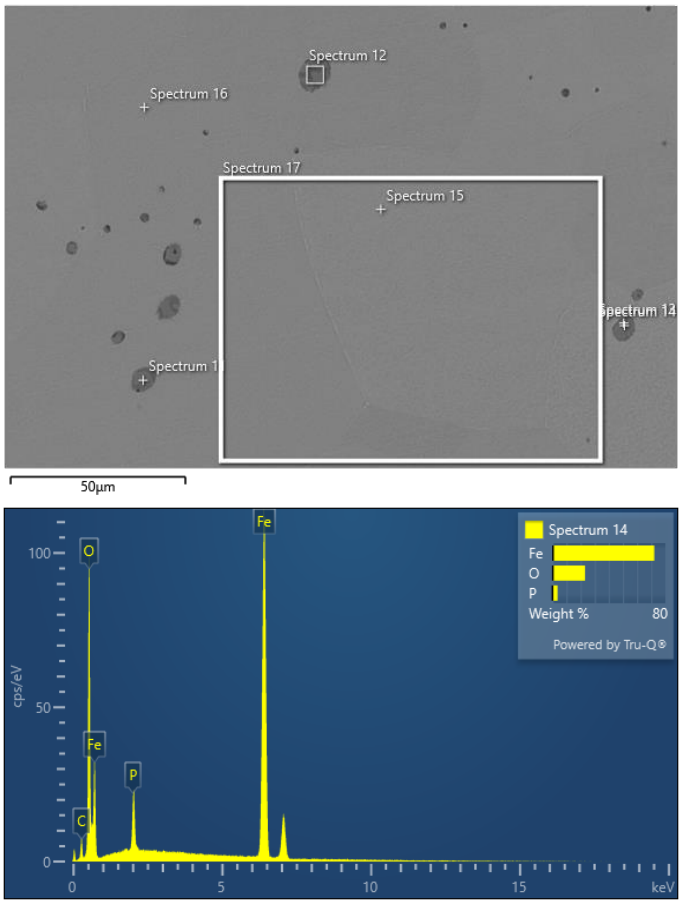
Figur 35. Osmund 3:3. Foto från mikroskopet. Översikt på några större slagginneslutningar (ljust grå) i den vita metallen. Övriga grå fläckar är rost och hålrum. I detaljbilderna ses att slaggen består av ljus wüstit, ljust grå olivin och en mörkare grå glasfas (sällsynt). Små vita prickar av metalliskt järn ses också i den nedre bilden.

Kemisk sammansättning

Analyser är gjorda på järnet på flera positioner längs området rutan i översiktsbilden, främst i anslutning till de slagginneslutningar som också har analyserats (Fig. 36–37). Resultatet visar enbart järn (den metallografiska analysen visar ett kolfritt järn vilket indirekt också ses i analysresultaten med höga totalsummor av järn; till skillnad mot i osmund 3:1 med lägre summor i bl.a. cementitlamellerna), dvs, inga spårämnen är detekterade i det metalliska järnet.



Figur 36. Osmund 3:3. Exempel på analys av en slagginneslutning med wüstit (Spectrum 3), olivin (Spectrum 4). Den markerade vita rutan (Spectrum 5) har analyserats och resulterande spektrum visas i nedre bilden med toppar för detekterade ämnen. Staplarna till höger visar halterna av ämnena i fallande skala.



Figur 37. Osmund 3:3. Exempel på analys av små runda slagginneslutningar (Spectrum 11–14) som mestadels innehåller järnoxid, även med fosforinnehåll som ses i nedre bilden med toppar för detekterade ämnen i spectrum 14. Spectrum 15–17 är analys av det metalliska järnet.

Slaggen innehåller huvudsakligen tre faser som har analyserats var för sig (i punkter) och större områden för att få totalsammansättningen (Fig. 36–37).

Wüstiten (vilken är nära det teoretiska FeO) innehåller även låga halter av aluminium. Olivinkristallerna är järnrika (fayalit-dominerade) med lägre halt av kalcium och magnesium (i likartad storleksordning ca 1,4–1,8 % vardera, som oxid). Mangan förekommer i lägre halter (ca 0,5 % MnO). Även fosfor och aluminium är detekterat (<1 %) vilket är ovanligt för olivin. Kristallerna är något håliga varför det inte kan uteslutas att förekomsten av aluminium och fosfor är bidrag från den omgivande glasfasen vilken innehåller högre halter av båda dessa (13

och 5 %) tillsammans med kisel, järn, kalcium, kalium och natrium (som förväntat).

De ytor (Fig. 36) som har analyserats (bulkanalyser) har tämligen höga järnhalter vilket speglar den stora andelen wüstit och även olivin. Övriga ämnen som främst är koncentrerade i glasfasen, förekommer därmed i lägre halter.

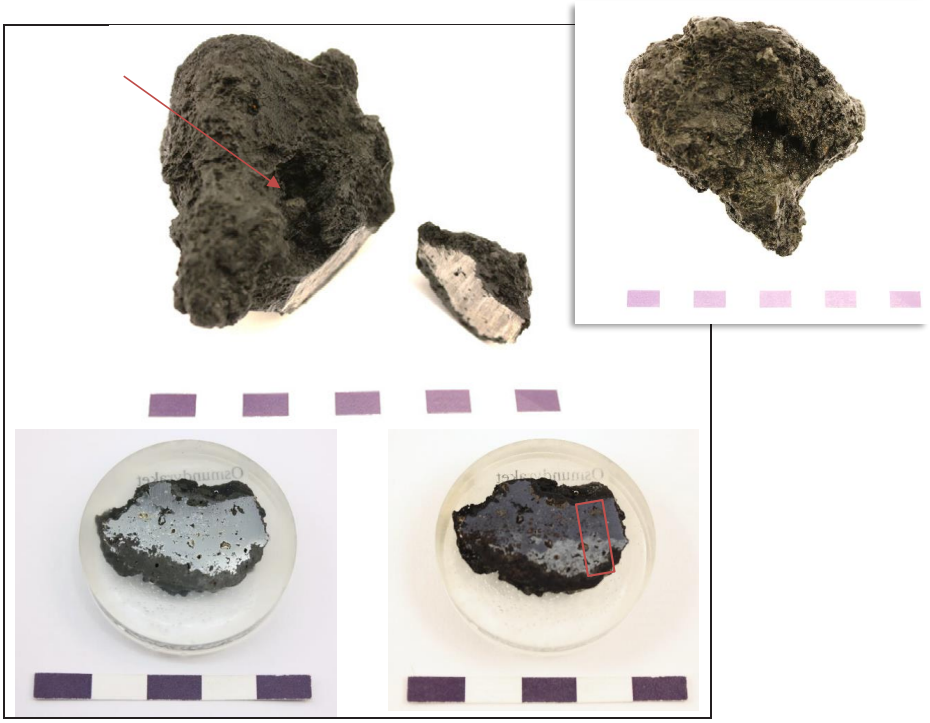
Ett fåtal av de små (några mikrometer i diameter) runda slagginneslutningar som har noterats i mikroskopet har också analyserats (Fig. 37). Dessa utgörs av två olika faser som precis kan analyseras var för sig. De domineras av wüstit, men i kanten mot metallen ses en bård med förhöjt innehåll av fosfor (upp till 10 % är noterat i analyserna). Observera dock att fosfor inte är detekterat i den omgivande metallen.

Osmund 3:4
Det svagt böjda långsmala tvärsnittet utgörs mestadels av metall. Hålrum förekommer i några koncentrationer, medan andra områden har mindre andel hålrum och är ett tätare järn (Fig. 38).

I metallen ses två halvor med olika sammansättning. Den halva som vetter mot huggmärket utgörs av ferrit, dvs. kolfritt järn. Den motsatta halvan har en högre kolhalt (perlitdominerat) (Fig. 38–40).

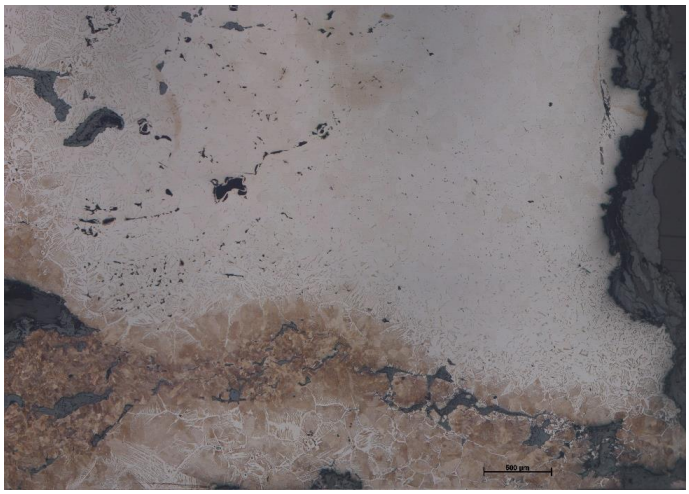
Slaggen är koncentrerad runt kanten, främst längs ena långsidan (som vetter mot huggmärket). I anslutning till kanten ses också mindre slagginneslutningar, vanligen långsmala och något vindlande som också ställvis är i kontakt med slaggen i ytskiktet. Längs ytterkanten där slaggskiktet är tjockare finns också små koncentrationer av metall i slaggen.

Längs en kortsida, där hålrummen är få, finns också några små tunna slagginneslutningar. Alla uppvisar likartad sammansättning med förekomst av wüstit, olivin och en glasfas, men i något olika proportioner (Fig. 41). Små runda (cirkelformade) inneslutningar förekommer också sporadiskt. Dessa domineras av wüstit (se analys).

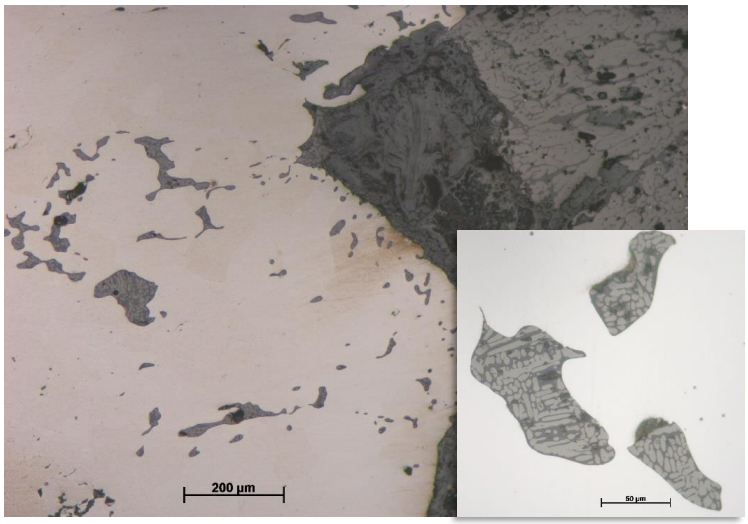


Figur 38. Osmund 3:4. Överst hela osmunden med det valda tvärsnittet som ses i polerprovet. Vid pilen ses också ett huggmärke (se även infällda bilden). Nere till höger efter etsning som visar två tydligt definierade zoner. En övre zon (mörkare i denna bild) är lågkolhaltig, och en nedre (ljusare) har högre kolhalt. Området i rutan ses i den följande översiktsbilden från mikroskopet.

Figur 39. Osmund 3:4. Foto från mikroskopet från den röda rutan i föregående figur. De grå områdena är rost och slagginneslutningar. De svarta områdena är hålrum. Provet är etsat och ju mörkare (brunare) områden, desto högre kolhalt (perlit). De ljusare områdena med ferrit i övre delen har lägre kolhalt. Skalstocken i nedre kanten är 1 mm.



Figur 40. Osmund 3:4. Foto från mikroskopet. Detalj från övergången mellan den ljust bruna ferriten i övre delen till alltmer perlit (brunblå) i den nedre delen.



Figur 41. Osmund 3:4. Foto från mikroskopet, etsat prov. Översikt från den övre delen i snittet med järnet (ferrit i ljust bruna fält) till vänster och större slaggområde till höger. I metallen finns också mindre slagginneslutningar som ses i detaljbilden (oetsat prov), med wüstit, olivin och en glasfas.

Kemisk sammansättning

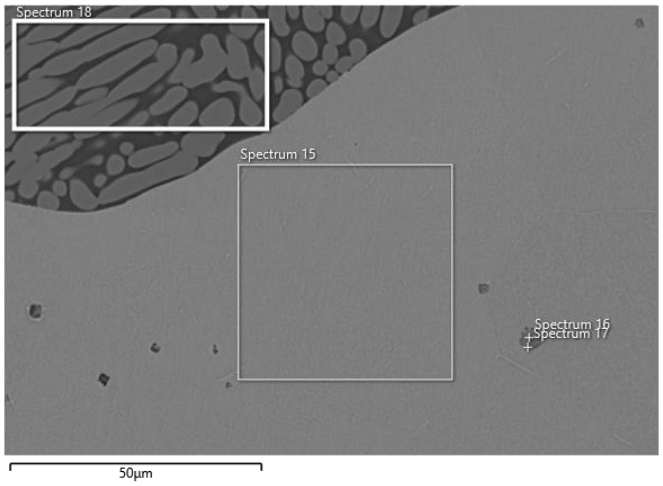
Analyser är gjorda på järnet på flera positioner längs området rutan i översiktsbilden, dels i anslutning till de slagginneslutningar som förekommer längs kanten av det ferritiska järnet dels i området som är kolrikare. Inte i något av områdena har några spårämnen detekterats.

Slaggen innehåller huvudsakligen tre faser. Två av dem, wüstit och olivin, har analyserats var för sig (i punkter). Framförallt har dock större områden analyserats för slaggens totalsammansättning. Glasfasen, vilken är ytterst begränsad i utbredning har inte analyserats men förväntas bidra med t.ex. aluminium och kalium till totalsammansättningen.

Wüstiten (vilken är nära det teoretiska FeO) innehåller även låga halter av aluminium. Olivinkristallerna är järnrika (fayalit-dominerade) med lägre halt av kalcium (1–3 % CaO). I en analys förekommer också magnesium och mangan (max 1 % MnO). Även aluminium (och fosfor) är detekterat (<1 %) (jämför osmund 3:3).

De ytor (Fig. 42) som har analyserats (bulkanalyser) har tämligen höga järnhalter vilket speglar den stora andelen wüstit och även olivin. Övriga ämnen som främst är koncentrerade i glasfasen, förekommer därmed i lägre halter, t.ex. som mest ca 2 % aluminium (som Al_2O_3) och 0,5 % fosfor (P_2O_5).

Några av de små runda slagginneslutningarna som har noterats i mikroskopet har också analyserats (Fig. 42). Dessa utgörs av två olika faser som precis kan analyseras var för sig. De domineras av wüstit, men i kanten mot metallen ses en bård med förhöjt innehåll av fosfor på liknande sätt som i osmund 3:3 (upp till 6 % är noterat i analyserna). Observera dock att fosfor inte är detekterat i den omgivande metallen.

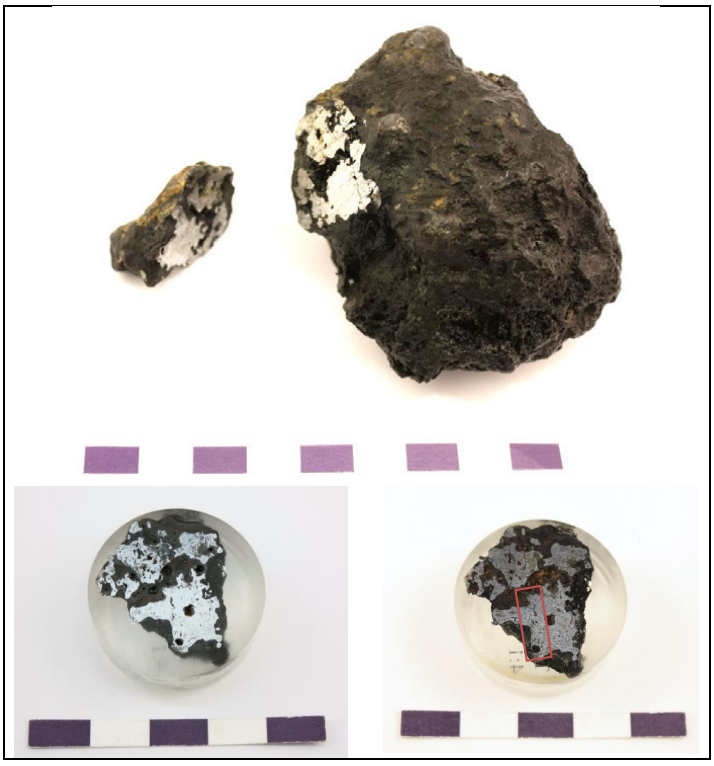


Figur 42. Osmund 3:4. Exempel på analys av små runda slagginneslutningar (Spectrum 16–17) som mestadels innehåller järnoxid, även med fosforinnehåll Spectrum 15 är analys av det metalliska järnet och Spectrum 18 av slagginneslutningen.

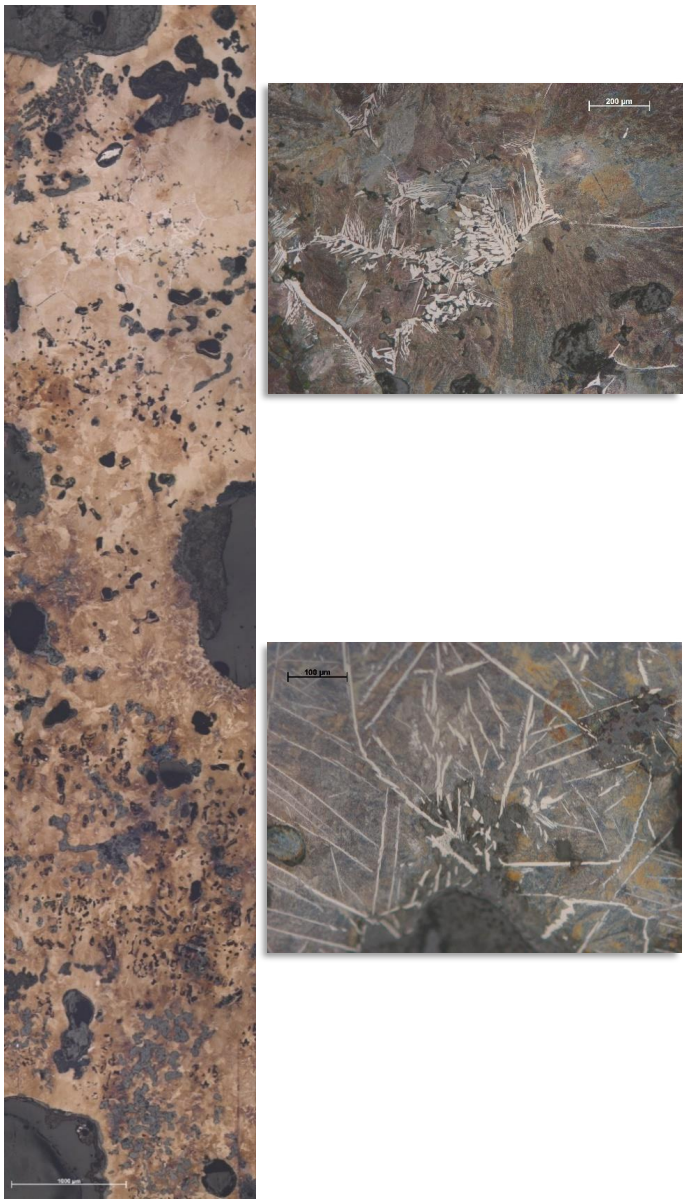
Osmund 4:1
Det analyserade tvärsnittet är oregelbundet triangelformat och utgörs av flera metallkoncentrationer som inte helt har kontakt med varandra, och som är omgivna av hålrum och rost. Inom varje delområde finns också tämligen stor andel mindre hålrum (Fig. 43).

Metallen är grovkornig. Kolhalten är genomgående hög även om den varierar något. Mestadels dominerar perlit (dvs. eutektoidisk) ställvis med cementit i korngränserna. I något enstaka område, i ytterkant i anslutning till slagg, är kolhalten något lägre och där förekommer perlit med ferrit i korngränserna (Fig. 44).

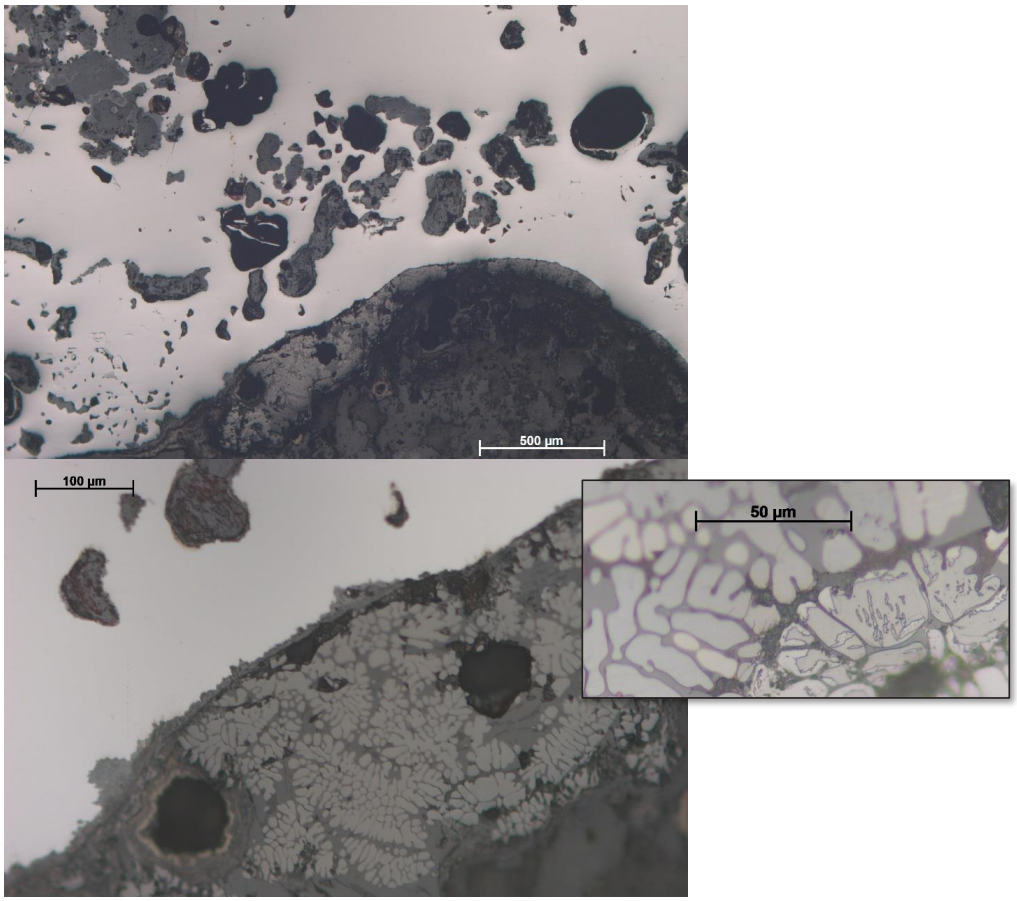
Slagg förekommer främst som ett skikt med varierande tjocklek längs de olika metallkoncentrationernas ytterkant, mer sällan som inneslutningar i mer centrala delar. Slaggen innehåller wüstit, olivin och en glasfas i något olika proportioner (Fig. 45). Efter etsning av metallen ses att också wüstiten påverkas av etsningen vilket innebär att den är komplext sammansatt och innehåller magnetitkomponent (dvs. tecken på mer tillgång på syre).



Figur 43. Osmund 4:1. Överst hela osmunden med det valda tvärsnittet som ses i polerprovet (nederst). Till höger efter etsning som visar en homogen sammansättning. Området i rutan ses i följande översiktsfoto från mikroskopet.



Figur 44. Osmund 4:1. Foto från mikroskopet från den röda rutan i föregående figur. De grå områdena är rost, de svarta hålrum. Provet är etsat och uppvisar en tämligen homogen sammansättning med hög kolhalt. Skalstocken i nedre kanten är 1 mm. Perlit (brunblå) dominerar. Områden med perlit och cementit (nedre detaljbilden), respektive perlit och ferrit (övre detaljbilden) visas som exempel i högre förstoring.



Figur 45. Osmund 4:1. Foto från mikroskopet på provets ytterkant med en zon av slagg i kontakt med det metalliska järnet. Överst en översikt, nederst mer detalj där den ljusa wüstiten med sina rundade former syns tydligt. Infälld bild efter etsning som i hög förstoring visar bl.a. tunna linjer som tecken på en komplex uppbyggnad med både wüstit och magnetit.

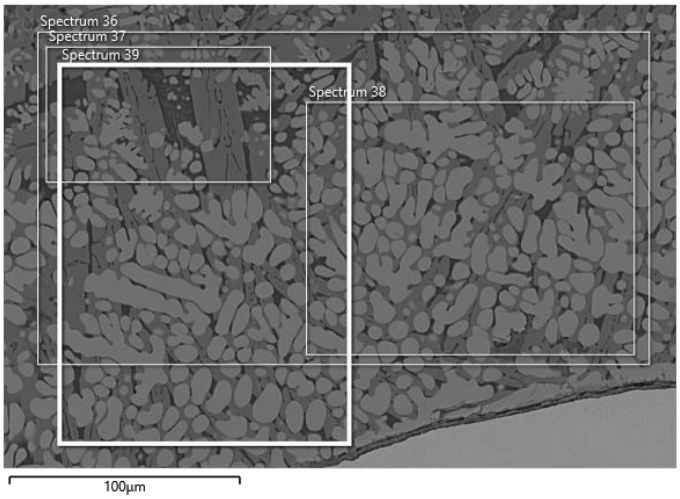
Kemisk sammansättning

Analyser är gjorda på järnet som punkter i cementitlameller såväl som över större ytor med mer eller mindre cementit. Skillnader ses i endast totalhalten (större andel cementit innebär högre kolhalt och därmed lägre järnhalt). Inga andra ämnen (spårämnen) är dock detekterade i järnet.

Slaggen innehåller huvudsakligen tre faser som har analyserats var för sig (i punkter) och större områden för att få slaggens totalsammansättning.

Wüstiten (som är nära det teoretiska FeO) innehåller även låga halter av aluminium (<1% Al2O3), och lite mangan i en analys. Analyserna är gjorda i den fas som bedöms vara wüstit, men lameller av magnetit (spinellmineral) finns i flera av dem vilket också möjliggör innehåll av aluminium. Olivinkristallerna är järnrika (fayalit-dominerade) med lägre halt av magnesium (ca 2% MgO), kalcium (ca 1 % CaO) och mangan (ca 0,5 % MnO). Glasfas bidrar med aluminium, kalcium, kalium och natrium, men även fosfor (som normalt).

De ytor (Fig. 46) som har analyserats (bulkanalyser) domineras av järn och kisel men proportioner mellan dessa varierar något i vilket speglar den heterogena fördelningen av wüstit och olivin (Fig. 46). Innehållet av kalcium (1–2% CaO), magnesium (ca 1 % MgO) och mangan (< 0,5 %MnO) varierar också inbördes proportioner och är något som jämförs med övriga analyserade osmundar (se nedan).

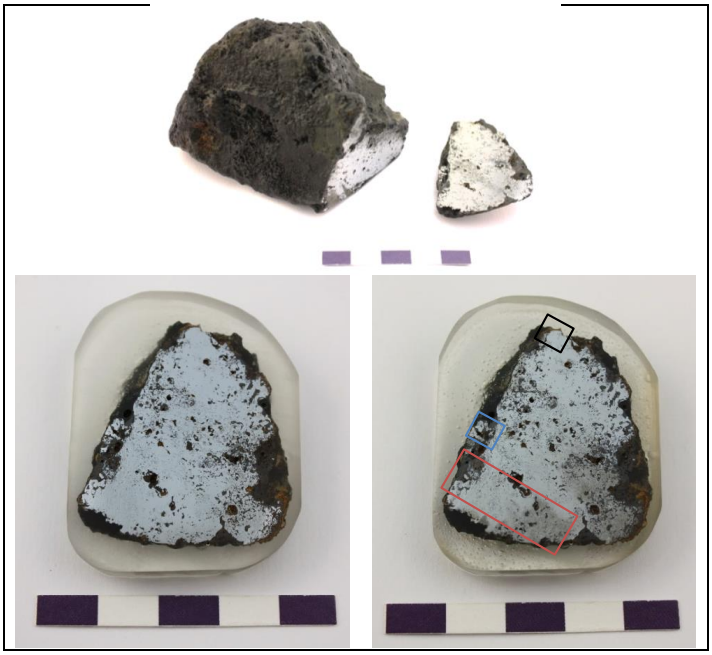


Figur 46. Osmund 4:1. Exempel på analys av en slagginneslutning med heterogen fördelning av wüstit, olivin och glas. De olika rutorna är valda för att fånga upp skillnader mellan områden med mycket wüstit (Spectrum 38) jämfört med områden med mer olivin och glas (Spectrum 37) (Se analystabellen).

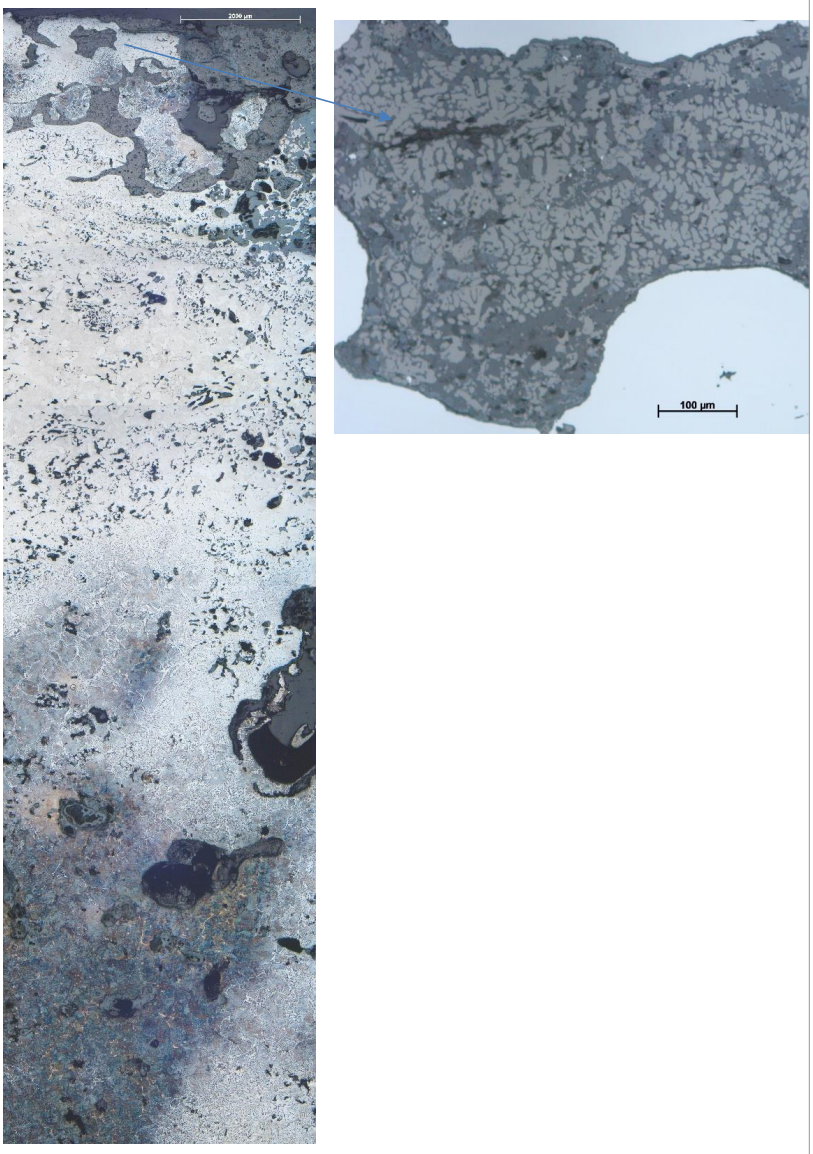
Osmund 4:2
Det trekantiga tvärsnittet, med något rundade hörn som har analyserats domineras av metall. Hålrum, såväl större som mindre, förekommer i flera ansamlingar i snittet, men områden med betydligt tätare järn förekommer också (Fig.47).

Metallen är genomgående grovkornig och med varierande kolhalt (Fig. 47–49). I stora delar dominerar ferrit, dvs. kolfritt järn. I några mindre områden (vanligen nära hörn/sida), är kolhalten högre. I dessa dominerar perlit – i ett fåtal områden med perlit med cementit är kolhalten lokalt ännu något högre. Övergången mellan de olika samansättningarna är kontinuerlig, men inom en tämligen kort övergångszon (Fig. 48).

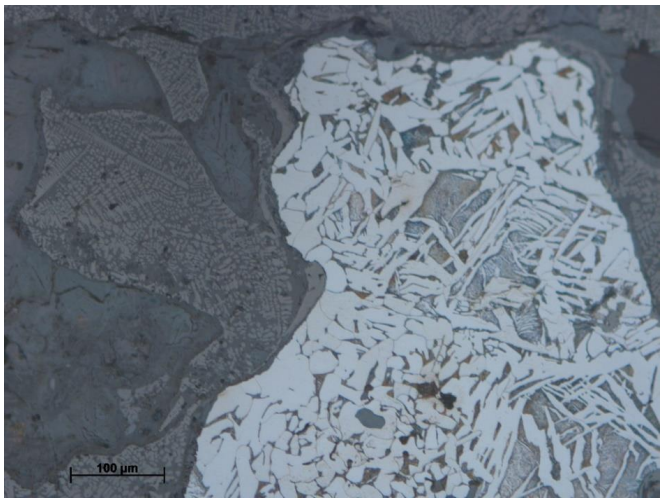
Slagg förekommer tämligen rikligt som inneslutningar i några områden, bl.a. i nära anslutning till ytterkanten och i kontakten mellan hålrum och metall även längre in i osmunden. Slagginneslutningarna är oregelbundna i formen och förekommer i flera storlekar. I ferritdominerande områden ses bl.a. flera stråk av små inneslutningar (Fig. 50). De flesta inneslutningarna, oavsett storlek, innehåller wüstit, olivin och en glasfas.



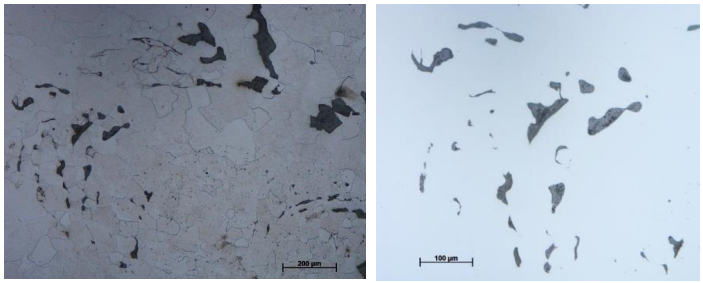
Figur 47. Osmund 4:2. Överst hela osmunden med det valda tvärsnittet som ses i polerprovet (nederst). Till höger efter etsning som visar att ljusare områden (kolfattigare) dominerar. Mörkare (kolrikare) områden har mindre utbredning. Områdena i rutorna ses i följande foton från mikroskopet. Osmunden har flera plana ytor (efter upphuggning), något som framgår också i det väldefinierade triangelformade tvärsnittet.



Figur 48. Osmund 4:2. Foto från mikroskopet från den röda rutan i föregående figur. De grå områdena utgörs av rost såväl som slagg (detaljer i följande figurer). De svarta områdena är hålrum. Provet är etsat och ju mörkare (blåbruna) områden, desto högre kolhalt (perlit). De ljusare områdena, med lägre kolhalt utgörs av ferrit. Skalstocken i övre kanten är 2 mm. Bilden till höger (oetsat prov) är detalj från en slagginneslutning som innehåller wüstit, olivin och en glasfas.



Figur 49. Osmund 4:2. Foto från mikroskopet från den blå rutan i översiktsfiguren (etsat prov). Till höger järnet med perlit (blåbrun) och ferrit (ljus). Till vänster slagginneslutning (med framträdande ljust grå dendriter av wüstit) och flammigt grå rost.



Figur 50. Osmund 4:2. Foto från mikroskopet från den svarta rutan i översiktsfiguren, på det område där enbart ferrit förekommer (ljust bruna korn), dvs. kolfritt järn. Översikt och detalj. Den högra bilden (oetsat prov) visar flera slagginneslutningar som är rika på wüstit.

Kemisk sammansättning

Analyser är gjorda på järnet i områden med olika kolhalt. Dels i den ferritdominerade delen (övre delen i översiktsbilden) övergången till det perlitdominerade området, och i det perlitdominerade området nederst i översiktsbilden. Eftersom kol inte kan kvantifieras med analysmetoden ses inte skillnaden i kolhalt mellan cementit, perlit och ferrit mer än diffust indirekt i järnhalten. Resultaten visar att järnet i det ferritiska området och i övergångsområdet är rent, dvs. inga spårämnen har detekterats. I det kolrika, perlitiska området förekommer fosfor (uppmätt till 0,2 % i cementitlamellen). Ställvis finns också kornkontakter med avvikande sammansättning där fosforinnehållet är ännu högre (fosfid), här finns också en underordnad lättare fas med

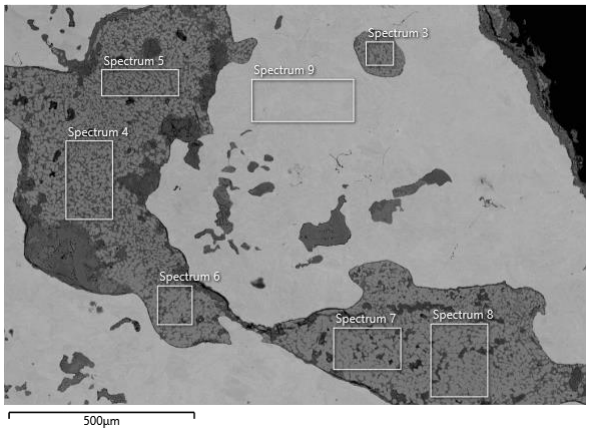
innehåll av såväl fosfor som syre och en del spårämnen. Denna har dock inte utretts ytterligare inom ramen för denna undersökning. I bulkanalyser i perlitområdet är dock inte fosfor detekterat varför den totala fosforhalten sannolikt är (mycket) låg.

Slaggen innehåller huvudsakligen tre faser. Två av dem, wüstit och olivin, har analyserats var för sig (i punkter). Framförallt har dock större områden analyserats för slaggens totalsammansättning. Glasfasen, vilken är ytterst begränsad i utbredning har inte analyserats men förväntas bidra med t.ex. aluminium och kalium till totalsammansättningen.

Wüstiten (vilken är nära det teoretiska FeO) innehåller även låga halter av aluminium, mangan och kisel (<0,5 % av vardera som oxid). Olivinkristallerna är järnrika (fayalit-dominerade) med lägre halt av kalcium (1 % CaO), magnesium (1 % MgO) och mangan (0,5 % MnO).

Några av små runda slagginneslutningar har också analyserats. Dessa utgörs av wüstit som är ren i sammansättning (FeO). Till skillnad från de i osmund 3:3 och 3:4 kan dock ingen ytterkant med avvikande sammansättning noteras. I dessa fanns fosfor, men fosfor är inte detekterat i slagginneslutningarna i denna osmund nr 4:2.

De större ytor (Fig. 51) som har analyserats (bulkanalyser) har också tämligen höga järnhalter (> 80% FeO) vilket speglar den stora andelen wüstit och även olivin. Övriga ämnen som främst förväntas i glasfasen, förekommer därmed i lägre halter, t.ex. som mest knappt 2 % aluminium (som Al_2O_3) och <0,5 % kalium (K_2O). Inte heller fosfor ör detekterat mer än i någon enstaka analys (<0,2 % P_2O_5). I bulkanalysen förekommer också kalcium (1 % CaO) och mangan (0,5 % MnO). Även kobolt är detekterat men förekomsten är osäker med tanke på överlapp med den starka linjen för järn (se diskussion för flera osmundar). Magnesium är dock inte detekterat i bulkanalyserna.



Figur 51. Osmund 4:2. Analyser av slagginneslutningar med något olika proportioner mellan de ingående faserna, alla dock dominerade av järnoxiden wüstit (Spectrum 3–8). Spectrum 9 är det metalliska järnet som är analyserat i detta område.

Osmund 7:3

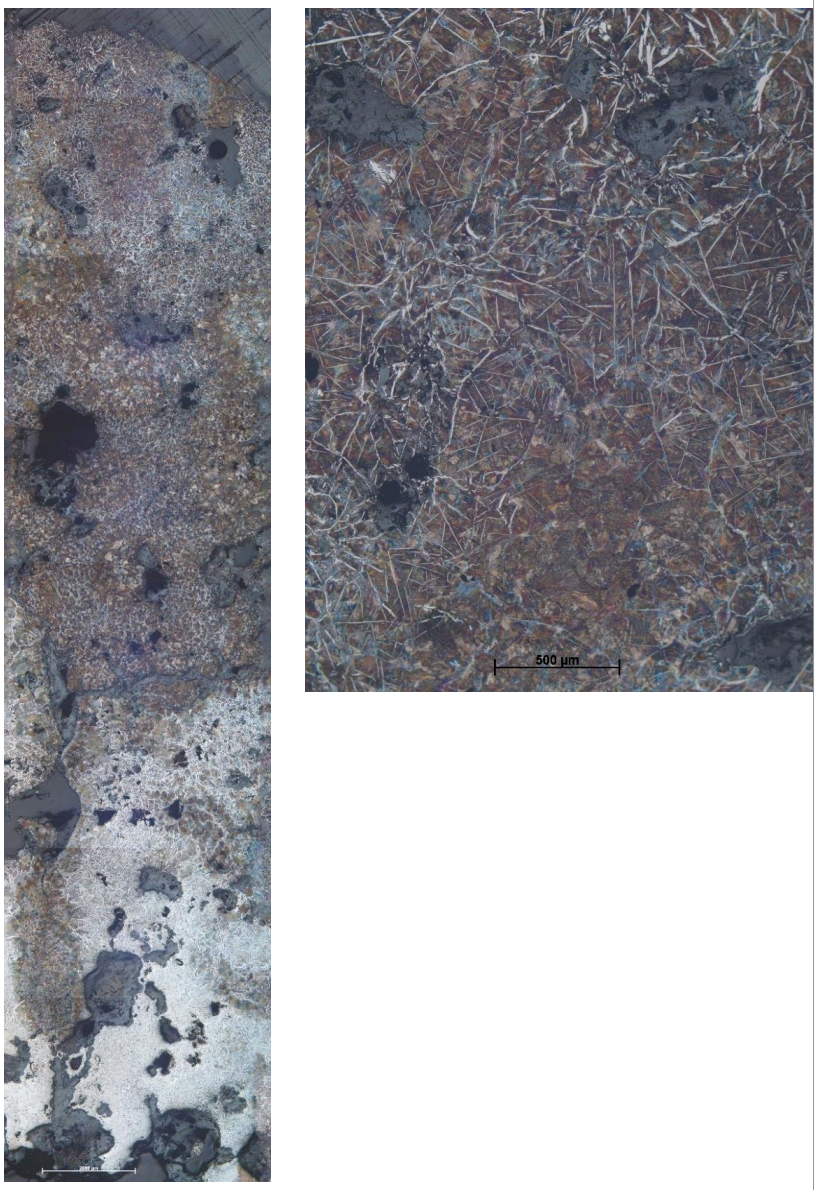
Tvärsnittet som har analyserats kan förenklat beskrivas som triangelformat med rejält avrundad spets och bågformad bas. Metall dominerar men hålrum förekommer i hela snittet, med största koncentrationen i anslutning till den bågformade kanten (Fig. 52).

Metallen är genomgående grovkornig och har huvudsakligen hög kolhalt (Fig. 53). I stora delar dominerar perlit (med cementit i lameller och i korngränserna) vilket innebär en hög (eutektoid och övereutektoid) kolhalt (Fig. 53). I mindre omfattning finns områden med lägre kolhalt. Här ses perlit med ferrit kornkontakterna.

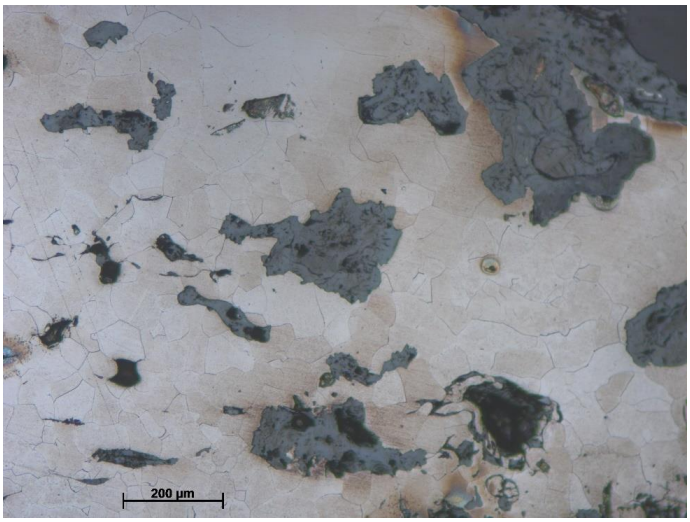
Helt ferritiska (kolfria) områden förekommer endast i ytterst begränsade områden längs den ytterkant som har mest hålrum (Fig. 54).

Slagg har inte observerats, vare sig som inneslutningar eller som ett tunt skikt längs ytterkanten, något som har noterats i flera andra av de analyserade osmundarna

Figur 52. Osmund 7:3. Överst hela osmunden med det valda tvärsnittet som ses i polerprovet (nederst). Vid pilen ses också ett huggmärke (se även infällda bilden, något roterad). Till höger efter etsning som visar mörkare (kolrikare) område i stora delar av snittet, och ljusare (kolfattigare) i ett mindre område i nedre delen. Områdena i rutorna ses i de följande fotona från mikroskopet.



Figur 53. Osmund 7:3. Foto från mikroskopet från den röda rutan i föregående figur. De grå områden är rost, de svarta hålrum. Provet är etsat och ju mörkare (brunare) områden, desto högre kolhalt (perlit, med ljusa kornkontakter av cementit. De ljusare områdena i nedre delen (perlit och ferrit) har lägre kolhalt. Skalstocken i nedre kanten är 2 mm. Den högra bilden visar i detalj från övre delen. Här dominerar perlit (brunblå) med ljus cementit i tunna lameller och i korngränserna.



Figur 54. Osmund 7:3. Foto från mikroskopet från den blå rutan i översiktsfiguren, på det område där enbart ferrit förekommer (ljust bruna korn), dvs. kolfritt järn. Grå områden är rost.

Kemisk sammansättning

Analyser är gjorda på järnet i några olika delområden med de olika kolhalter som har observerats i den metallografiska analysen. I området med enbart ferrit (blå rutan i översiktbilden) har inget annat än järn detekterats i analysen (analys 6 och 7). Järnhalten är därmed också hög, också eftersom den inte innehåller något kol.

Inom den röda rutan i översiktbilden är analyser gjorda i den nedre delen. Förutom järn är fosfor detekterat (ca 0,1 %).

Högre upp, i områden med dominans av perlit har inga andra ämnen än järn detekterats (Analys 8–10). I dessa är dock järnhalten lägre än i ferriten i analys 6–7 på grund av högre kolhalt (som inte kan analyseras). Ännu högre upp i den röda rutan i översikstbilden, där perlitkornen kantas av cementitlameller ses främst variation i kolhalt (högre/läger halt av järn). I ett fåtal analyser förekommer också kobolt (ca 0,5 %). Denna förekomst är dock tveksam (överlapp av den starka järnpeaken med den teoretiska för kobolt, men järnpeaken är något bredare i några få analyser varför det inte kan uteslutas att kobolt förekommer).

Inte heller i samband med analyserna kunde någon slagg observeras.

Stångjärnet – analysresultat

Metallografisk och kemisk analys har gjort av stångjärnet på motsvarande sätt som för osmundarna. Stångjärnet är delat vid tidigare tillfälle varför det finns flera tvärsnitt som kan bedömas inför denna analys. Tre olika snitt valdes för metallografisk analys, där ett av dem analyseras kemiskt.

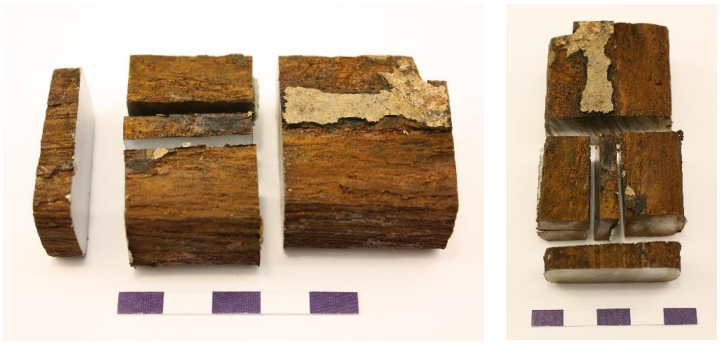
Dokumentation tidigare provtagning

Stångjärnet var kapat när det inkom till Arkeologernas laboratorium i Uppsala för analys. Två bitar på totalt knappt 1 meter (Fig. 55) är inlämnade för denna studie. Ytterligare en del är enligt Catarina Karlsson, Jernkontoret, på konservering. Det är för närvarande dock oklart vilka dimensioner den delen har. Delar av stångjärnet täcks av en sekundär (?) ytbeläggning (bl.a. rost) som lossnar vid hantering.

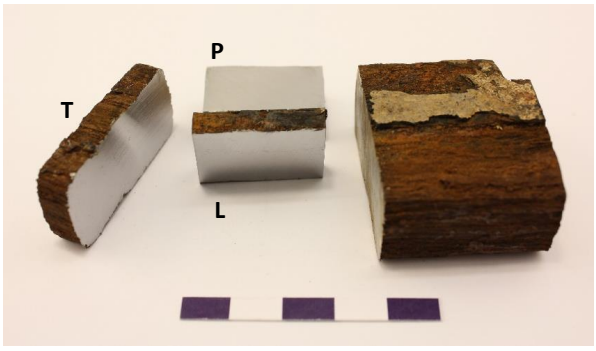
Den tidigare kapningen (av okänd utförare) har gjorts för metallografiska analyser, men vid innevarande provtagning är analysresultaten inte kända. Från den tidigare provtagningen finns ett extra snitt som löper endast ett litet stycke in från kanten, dvs. inte rakt genom hela tjockleken (Fig. 56).

Figur 55. De två delarna av stångjärnet från Osmundskeppet som inkom för analys. Överst den mindre biten, nederst den något större biten. Skalstocken är 20 cm

Figur 56. Detalj från den mindre biten av stångjärnet som har prioriterats för analys. Jämför följande figur.



Figur 57. Detalj från den mindre biten av stångjärnet som har prioriterats för analys. Jämför föregående figur. Flera snittytor/prover för flera analyser.



Figur 58. Detalj på de snittytor som valts för metallografisk analys: tvärsnitt (T), längdsnitt (L) och plansnitt (P). Biten till höger är reserverad för en kompletterande analys av medelkolhalt.

Dimension

Den mindre biten (Fig. 55) av stångjärnet är ca 48 cm lång och väger 2,6 kg. Den har en ursprunglig kortsida, något rundad, med rektangulärt tvärsnitt ca 36×18 mm. Motsatt kortsida (kapad) har ett rektangulärt tvärsnitt 38×20 mm. Ett ytterligare sågsnitt mäter ca 9×5 mm, in från ena kanten (Fig. 56).

Den större biten (Fig.55) är 50,5 cm lång, och väger 3,4 kg. Den är tidigare kapad i båda ändar. Ingen tydlig passning med den mindre biten kan ses och det är oklart hur mycket som saknas, men sannolikt är den smalare delen av den större biten med rektangulärt tvärsnitt 40×20 mm som passas med den mindre. På motsatt kortsida, också kapad, mäter det rektangulära tvärsnittet 43×22 mm.

Provtagning

Nya snitt (Fig. 57) gjordes efter samråd med uppdragsgivaren (Catarina Karlsson, Jernkontoret) för den aktuella undersökningen samt till en kompletterande undersökning (ej inom ramen för denna studie) för att mäta stångjärnets medelkolhalt under ledning av Olle Wijk (Jernkontoret).

Snitten för analys är ett tvärsnitt (T) genom hela tjockleken, ett längdsnitt (L) genom centrala delar, och ett centralt placerat plansnitt (P) som motsvarar halva bredden (Fig.58).

Metallografisk analys

De tre snittytorna uppvisar stora likheter i uppbyggnad. Det mesta av snitten utgör av metalliskt järn (Fig. 58). I ett tunt stråk längs ytterkanterna finns rost, men i mer centrala delar saknas i princip rost.

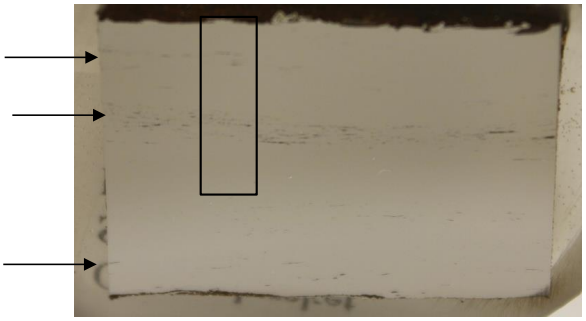
Förekomst och utbredning av slagginneslutningar

På alla tre snityttorna finns flera stråk av slagginneslutningar, fördelade över snittytan. I ett centralt stråk i längdsnitt och tvärsnitt (och motsvarande del i plansnittet) finns också en bredare zon som är tämligen fri från slagg (Fig. 59 och 61).

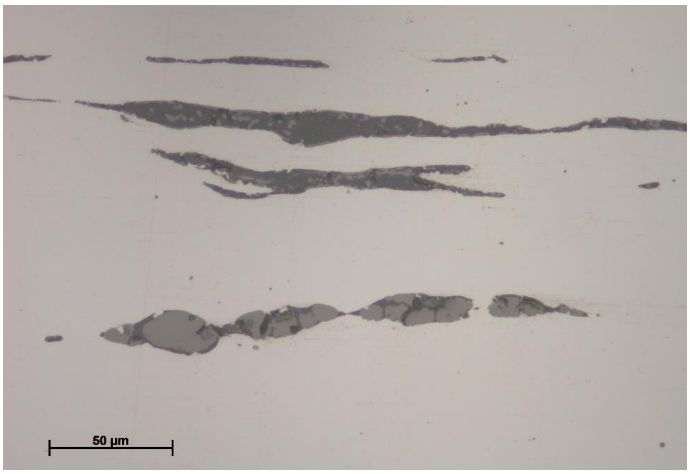
I längdsnittet och plansnittet är slagginneslutningarna dessutom tydligt långsträckta i samma riktning, dvs. längs med långsidan (t.ex. Fig. 59, 63–65). De varierar i storlek. De minsta är ca 10 mikrometer de större ca 75 mikrometer breda. Längden varierar också från några tiotals mikrometer till vanligen 500 mikrometer i de bredaste, där någon enstaka är ännu längre (upp till 1 mm).

I tvärsnittet är slagginneslutningarna också samlade i band som dels följer tvärsnittets långsida, dels böjer av och följer snittets kortsida. De enskilda inneslutningarna är inte heller långsträckta i samma omfattning som i längdsnittet utan mer oregelbundna i formen (Fig. 61–62).

Inneslutningarnas form och utbredning visar därmed, inte oväntat, att de har dragits ut främst längs med stångjärnets långsida. Deras omböjda stråk i tvärsnittet antyder dock också att ett bredare järnstycke har vikts ihop innan den slutgiltiga formningen.

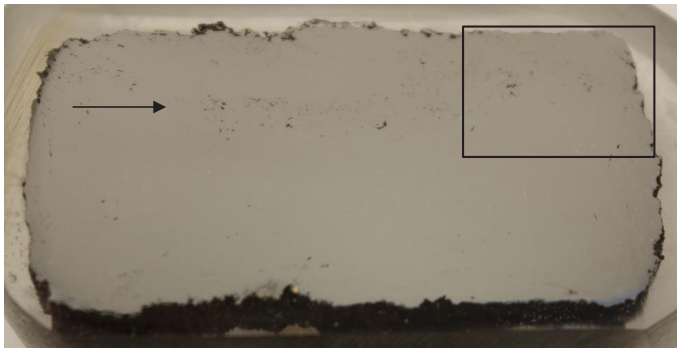


Figur 59. Detalj på det polerade längdsnittet (L) (2,7 cm långt) (i samma riktning som i översiktsfiguren). Några band av grå slagginneslutningar finns längs med långsidan, dels nära de båda långsidorna, dels ca. 1/3 in från överkanten. I övrigt är det tämligen slaggfritt. Fotot i marginalen är detalj från den markerade rutan, från mikroskopet, och visar de långsträckta mörkt grå slagginneslutningarna.

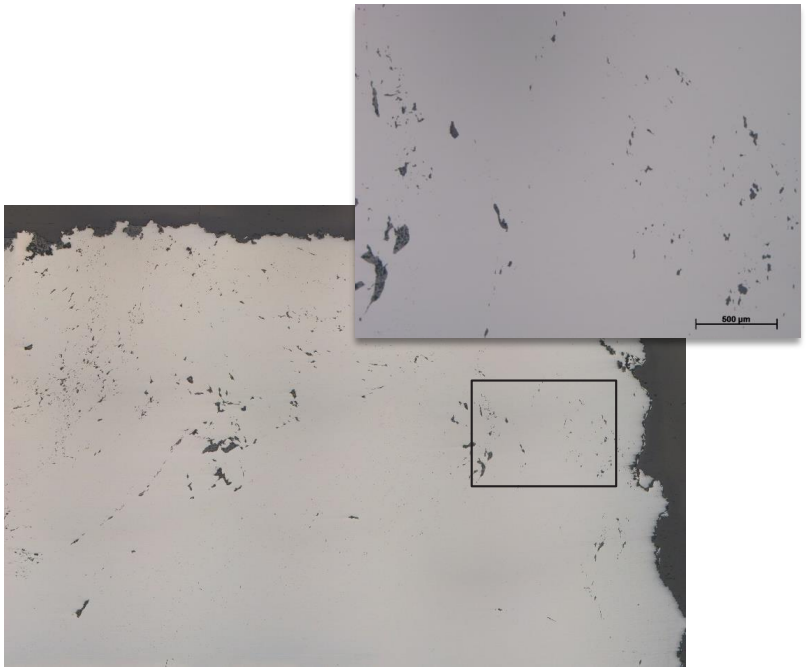


Figur 60. Detaljfoto från mikroskopet från längdsnittet. Mycket hög förstoring som visar exempel på olika sammansättningar. Det nedre stråket domineras av järnoxid (något mörkare än metallen). De övre, mörkare grå, innehåller mest silikatfas(er) och mindre mängd järnoxid, främst i kontakten mot det omgivande järnet. Alla inneslutningar är tydligt långsträckt längs med bildens långsida, som också är stångjärnets långsida.

Slagginneslutningarna (t.ex. Fig. 60) består i flera fall huvudsakligen av järnoxid (troligen wüstit), i andra dominerar en silikatrik glasfas. Ytterligare andra inneslutningar består av en blandning av wüstit och silikatrika(a) fas(er). Dessa är dock inte tydligt separerat i olika stråk av den ena eller andra typen.



Figur 61. Detalj på det polerade tvärsnittet (T) (3,9 cm långt). Några band av grå slagginneslutningar finns något oregelbundet utbredda längs med överkantens långsida och böjer av mot dess högra kortsida. Detta syns tydligare i detaljfotot nedan från den markerade rutan, från mikroskopet.



Figur 62. Detaljfoto från mikroskopet från den markerade rutan i föregående figur (tvärsnittet). Flera koncentrationer av grå oregelbundna slagginneslutningar följer, något vindlande överkanten, och viker av längs med hörnet, och längs med kortsidan, detalj från rutan till höger ses i den infällda bilden.

Järn med låg kolhalt

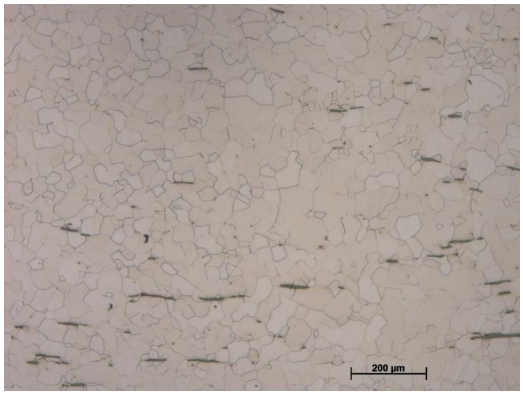
På de etsade provytorna framträder ett järn som är mestadels kolfritt, eller med mycket låg kolhalt. Endast marginellt, främst nära ytterkanterna, finns en lokalt högre kolhalt. Den högre kolhalten kan dock inte följas längs hela ytterkanten.

I samtliga tre snitt dominerar ferrit (Fig. 63–66), med något oregelbundna kornformer, men huvudsakligen likformiga i alla riktningar (i alla snitt). Den parallellstuktur som slagginneslutningarna visar, förekommer därmed inte i ferritkornen. Etsningen framkallar dock en bandad struktur parallellt med slagginneslutningarna, som ses tydligast i längdsnittet, som ljusa zoner vilket ofta är tecken vällsömmar (t.ex. Fig. 63 och 65). Lokalt i tvärsnittet ses dessa också med annan färgskiftning vilket skulle kunna bero på anrikning av något spårämne (som dock inte har observerats i de kemiska analyserna).

Ferrit förekommer i både slaggförande och slaggfria områden. Kornstorleken varierar något, men oftast mellan 30 och 100 mikrometer. I plansnittet finns dock ännu grövre korn (75–200 mikrometer) i de slaggfria, mer centralt belägna områdena.

Lokalt har högre kolhalter noterats (Fig. 66–69), främst längs ytterkanterna. Det ses i alla tre snitten, med en successivt ökande andel cementit/perlit i ferritens kornkontakter. I tvärsnittet återfinns det kolrikare området bl.a. utanför slaggstråken längs kortsidan (Fig. 68), och intill slaggstråken som är inböjda mot mer centrala delar (Fig. 69). I vissa av dessa är kolhalten i undantagsfall upp till som mest några tiondels procent, vanligen dock inte mer än ca 0,1 %.

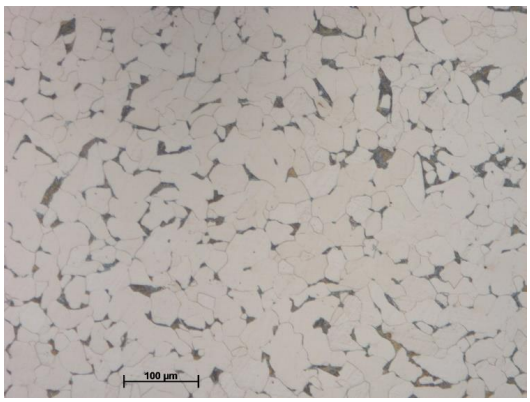
Figur 63. Detalj på det polerade längdsnittet (L) (2,7 cm långt) efter etsning. Omväxlande ljusa och mörka, tunna band ses längs med långsidan. De följer samma utbredning som slagginneslutningarna (som dock inte framträder i denna bild).



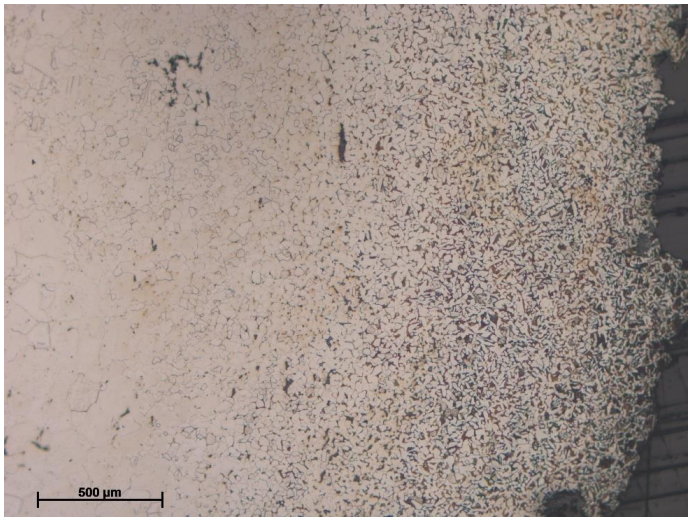
Figur 64. Detaljfoto från mikroskopet på polerat och etsat prov från plansnittet som visar den dominerande texturen med ferritkorn (kolfritt). I nedre delen också långsmala grå slagginneslutningar.

Figur 65. Detaljfoto från mikroskopet på polerat och etsat prov från längdsnittet som visar den dominerande texturen med ferritkorn (kolfritt) i både slaggfria områden i övre halvan och slaggförande i den nedre. Parallellt med slagginneslutningarna ses och tunna ljusa zoner (vällfogar).

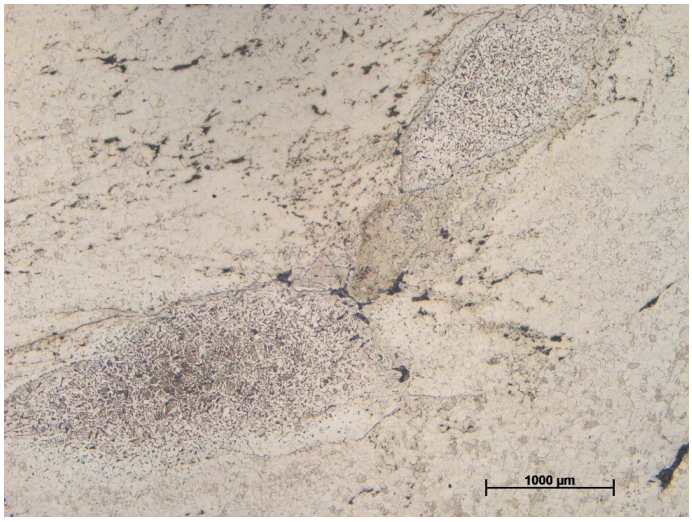
Figur 66. Detaljfoto från mikroskopet på polerat och etsat prov från plansnittet. I nedre delen en större, grå, slagginneslutning av silikatrikt glas. Nedanför denna ferrit. Uppåt i bilden ökar mängden cementit och perlit i ferritens kornkontakter (blåbruna). Detalj i nästa figur.



Figur 67. Detalj från föregående figur på etsat prov av plansnittet, med högre kolhalt nära ytterkanten. Ferritkornen kantas här av cementit/perlit (samt martensit och sfärodiserad cementit?).



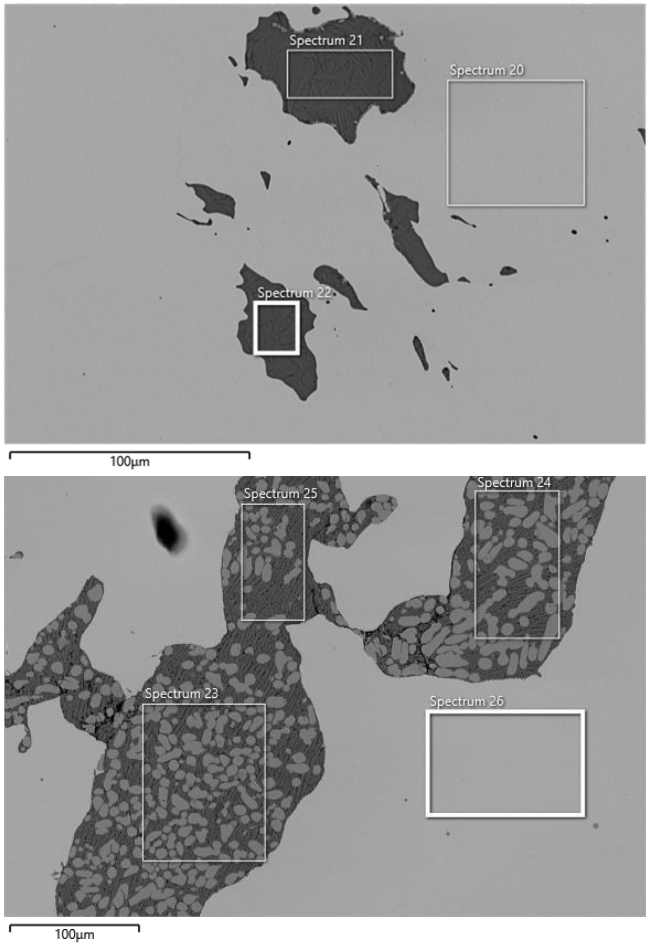
Figur 68. Detaljfoto från mikroskopet på polerat och etsat prov från tvärsnittet (från nedre högra hörnet i översiktsbilden). Till vänster ferrit (som dominerar i hela snittet), till höger en ytterkant med högre kolhalt med perlit (blåbrun) i ferritens kornkontakter.



Figur 69. Detaljfoto från mikroskopet på polerat och etsat prov från tvärsnittet (centralt i det övre slaggstråket). I mitten en ansamling av större, oregelbundna slagginneslutningar som är mittpunkt för två ovala områden med högre kolhalt (mörkare) jämfört med omgivande kolfria område med ferrit.

Kemisk sammansättning

Kemiska analyser är gjorda på järnet på flera positioner i tvärsnittet, främst i anslutning till de slagginneslutningar som också har analyserats. Resultatet visar i de flesta fall enbart järn (den metallografiska analysen visar mestadels ett kolfritt järn vilket indirekt också ses i analysresultaten med höga totalsummor av järn). I ett fåtal områden (övre högra delen i översiktsbilden av tvärsnittet) har fosfor detekterats i metallen (ca 0,2 %). Inga andra spårämnen är detekterade i det metalliska järnet.



Figur 70. Stångjärnet, tvärsnittsprovet. Exempel på analys av slagginneslutningar med enbart silikatfaser (överst, Spectrum 21 och 22) och i nedre bilden slagginneslutningar med heterogen fördelning av wüstit, olivin och glas (Spectrum 23–25). Spectrum 20 och 26 är analyser i det metalliska järnet.

Som observerats i den metallografiska analysen utgörs slagginneslutningarna huvudsakligen av antingen järnoxid (wüstit) eller silikatrika faser (glas och/eller olivin). En blandning av wüstit och silikatrika(a) fas(er) förekommer också. Ett fåtal analyser (punkter) är gjorda i varje enskild fas, men huvudsakligen har ytor som omfattar så stora områden som möjgt analyserats för att få totalsammansättningen. Det rör sig vanligen om små ytor eftersom inneslutningarna vanligen är tunna. Proportionerna mellan järnoxid och silikatrik fas varierar, vilket avspeglas i proportionerna mellan huvudämnena. Det innebär att ju mer järnoxid som förekommer desto högre är järnhalten, och ju mer olivin/glas de innehåller desto högre är halten av kisel, aluminium, kalium och kalcium. Denna spridning (korrelerad) framgår tydligt i kemidiagrammen nedan. Det illustreras också tydligt i skillnaden mellan analys nummer 21 och 22 (enbart silikatfaser) och nummer 23–25 (med både oxid- och silikatfaser) som framgår av bilden från analysen (Fig. 70).

Innehållet av mangan varierar också, begränsat från några tiondels till några få procent (0,4–2 % MnO). Magnesium förekommer också som mest på likartad nivå (MgO), men även betydligt lägre, under detektionsnivån. Fosfor, vilket är noterat i det metalliska järnet, är också ett markant inslag i slagginneslutningarna med nivåer upp till ca 5 % (P_2O_5).

Samlade kemiska analyser – en jämförelse

Slaggerna i osmundar och stångjärn – några huvuddrag

För de bearbetade kemianalyserna som presenteras i tabellform i Bilaga 2, visas här ett urval binära diagram för att bättre illustrera några av de likheter och skillnader som beskrivs för respektive osmund, och för stångjärnet.

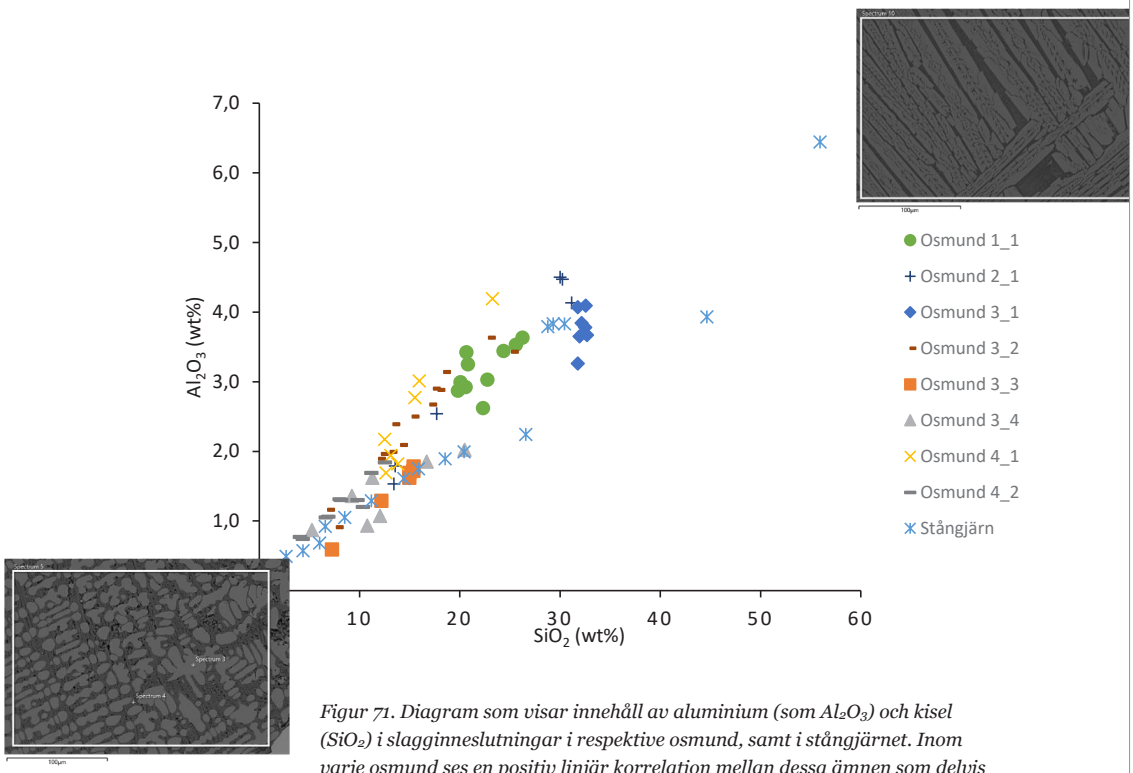
I de flesta osmundar utgörs den inneslutna slaggen tre faser (wüstit, olivin och ene glasfas) i något varierande proportioner. Dessa har analyserats var för sig (i punkter) i ett fåtal områden, men fokus har varit att analysera större områden för att få data för slaggens totalsammansättning. Totalanalyser har också gjorts i inneslutningar i olika delområden i respektive osmund när det har varit möjligt för att se om dessa är likartade eller skiljer sig från varandra.

Wüstiten (som teoretiskt är FeO) kan innehålla låga halter av mangan men även spår av titan, vanadin och kobolt om dessa ingår i totalsammansättningen. Mangan är vanligt förekommande i wüstit från järnframställning när manganförande malmer har använts. Innehåll av titan, vanadin och kobolt är mer sällsynt (se även diskussion om kobolthalt i metallen).

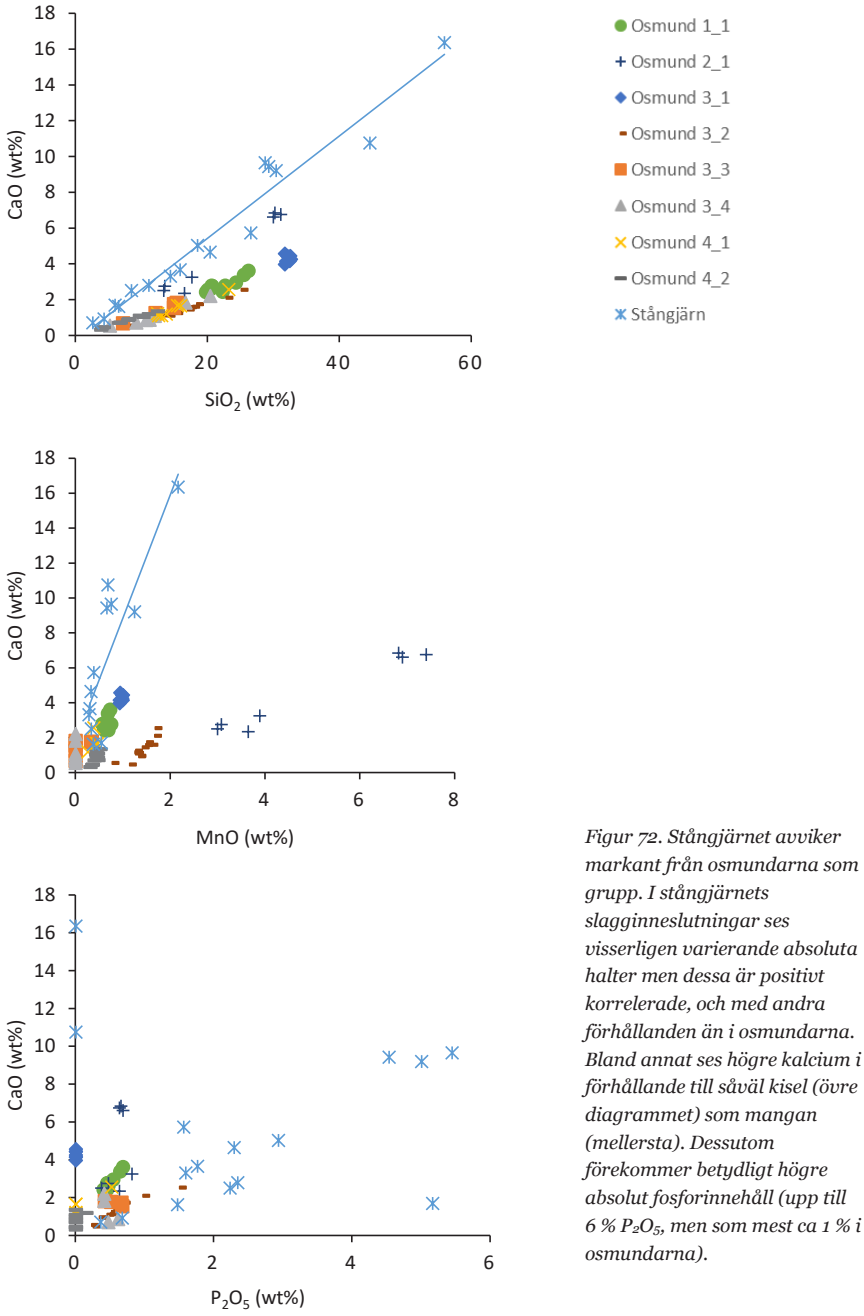
Olivinkristallerna är i allmänhet järnrika (fayalit-dominerade) med lägre, men varierande, halt av kalcium, magnesium, och mangan. Olivinen kan också innehålla fosfor och aluminium. Glasfasen bidrar, förutom med kisel, aluminium och kalcium, även med kalium, natrium och fosfor till totalsammansättningen. Även järn förekommer, men proportionellt i lägre halt än i olivin och wüstit.

De ytor (se t.ex. Fig. 18 och 28) som har analyserats (bulkanalyser) domineras i allmänhet av järn och kisel men proportionerna mellan dessa varierar något vilket också speglar den något heterogena fördelningen av wüstit och olivin samt olika mycket glasfas (som också bidrar med aluminium). Totalanalyserna visar därmed, som förväntat, högre järn- och lägre aluminium- och kiselhalt i inneslutningarna med alla tre faser (wüstit, olivin och glas), och omvänt i de med enbart olivin och glas (Fig. 71).

Stångjärnet avviker markant från osmundarna som grupp (Fig. 71–72). I stångjärnets slagginneslutningar ses visserligen varierande absoluta halter men dessa är positivt korrelerade och med andra förhållanden än i osmundarna. Bland annat ses högre kalcium i förhållande till såväl kisel som mangan. Dessutom förekommer betydligt högre absolut fosforinnehåll (upp till 6 % P_2O_5, men som mest ca 1 % i osmundarna). Fosfor är också uppmätt i låga halter i stångjärnets metall.



Figur 71. Diagram som visar innehåll av aluminium (som Al_2O_3) och kisel (SiO_2) i slagginneslutningar i respektive osmund, samt i stångjärnet. Inom varje osmund ses en positiv linjär korrelation mellan dessa ämnen som delvis illustrerar varierande proportioner mellan de ingående mineralen; t.ex. ju mer olivin och glasfas desto högre halt av de båda ämnena (upp mot högra hörnet). Proportionerna är dock inte identiska i alla osmundar utan varierar beroende på innehåll av andra ämnen (se följande figurer).



Figur 72. Stångjärnet avviker markant från osmundarna som grupp. I stångjärnets slagginneslutningar ses visserligen varierande absoluta halter men dessa är positivt korrelerade, och med andra förhållanden än i osmundarna. Bland annat ses högre kalcium i förhållande till såväl kisel (övre diagrammet) som mangan (mellersta). Dessutom förekommer betydligt högre absolut fosforinnehåll (upp till 6 % P_2O_5, men som mest ca 1 % i osmundarna).

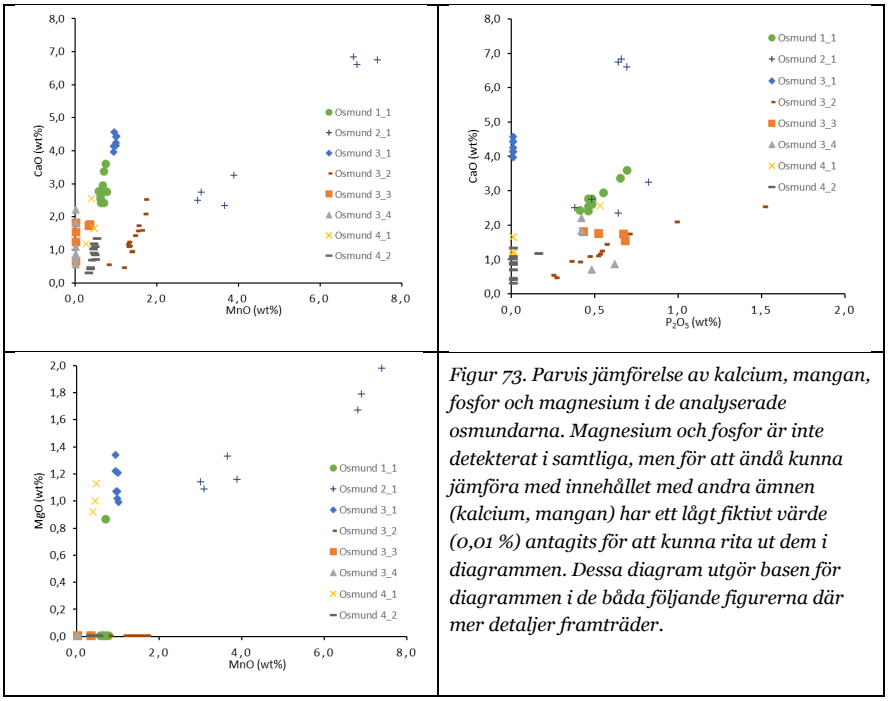
Mangan, magnesium och fosfor i slaggen särskiljer osmundarna
Mer intressant för att kunna relatera till råvara och/eller process är att jämföra innehållet och de inbördes förhållandena mellan t.ex. kalcium, mangan, magnesium och fosfor. Förekomst eller avsaknad av andra ämnen utgör möjlighet för att se om det finns likheter eller skillnader mellan osmundarna. Här måste man ha i åtanke att flera olika processer och material kan ha en effekt på deras kemiska sammansättning. Bland dessa är den järnmalm som har använts för den första smältningen, eventuella tillsatser (t.ex. kalk(sten)) under smältningen. Detta förutsätter dessutom att slaggen har blivit inkapslad i järnet under framställningsprocessen (en viss fördelning sker också av några av ämnena mellan metall och slagg). Slaggen kan också representera senare delar av förädlingsprocessen med andra tillsatser under t.ex. färskningen (t.ex. med återanvändning av annan slagg). Det innebär att slaggens kemiska sammansättning kan vara påverkad av flera olika moment och material. Inom ramen för denna undersökning har vi dock kunnat konstatera att det finns skillnader mellan osmundarna vad gäller förekomst och avsaknad av några viktiga huvudkomponenter, eller i de proportioner som de förekommer. Oavsett om slaggen representerar en eller fler olika komponenter borde det vara rimligt att osmundar som är tillverkade på samma plats, med samma råvaror, på snarlikt sätt och under samma tid (ungefär) kan förväntas ha likheter även i slaggen. Men, återigen framträder en varierad bild som tyder på att osmundarna inte kommer från en och samma produktionsplats, utan flera (många?) olika. Även osmundar som har legat i samma tunna tyder på flera olika tillverkningar. I diagrammen nedan (Fig. 73–75) illustreras detta.

Kalcium förekommer i samtliga osmundars slagginneslutningar, mangan i de flesta, medan magnesium och fosfor är mer sällsynt. Dessa ämnen förekommer också i olika proportioner och några olika grupper baserade på kemisk sammansättning kan urskiljas.

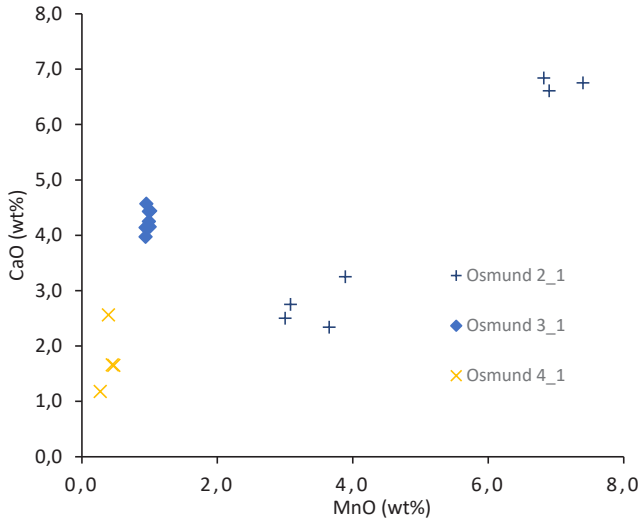
Magnesium är detekterat endast i tre av osmundarna (2:2, 3:1 och 4:1) och på snarlika nivåer på ca 1–1,5 % (som MgO). Dessa tre osmundar skiljer sig dock från varandra vad gäller kalcium (högre i 2:1 och 3:1) och mangan (högst i 2:1) samt förekomst av fosfor i 2:1 men varken i 3:1 eller 4:1 (Fig. 73–74).

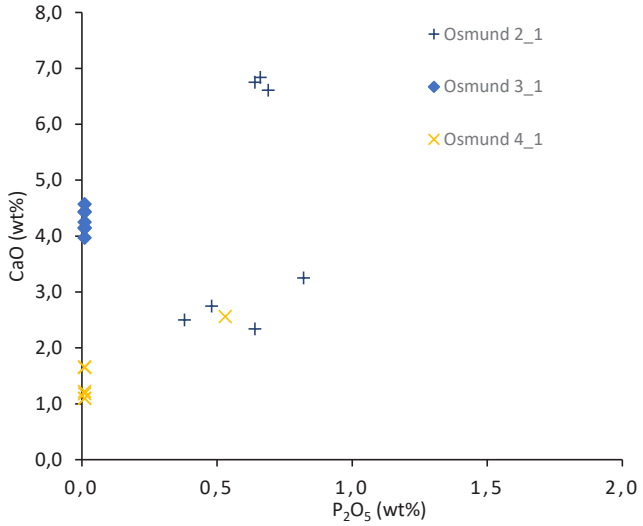
Bland övriga analyserade osmundar, saknar fem stycken magnesium, Men, bland dessa förekommer flera olika kombinationer av halterna av mangan, kalcium och fosfor (Fig. 73 och 75). Endast två av dem, 3:3 och 3:4, uppvisar större inbördes likheter, med motsvarande variation i kalcium samt avsaknad av fosfor, magnesium och mangan (eller mycket låga halter).

Dessutom kan noteras att osmund 7:3 inte innehåller någon slagg och kan därmed inte heller jämföras ur detta perspektiv.

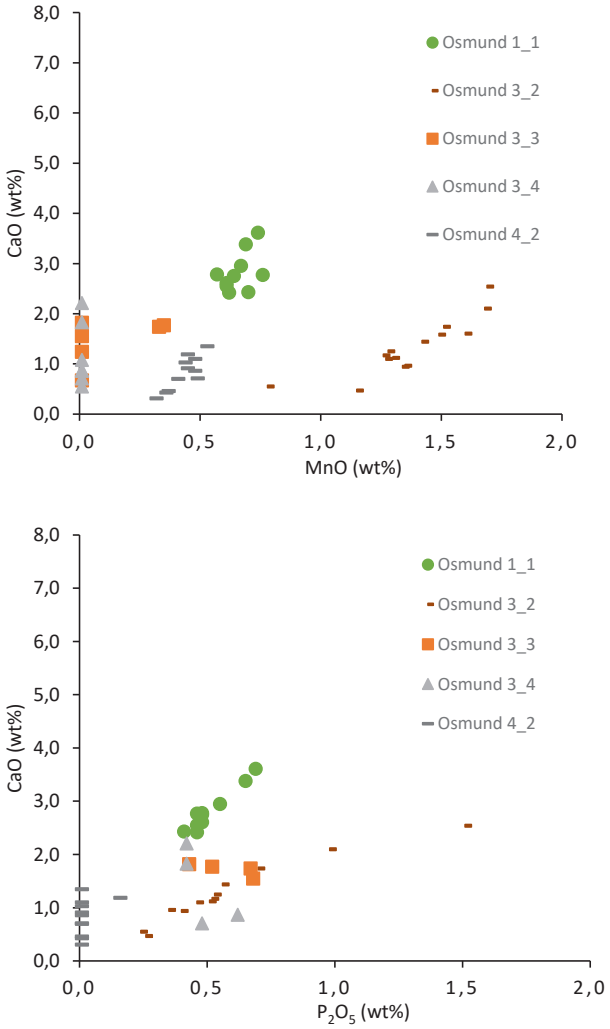


Figur 73. Parvis jämförelse av kalcium, mangan, fosfor och magnesium i de analyserade osmundarna. Magnesium och fosfor är inte detekterat i samtliga, men för att ändå kunna jämföra med innehållet med andra ämnen (kalcium, mangan) har ett lågt fiktivt värde (0,01 %) antagits för att kunna rita ut dem i diagrammen. Dessa diagram utgör basen för diagrammen i de båda följande figurerna där mer detaljer framträder.





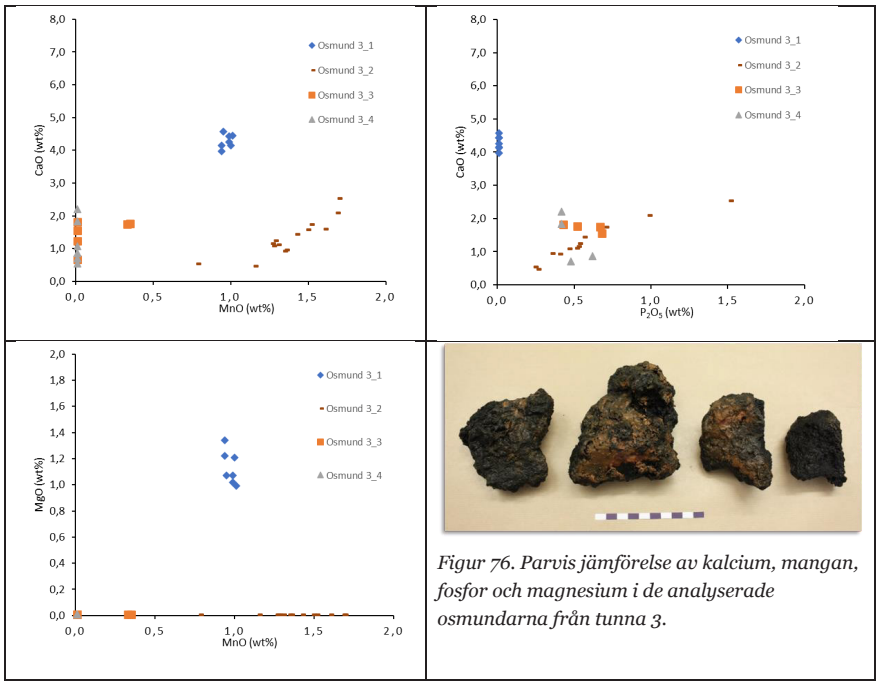
Figur 74. Parvis jämförelse av kalcium, mangan och fosfor i de tre osmundar som innehåller magnesium. Dessa tre skiljer sig dock från varandra vad gäller kalcium (högre i 2:1 och 3:1) och mangan (högst i 2:1) samt förekomst av fosfor i 2:1 men varken i 3:1 eller 4:1.



Figur 75. Parvis jämförelse av kalcium, mangan och fosfor i de fem osmundar som saknar magnesium. Bland dessa finns flera olika kombinationer av mangan, kalcium och fosfor. Endast två av dem, 3:3 och 3:4, uppvisar större inbördes likheter, med motsvarande variation i kalcium samt avsaknad av fosfor, magnesium och mangan (eller mycket låga halter).

Tunna 3 som exempel

Från tunna 3 är samtliga fyra osmundar analyserade och dessa visar att det även inom en och samma tunna finns variation. Visserligen är nr 3:3 och 3:4 de som är mest lika varandra vad gäller slaggens sammansättning (utan mangan, magnesium och fosfor) och därmed finns en möjlighet till samhörighet vad gäller tillverkning. De båda andra däremot, nr 3:1 och 3:2, avviker från dessa såväl som inbördes, då 3:1 saknar fosfor, men innehåller både mangan och magnesium, medan 3:2 innehåller fosfor och mangan (högre) och men saknar magnesium (Fig. 76). Även det metalliska järnet visar skillnader där 3:1 och 3:3 huvudsakligen är lågkolhaltigt (och homogent), medan de båda andra, 3:2 och 3:4, är heterogena och varierar från lågkolhaltigt till högkolhaltigt stål. Vad gäller spårämnen är de generellt rena; endast låga halter av fosfor är detekterat i 3:2, men inte i någon av de andra tre.



Figur 76. Parvis jämförelse av kalcium, mangan, fosfor och magnesium i de analyserade osmundarna från tunna 3.

Som vi noterat tidigare är osmundarna från tunna 3 också mycket varierande vad gäller form och storlek varför det i dagsläget inte finns någon väldefinierad typisk osmund som representerar tunna 3. Resultaten i denna studie tyder snarare på att det finns samma grad av variation inom tunnan, som mellan tunnorna. Ytterligare analyser kan naturligtvis komma att förändra en sådan preliminär bild.

Sammanfattning och diskussion

Variation i storlek och vikt

De femton osmundar, från fem olika tunnor, som har studerats och analyserats uppvisar stor variation ur många aspekter. Variationen ses i hela materialet såväl som inom respektive tunna. Urvalet från osmundskeppet som är mer eller mindre slumpmässigt gjorda gör det svårt att bedöma hur representativa osmundarna är vare sig per tunna eller som helhet. Variationen är överensstämmer med den tidigare kunskapen som finns om osmundar (t.ex. Wallander 2018 med omfattande inventering). Den observerade spännvidden i vikt i detta begränsade material från ca 265 gram till nästan 900 gram uppvisar snarare en minsta lika stor variation som tidigare har presenterats för osmundar i allmänhet, där ca 300 gram vanligen anges som standardvikt (t.ex. Wallander 2018 och referenser däri).

Variation i form

Även deras former uppvisar stor variation med alltifrån rektangulär, långsmala, eller tämligen väldefinierade triangelformade med tydliga kanter till mer oregelbundna. Någon tydlig koppling mellan form och/eller vikt och järnets eller den inneslutna slaggens sammansättning har inte kunnat definieras, men med tanke på det begränsade urvalet ur respektive kategori är det troligen inte rimligt att göra en sådan utvärdering – snarare är det variationen ur flera aspekter som är påtaglig och intressant i ett större perspektiv.

Variation i metallkvalité

De metallografiska analyserna visar också en variation i järnets sammansättning. Här kan dock en del olika varianter urskiljas. Många av osmundarna är heterogena i kvalité, med ojämn fördelning av hålrum och slagg, men också metallens sammansättning med varierande kolhalt. Det är vanligt med en övergång från ett järn med låg kolhalt (eller i det närmaste kolfritt) till ett järn (stål) med högre kolhalt. I några enstaka finns en tydlig gräns mellan de båda delarna, i andra finns en övergångszon med kontinuerligt ökande kolhalt. Ett fåtal av de analyserade osmundarna är dock mer homogena, åtminstone i de utvalda provdelar som har analyserats. En av osmundarna (3:3) är ett homogent lågkolhaltigt järn, medan två andra av de homogena i stället har högre kolhalt (4:1 och 7:3).

De övergripande resultaten med heterogen sammansättning inom respektive osmund överensstämmer därmed med den allmänna bild som har presenterats tidigare (se inledningen) för bl.a. osmundar funna på produktionsplatser såväl som från kloster- och stadskontexter.

Ett drag som dock är mer genomgående för järnets sammansättning är avsaknaden av andra (spår)ämnen i de flesta av dem. I de genomförda EDS-analyserna har fosfor detekterats i ett fåtal av osmundarna. Möjligen förekommer också kobolt i några av dem, men där är förekomsten, och i så fall även halten, oklar och kan behöva bekräftas av andra analysmetoder med lägre (dvs. bättre)

detektionsnivå. Eventuell koboltförekomst bör i så fall knytas till den använda järnmalmen och dess koboltinnehåll.

Ytterligare ett gemensamt drag hos de undersökta osmundarna är att de inte är bearbetade i någon större omfattning. Detta framgår bl.a. av de oregelbundet formade, och delvis stora hålrummen. I flera av dem finns också större, och oregelbundet formade slagginneslutningar som ytterligare tydliga tecken på avsaknad av utsmidning och bearbetning. Några inneslutningar visar dock antydan till deformation (i varmt tillstånd), troligen i samband med upphuggning och delning.

Tabell 2. Kortfattad sammanställning av resultaten för de analyserade osmundarna som tar upp förekomst av hålrum och slagg, slaggens sammansättning samt järnets sammansättning och variation (i struktur 1–3). Förkortningar: ol = olivin, wu = wüstit, gl = glasfas, mt = magnetit, ferr = ferrit, perl = perlit.

Nr	Vikt (g)	Hålrum	Slaggförekomst	Slagg-sammansättning	Struktur 1	Struktur 2	Struktur 3
1:1	650	Stor mängd	Slagg i ytterkant. Endast begränsat i mer centrala delar	Ol, wu, gl	Högkolhaltigt 0,8 %(+)	Övergång perl + ferr	Låg kol (ferrit + cementit)
2:1	326	Varierat	Sporadiskt	Wu, gl (ol, gl)	Lågkol (kolfritt)	Övergångszon	Högkolhaltigt 0,8 %(+)
3:1	504	Varierat	Sporadiskt	Ol, gl (mt)	Lågkol (kolfritt)	Högkolhaltigt 0,8 %(+)	
3:2	898	Stor mängd	Slagg i ytterkant. Endast begränsat i mer centrala delar	Wu, ol, gl	Lågkol (kolfritt)	Övergångszon	Högkolhaltigt 0,8 %(+)
3:3	403	Varierat	I flera koncentrationer	Wu, ol, gl	Lågkol (kolfritt)	-	-
3:4	298	Liten mängd	Något runt hålrum, nära anslutning till kanter, oftast små	Wu, ol, gl	Lågkol (kolfritt)	Högkolhaltigt 0,8 %	
4:1	288	Stor mängd	Slagg i ytterkant. Endast begränsat i mer centrala delar	Wu, ol, gl	Högkolhaltigt 0,8 %(+)	-	-
4:2	473	Varierat	Rikligt i anslutning till kanterna	Wu, ol, gl	Kolfritt (enbart ferrit)	Övergångszon	Högkolhaltigt 0,8 %
7:3	387	Varierat	Ingen slagg! (?)	-	Högkolhaltigt 0,8 %(+)	Övergång perl + ferr	

Variation i slaggsammansättning

Motsvarande variation som har noterats i form, vikt och metallsammaansättning ses också i den inneslutna slaggens sammansättning. Som diskuterats i de detaljerade resultaten visar totalanalyserna, som förväntat, högre järn- och lägre aluminium- och kiselhalt i inneslutningarna med alla tre faser (wüstit, olivin och glas), och omvänt i de med enbart olivin och glas.

Förekomst eller avsaknad av andra ämnen kan vara av större intresse för att jämföra osmundarna och se om det finns likheter eller skillnader. Här måste man ha i åtanke att flera olika procsser och material kan ha en effekt på deras kemiska sammansättning. Bland dessa finns de

järnmalmer som har använts för den första smältningen, eventuella tillsatser (t.ex. kalk(sten)) under smältningen. Detta förutsätter dessutom att slaggen har blivit inkapslad i järnet under framställningsprocessen (en viss fördelning sker också av olika ämnen mellan metall och slagg). Slaggen kan också representera senare delar av förädlingsprocessen med andra tillsatser under t.ex. färskningen (t.ex. med återanvändning av annan slagg). Det innebär att slaggens kemiska sammansättning kan vara påverkad av flera olika moment och material. Inom ramen för denna undersökning har vi dock kunnat konstatera att det finns skillnader mellan osmundarna vad gäller förekomst och avsaknad av några viktiga huvudkomponenter, eller i de proportioner som de förekommer. Oavsett om slaggen representerar en eller fler olika komponenter borde det vara rimligt att osmundar som är tillverkade på samma plats, med samma råvaror, på snarlikt sätt och under samma tid (ungefär) kan förväntas ha likheter även i slaggen. Men, återigen framträder en varierad bild som tyder på att osmundarna inte kommer från en och samma produktionsplats, utan flera (många?) olika. Även osmundar som har legat i samma tunna tyder på flera olika tillverkningar.

I diagrammen (Fig. 73–76) illustreras detta. Bland annat framträder en skillnad vad gäller förekomst av magnesium (påvisat endast i ett fåtal), proportionen mellan mangan och kalcium, samt fosforinnehåll.

Tabell 3. Sammanställning av kemidata för slagginneslutningar i osmundarna. För kalcium (Ca) och mangan (Mn) har förekomst (godtyckligt) delats in i hög (H), medelhög (M) och låg (L) halt (olika nivåer för respektive ämne). För magnesium (Mg) och fosfor (P) noteras förekomst (x) respektive avsaknad (-). I kolumnen Slagg återges slaggens mineralinnehåll, och i Metall, återges schematiskt järnets sammansättning (mer detaljer för detta finns i Tabell 2). De olika nivåerna har färgmarkerats för att illustrera den varierade bild som framträder totalt sett.

Osmund	*Ca*	*Mn*	*Mg*	*P*	*Slagg*	*Metall*
Osm 1:1	**M**	**L**	**-**	**x**	Ol, wu, gl	Hög - låg C
Osm 2:1	**H**	**H**	**x**	**x**	Wu, gl (ol, gl)	Låg - hög C
Osm 3:1	**H**	**M**	**x**	**-**	Ol, gl (mt)	Låg - hög C
Osm 3:2	**L**	**M**	**-**	**x**	Wu, ol, gl	Låg - hög C
Osm 3:3	**L**	**-**	**-**	**x**	Wu, ol, gl	Hom låg C
Osm 3:4	**L**	**-**	**-**	**x**	Wu, ol, gl	Låg - hög C
Osm 4:1	**L**	**L**	**x**	**-**	Wu, ol, gl	Hom hög C
Osm 4:2	**L**	**L**	**-**	**-**	Wu, ol, gl	Låg - hög C
Osm 7:3					Ingen slagg	Hom hög C

Stångjärnet

Osmundarna i denna studie har påvisat stor heterogenitet och variation ur många aspekter. Som grupp är de dock tydligt åtskilda från stångjärnet. Detta enda analyserade stångjärn uppvisar en tydlig struktur till följd av omfattande bearbetning, till skillnad från i osmundarna. Stångjärnets långsträckta form ses också markant i de tvär-, längd- och plansnitt som har analyserats metallografiskt. Tunna, långsträckta slagginneslutningar, i väldefinierade tunna stråk, följer stångjärnets utbredning. Inneslutningarnas form och utbredning visar därmed, inte oväntat, att de har dragits ut främst längs med stångjärnets långsida.

Metallen i stångjärnet är betydligt homogenare än i osmundarna och utgörs till stora delar av ett kolfritt järn, endast ställvis längs ytterkanten finns en något förhöjd kolhalt. De kemiska analyserna har också påvisat ett innehåll av fosfor i metallen. Även den inneslutna slaggen har ett påtagligt fosforinnehåll.

Slaggen skiljer sig också i övrigt från den i osmundarna bl.a. vad gäller proportioner mellan några av huvudämnena med högre kalcium i förhållande till kisel (Fig. 71–72) som också tyder på att det har en annan tillverkningshistoria än osmundarna.

Potential för framtida studier

Denna inledande analys av ett urval av osmundar från flera tunnor i skeppet har tydligt påvisat en stor variation i materialet. Dels gäller det järnkvalité med både mjukare järn och hårdare stål i de flesta av osmundarna – en ojämnhet som överensstämmer med flera tidigare liknande studier. Variationen omfattar också form, storlek och vikt.

Analyserna har också påvisat en stor variation i kemisk sammansättning i den inneslutna slaggen – även markanta skillnader mellan osmundar från samma tunna. De kemiska skillnader som har observerats är en viktig bas som ger möjlighet för kommande, jämförande studier att försöka identifiera produktionsplatserna, eller alternativt utesluta några av de som är kända. Förutsättningar finns därmed för att relatera dessa nya resultat med ett jämförelsematerial där motsvarande typer av analysdata finns. I inledningen presenterades ett urval av dessa med exempel på enstaka fynd från spridda miljöer såväl som mer samlade fynd från produktionsplatser. De grupperingar med kemiska signaturer som har lyfts fram i denna studie har även potential att jämföras med råvaror – järnmalmer – i olika järnproducerande områden och de kemiska signaturer som karaktäriserar dessa.

Jämförelse med osmundar funna på andra platser blir också ett viktigt steg i kommande studier för att ytterligare bygga upp en större kunskapsbas för järnproduktionen under denna tid. Som led i detta är det också viktigt att sätta in resultaten i ett ännu större sammanhang, något som också sker inom Jernkontorets nu pågående projekt *Baltic Metal Trade Network*.

Referenser

Buchwald, V. F. 2003. Bloomery Iron, Osmund Iron, Fined Iron and Puddled Iron. I: *Prehistoric and Medieval Direct Iron Smelting in Scandinavia and Europe. Aspects of Technology and Society*. Proceedings of the Sandbjerg Conference 1999. Red. Nørbach, L. Acta Jutlandica LXXVI:2 Humanities Series 75, Aarhus University press, 171–175.

Buchwald, V. F. 2008. Iron, steel and cast iron before Bessemer. Historisk-filosofiske Skrifter 32, Köpenhamn.

Crew, P. 2015. Osmund from the perspective of the English sources. I: Järnet och Sveriges medeltida modernisering. Jernkontorets bergshistoriska skriftserie 48 s. 151–189. Stockholm.

Grandin, L. 2019. Medeltida järnfynd i Jönköpings stad. Analys av osmundar och andra ämnesjärn. Jönköpings län, Småland, Jönköpings kommun, Jönköpings stad RAÄ 50. GAL RAPPORT 2019:04. *Geoarkeologisk undersökning. Statens historiska museer. Arkeologerna*. Uppsala.

Helén, A., Hansson, J., Karlsson, C., Wallander, A., Magnusson, G., Eliasson, A. & Wärmländer, S. K.T.S. 2021. Ett skepp kommer lastat. Metallurgisk identifiering av osmundjärn funnet i ett skeppsvrak från 1500-talet i Stockholms skärgård. 2021. Fornvännen Vol. 116, nr 1, s. 74–77. Kungl. Vitterhets Historie och Antikvitets Akademien, Stockholm.

Larsson, F. och Fischbein, E. 2021. Metallurgical analysis of some osmund iron from Sweden and Estonia. A short historical review of medieval iron production and export. Degree project in technology, 33 pp, KTH Royal Institute Of Technology, Stockholm, Sweden TRITA ITM-EX 2021:282.

Kresten, P. 2000. Slag inclusions and provenancing: Examples from Lapphyttan, Sweden. Paper presented at the conference on "Founders, Smiths and Platers" at Oxford, September 1999. *Geoarchaeological Laboratory, Research Report* R6-2000. Uppsala.

Modin, H., Modin, S. & Ser4ning, I. 1985. Lapphyttan – An example of medieval iron production. Medieval Iron in Society, 21-57, Jernkontorets forskning, H34.

Ogenhall, E. & Hjärthner-Holdar, E. 2015. Metallhantverk vid Slussen. Analys av järn och slagg från ett medeltida metallhantverksområde på Södermalmstorg. Stockholms län, Stockholms stad, Stockholms socken. Södermalmstorg 7:83, Stockholm 103:1. AU GAL Rapport 2015:05. *Geoarkeologisk undersökning. Statens historiska museer. Arkeologerna. Arkeologiska uppdragsverksamheten. Geoarkeologiskt Laboratorium*. Uppsala.

Wallander, A. 2015. Osmundar i svenskt arkeologiskt material. I: Järnet och Sveriges medeltida modernisering. Jernkontorets bergshistoriska skriftserie 48 s.115–149. Stockholm.

Wallander, A. 2018. Osmundjärn. Inventeringar och analyser av osmundar från arkeologiska undersökningar i Sverige. *Jernkontorets Bergshistoriska utskott H8*4. Stockholm.

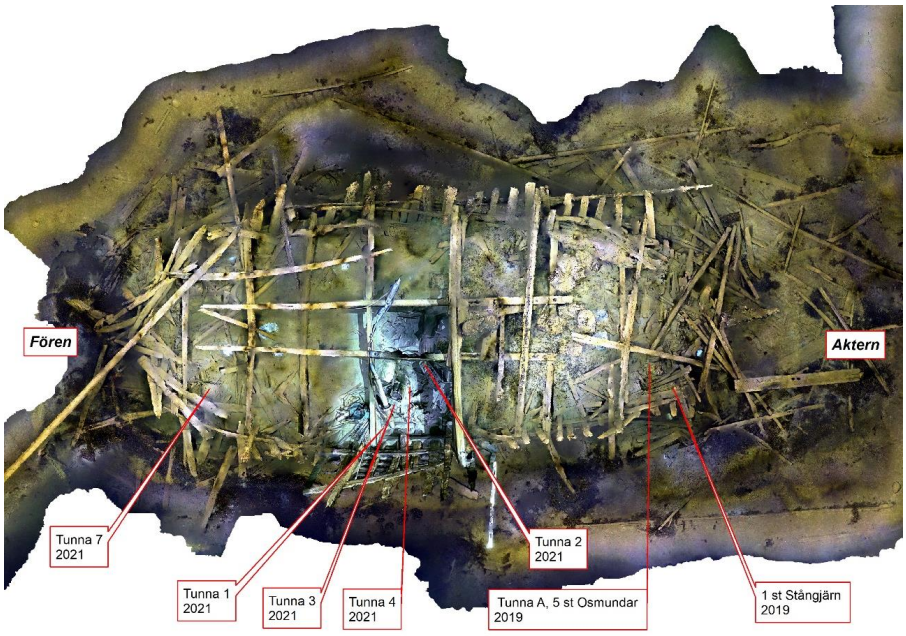
Administrativa uppgifter

SHMM:s dnr: 5.1.5-00213-2022.
Länsstyrelsens dnr: 431-46427-2021.
SMTM dnr: 5.3.1–2021-803.
SHMM:s projektnr: 720614792.
Projektgrupp: Lena Grandin.
Underkonsulter: Naturhistoriska riksmuseet (kemiska analyser, EDS).
Foto: Lena Grandin, om inget annat anges.

Bilagor

Bilaga 1. Plan över tunnornas placering i Osmundskeppet

Planen tillhandahållen av Jim Hansson, SMTM, visar placeringen av det stångjärn och de tunnor varifrån osmundar har analyserats i denna studie. Från tunna A finns tidigare osmundanalyser (se referenser i texten).



Bilaga 2. Kemidata

Resultat från EDS-analyser (mer detaljer i metodtext) genomförda vid Naturhistoriska Riksmuseet i Stockholm. Analyser är gjorda i punkter eller större ytor i metall respektive slagg på de polerade ytor som har analyserats metallografiskt.

För slagganalyserna presenteras bulkdata (från ytor). Slaggerna innehåller wüstit (wu), olivin (ol) och en glasfas (gl) vilka redovisas i fallande ordning efter den mängd de förekommer. Analyser i respektive fas finns samlade i databas hos Arkeologerna.

Värden anges med 2 decimalers noggrannhet men eftersom halterna kan variera på korta avstånd och därmed påverkas av val av analysyta och bör därmed användas med mindre noggrannhet.

Låga totalsummor (i fåtal analyser) kan antyda en sekundär påverkan eller håligheter, men analyserna har tagits med ändå för att få en insyn i eventuell variation i slaggen. Lägre summor i analyserna av det metalliska järnet tyder på ett innehåll av kol (som ej kan kvantifieras med den använda metoden).

Tomma celler visar att ämnet inte är detekterat i analysen. De redovisade halterna för kobolt är något osäkra. Detta på grund av att den starka linjen för kobolt i analysspektrat överlappas av en järnlinje. Den senare är dock något osymmetrisk i de mätpunkter där kobolt är kvantifierat, varför det är troligt att kobolt förekommer.

Tunna	Prov	Anm.	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	V_2O_5	MnO	FeO	CoO	Total
	Stångjärn	wu (ol/gl)			0,92	6,57	1,48		0,19	1,62			0,38	87,02		98,19
	Stångjärn	wu (ol/gl)			1,05	8,53	2,24		0,39	2,5			0,34	85,25		100,3
	Stångjärn	wu dom			0,49	2,68	0,37			0,70				92,47		96,71
	Stångjärn	wu dom			1,29	11,17	2,35		0,28	2,79				83,90		101,8
	Stångjärn	wu, ol (gl)			1,89	18,54	2,94		0,52	5,02				66,50		95,41
	Stångjärn	ol (gl)		1,93	3,83	30,45	5,01		2,15	9,20	0,24		1,25	46,24		100,3
	Stångjärn	ol, gl			3,83	29,31	4,54	0,33	1,38	9,43			0,67	49,87		99,38
	Stångjärn	ol, gl		0,79	3,79	28,78	5,45		1,61	9,65			0,76	46,80		97,64
	Stångjärn	wu, ol			1,61	14,43	1,60		0,62	3,31			0,29	77,49		99,35
	Stångjärn	wu, ol			1,75	15,89	1,77		0,62	3,66			0,31	76,39		100,4
	Stångjärn	ol, wu			1,99	20,43	2,30		0,83	4,65			0,33	71,78		102,3
	Stångjärn	wu (ol)			0,57	4,37	0,68			0,92				94,07		100,6
	Stångjärn	wu											0,37	97,87		98,24
	Stångjärn	wu, ol (gl)			2,24	26,59	1,57		1,01	5,73			0,39	59,38		96,91
	Stångjärn	gl	0,60	0,91	3,93	44,64			1,68	10,75			0,69	28,84		92,04
	Stångjärn	wu (ol)			0,68	6,03	5,17		0,25	1,69			0,55	86,29		100,7
	Stångjärn	gl	1,05	3,03	6,44	55,95			2,67	16,35	0,28		2,17	9,77		97,71
1	Osm 1_1	wu, ol, gl			3,42	20,66	0,48		0,83	2,78	0,19	0,18	0,57	70,74		99,85
1	Osm 1_1	wu, ol, gl			2,99	20,07	0,46		0,68	2,55		0,26	0,61	72,48	0,39	100,5
1	Osm 1_1	wu, ol, gl			3,03	22,74	0,46		0,63	2,77	0,16	0,16	0,76	66,99		97,72
1	Osm 1_1	wu, ol, gl			2,92	20,58	0,48		0,82	2,61			0,61	67,90	0,35	96,27
1	Osm 1_1	wu, ol, gl			3,25	20,80	0,48		0,79	2,75	0,16	0,22	0,64	69,62		98,69
1	Osm 1_1	wu, ol, gl			2,87	19,82	0,46		0,68	2,42			0,62	69,10		95,99
1	Osm 1_1	ol, gl, wu			3,44	24,36	0,55		0,82	2,95			0,67	66,51		99,3
1	Osm 1_1	ol, gl, wu		0,87	2,62	22,33	0,41		0,62	2,43			0,7	67,32	0,42	97,72
1	Osm 1_1	ol, gl, wu			3,53	25,58	0,65	0,22	0,90	3,38	0,22	0,19	0,69	64,12		99,47
1	Osm 1_1	ol, gl, wu			3,63	26,25	0,69		0,97	3,61	0,16		0,74	60,55		96,59
2	Osm 2_1	wu, ol, gl		1,14	1,53	13,43	0,38		0,32	2,50			3,00	75,93		98,23
2	Osm 2_1	wu, ol, gl		1,09	1,79	13,55	0,48		0,32	2,75			3,08	74,37		97,43
2	Osm 2_1	wu, ol, gl		1,33		16,57	0,64		0,25	2,34			3,65	70,28		95,05
2	Osm 2_1	wu, ol, gl		1,16	2,54	17,7	0,82		0,44	3,25			3,89	68,48		98,28
2	Osm 2_1	ol, gl		1,98	4,13	31,15	0,64	0,21	0,88	6,75			7,40	44,96		98,11
2	Osm 2_1	ol, gl		1,79	4,50	30,01	0,69	0,20	0,92	6,61			6,90	45,12		96,74
2	Osm 2_1	ol, gl		1,67	4,47	30,24	0,66	0,19	0,98	6,84			6,82	44,00		95,87
3	Osm 3_1	ol, gl	0,98	1,07	3,67	32,70			0,99	4,25	0,29		0,99	56,37		101,3
3	Osm 3_1	ol, gl		1,21	3,78	32,52			1,02	4,15			1,00	56,77		100,5
3	Osm 3_1	ol, gl		1,34	3,65	31,95			0,96	4,14			0,94	56,63		99,61
3	Osm 3_1	ol, gl	1,22	0,99	3,84	32,15			0,93	4,44			1,01	56,51		101,1
3	Osm 3_1	ol, gl	1,14	1,22	3,26	31,76			0,81	3,97			0,94	57,96		101,1
3	Osm 3_1	ol, gl	1,18	1,07	4,07	31,77			1,03	4,57			0,95	56,16		100,8
3	Osm 3_1	ol, gl	1,15	1,02	4,09	32,57			1,01	4,43			0,99	56,1		101,4
3	Osm 3_2	ol, wu, gl			3,14	18,42	0,70	0,20	0,78	1,74			1,51	72,63		99,11
3	Osm 3_2	wu, ol, gl			2,88	17,84	0,67	0,21	0,72	1,60			1,60	74,95	0,45	100,9
3	Osm 3_2	wu, ol, gl			1,96	12,21	0,35		0,42	0,96	0,13		1,35	86,53	0,53	104,4
3	Osm 3_2	gl, ol			3,43	25,19	1,51	0,27	1,00	2,54			1,69	62,05		97,68
3	Osm 3_2	wu, ol, gl			1,16	6,83	0,26		0,27	0,47		0,13	1,15	77,94		88,21
3	Osm 3_2	wu, ol, gl			1,99	13,06	0,51		0,49	1,12			1,3	74,72		93,2
3	Osm 3_2	ol, wu, gl			2,67	17,02	0,56		0,61	1,44			1,42	75,38		99,47
3	Osm 3_2	wu, ol, gl			0,91	7,71	0,24		0,19	0,55			0,78	83,72		94,1
3	Osm 3_2	ol, gl (wu)			3,63	22,87	0,98	0,32	0,86	2,10			1,68	66,92	0,43	99,79
3	Osm 3_2	ol, wu, gl			2,09	14,12	0,46	0,19	0,48	1,10			1,27	69,02		88,72
3	Osm 3_2	wu, ol, gl			2,50	15,28	0,53		0,53	1,25			1,28	70,95	0,45	92,78
3	Osm 3_2	wu, ol, gl			1,89	11,92	0,40		0,42	0,94			1,34	85,55		102,5
3	Osm 3_2	ol, wu, gl			2,90	17,39	0,67		0,72	1,58			1,49	71,66		96,4
3	Osm 3_2	wu, ol, gl			2,39	13,36	0,52	0,15	0,54	1,17			1,26	76,86		96,25
3	Osm 3_3	wu, ol (gl)			1,62	14,96	0,68		0,35	1,55				84,88		104,05
3	Osm 3_3	wu, ol (gl)			1,72	15,36	0,52		0,41	1,77			0,35	85,89		106
3	Osm 3_3	wu, ol (gl)			1,69	14,96	0,67		0,41	1,74			0,33	81,74	0,69	102,2
3	Osm 3_3	wu, (ol, gl)			0,59	7,24				0,67				91,93		100,4
3	Osm 3_3	wu, ol (gl)			1,29	12,18			0,26	1,24				84,36		99,33
3	Osm 3_3	wu, ol (gl)			1,78	15,4	0,43		0,44	1,82				81,16		101
3	Osm 3_4	wu, ol (gl)			1,85	16,71	0,42		0,36	1,83				80,66		101,8
3	Osm 3_4	wu, ol (gl)			1,07	12,06			0,21	1,08				86,27	0,58	101,3
3	Osm 3_4	wu, ol (gl)			0,93	10,78				0,86				87,72		100,3
3	Osm 3_4	ol, wu, gl			2,02	20,49	0,42		0,40	2,21				75,21		100,7
3	Osm 3_4	wu (ol, gl)			0,87	5,25				0,55				93,79		100,5
3	Osm 3_4	wu, ol (gl)			1,62	11,29	0,62		0,27	0,87				86,09		100,8
3	Osm 3_4	wu, ol (gl)			1,36	9,25	0,48		0,30	0,71				90,04	0,68	102,8
4	Osm 4_1	ol, wu (gl)			1,82	13,8			0,29	1,18			0,27	79,85		97,21
4	Osm 4_1	wu, ol (gl)		0,94	1,94	13,11			0,19	1,10				80,72		97,99
4	Osm 4_1	wu, ol (gl)		0,98	1,69	12,63			0,24	1,10				80,24	0,62	97,51
4	Osm 4_1	wu, ol (gl)		1,00	2,77	15,52			0,53	1,66			0,45	78,73		100,7
4	Osm 4_1	ol, gl, wu	1,12	0,92	4,19	23,27	0,53	0,29	0,79	2,56			0,39	67,65		101,7
4	Osm 4_1	wu, ol (gl)		1,01	2,17	12,5			0,36	1,22				81,95		99,2
4	Osm 4_1	ol, wu (gl)		1,13	3,01	15,96			0,51	1,65			0,47	77,42		100,1
4	Osm 4_2	wu, ol, gl			1,30	8,16			0,22	0,91			0,45	87,44	0,47	98,95
4	Osm 4_2	wu, ol, gl			1,31	8,01			0,2	0,86			0,48	87,99	0,59	99,44
4	Osm 4_2	wu, ol, gl			1,06	6,89			0,15	0,71			0,49	91,16		100,5
4	Osm 4_2	wu, ol, gl			1,69	11,18	0,16		0,31	1,19			0,45	86,65		101,6
4	Osm 4_2	wu, ol, gl			1,84	12,53			0,35	1,35			0,53	87,88	0,52	105
4	Osm 4_2	wu, ol, gl			1,05	6,64			0,16	0,7			0,41	85,11	0,41	94,49
4	Osm 4_2	wu, ol, gl			0,77	4,06			0,09	0,43			0,36	81,70		87,4
4	Osm 4_2	wu, ol, gl			0,74	4,33			0,09	0,46			0,37	78,54		84,52
4	Osm 4_2	wu, ol, gl			1,30	9,79			0,20	1,10			0,48	83,81	0,46	97,16
4	Osm 4_2	wu, ol, gl			1,20	10,34			0,17	1,03			0,44	81,7	0,49	95,37
4	Osm 4_2	wu, ol, gl				3,96				0,31			0,32	88,88		93,47

Resultat från EDS-analyser. Slagganalyser vilka presenteras som bulkdata (från ytor). Slaggerna innehåller wüstit (wu), olivin (ol) och en glasfas (gl) vilka redovisas i fallande ordning efter den mängd de förekommer.

Resultat från EDS-analyser av det metalliska järnet. 1(2).

Tunna	Prov	An nr	P	S	O	Cl	Si	Fe	Co	Total
	Stångjärn	1						98,85		98,85
	Stångjärn	13						100,28		100,28
	Stångjärn	14						98,58		98,58
	Stångjärn	19	0,21					99,23		99,44
	Stångjärn	20	0,23					98,86		99,09
	Stångjärn	26						97,8		97,8
	Stångjärn	27						99,12		99,12
	Stångjärn	35						100,06		100,06
	Stångjärn	36						97,9		97,9
	Stångjärn	37						101,3		101,3
	Stångjärn	38						100,28		100,28
	Stångjärn	39						99,69		99,69
	Stångjärn	45						98,15		98,15
1	Osm 1_1	3					0,09	99,34		99,43
1	Osm 1_1	4					0,07	97,01		97,09
1	Osm 1_1	24	0,2					98,37		98,57
1	Osm 1_1	25			2,02			98,64		100,66
1	Osm 1_1	26			1,79			97,11		98,89
1	Osm 1_1	27						98,61		98,61
1	Osm 1_1	28			1,84		0,09	95,04	0,48	97,46
1	Osm 1_1	29						99,55		99,55
1	Osm 1_1	30						98,57		98,57
1	Osm 1_1	31		0,08	1,92		0,09	99,26		101,36
1	Osm 1_1	32			1,48		0,09	94,77		96,34
1	Osm 1_1	33						96,83		96,83
1	Osm 1_1	34					0,12	96,15	0,52	96,79
1	Osm 1_1	35	0,68					97,22		97,89
1	Osm 1_1	36	0,14					98,17		98,31
1	Osm 1_1	37	11,02	0,33				85,79	0,47	98,2
1	Osm 1_1	38	0,57					96,65		97,22
1	Osm 1_1	39						97,07		97,07
1	Osm 1_1	40			2,04		0,08	97,01	0,53	99,65
1	Osm 1_1	41						98,48		98,48
1	Osm 1_1	42			1,54	0,08		98,49		100,11
2	Osm 2_1	1						99,28		99,28
2	Osm 2_1	2						98,35		98,35
2	Osm 2_1	3					0,09	97,27		97,36
2	Osm 2_1	4						94,08		94,08
2	Osm 2_1	5					0,1	100,25		100,35
2	Osm 2_1	6						97,98		97,98
2	Osm 2_1	7					0,11	96,58	0,43	97,11
2	Osm 2_1	8						99,57		99,57
2	Osm 2_1	9			1,74			99,79		101,53
2	Osm 2_1	15					0,12	87,22		87,34
2	Osm 2_1	16			1,6		0,11	94,53	0,44	96,67
2	Osm 2_1	17			1,74	0,22	0,13	92,9		95,63
2	Osm 2_1	18						93,04		93,04
2	Osm 2_1	19	0,29	0,12	6,2	0,11	0,24	84,54		91,8
2	Osm 2_1	20					0,1	92,67	0,47	93,25
2	Osm 2_1	32					0,08	86,69	0,49	87,26
2	Osm 2_1	33						91,34		91,34
2	Osm 2_1	34			1,76			96,06		97,82
2	Osm 2_1	35			1,55			95,51		97,06
2	Osm 2_1	39			1,94			85,62	0,52	88,08
3	Osm 3_1	14						90,36		90,36
3	Osm 3_1	15						96,96		96,96
3	Osm 3_1	16						95,83		95,83
3	Osm 3_1	17						100,66		100,66
3	Osm 3_1	18						103,86		103,86
3	Osm 3_1	19						99,24		99,24
3	Osm 3_1	20						99,86		99,86
3	Osm 3_1	21						89,99		89,99
3	Osm 3_1	22						81,96		81,96
3	Osm 3_1	23						81,66		81,66
3	Osm 3_1	24						82,26		82,26
3	Osm 3_1	25						104,6		104,6
3	Osm 3_1	26						100,19		100,19

Tunna	Prov	An nr	P	S	O	Cl	Si	Fe	Co	Total
3	Osm 3_2	1					0,08	97,09		97,16
3	Osm 3_2	10	0,11					96,97		97,07
3	Osm 3_2	11						88,23		88,23
3	Osm 3_2	17						95,4		95,4
3	Osm 3_2	18						97,3		97,3
3	Osm 3_2	19						97,28		97,28
3	Osm 3_2	20						95,62		95,62
3	Osm 3_2	21	0,12					87,78		87,9
3	Osm 3_2	22						89,25		89,25
3	Osm 3_2	23	0,16					102,85		103,02
3	Osm 3_2	26						100,44		100,44
3	Osm 3_2	27					0,08	97,2		97,28
3	Osm 3_2	28						98,7		98,7
3	Osm 3_2	29						96,78	0,54	97,32
3	Osm 3_2	34						90,16		90,16
3	Osm 3_2	35	0,14					96,67		96,81
3	Osm 3_2	36	0,42	31,17				64,25		95,99
3	Osm 3_2	37	0,93	0,1	7,01	0,09	0,14	83,92		93,05
3	Osm 3_2	38						93,15		93,15
3	Osm 3_2	39						95,84		95,84
3	Osm 3_3	15						101,32		101,32
3	Osm 3_3	16						101,7		101,7
3	Osm 3_3	17						100,04		100,04
3	Osm 3_3	24						100,11		100,11
3	Osm 3_3	25						99,55		99,55
3	Osm 3_4	4						99,85		99,85
3	Osm 3_4	5						101,09		101,09
3	Osm 3_4	14						98,91		98,91
3	Osm 3_4	15						100,65		100,65
3	Osm 3_4	20						101,17		101,17
3	Osm 3_4	21						99,4		99,4
3	Osm 3_4	22						99,52		99,52
3	Osm 3_4	23						97,95		97,95
3	Osm 3_4	24						98,98		98,98
4	Osm 4_1	23						104,67		104,67
4	Osm 4_1	24						103,75		103,75
4	Osm 4_1	25						103,38		103,38
4	Osm 4_1	32						98,42		98,42
4	Osm 4_1	33						89,9		89,9
4	Osm 4_1	34						98,04		98,04
4	Osm 4_2	15						99,15		99,15
4	Osm 4_2	16						100,87		100,87
4	Osm 4_2	17						98,82		98,82
4	Osm 4_2	18						94,8		94,8
4	Osm 4_2	19						99,79		99,79
4	Osm 4_2	20						99,59		99,59
4	Osm 4_2	21						97,28		97,28
4	Osm 4_2	24					0,08	98,89		98,96
4	Osm 4_2	25						89,17		89,17
4	Osm 4_2	26	0,24					95,2		95,44
4	Osm 4_2	27						95,62		95,62
4	Osm 4_2	28	2,71		9,41	0,11	0,15	91,93	0,49	104,86
4	Osm 4_2	29	4,42	0,08	11,42	0,07		79,32	0,43	96,39
7	Osm 7_3	1	0,1					95,95		96,05
7	Osm 7_3	2	0,09					99,08		99,17
7	Osm 7_3	3						97,97		97,97
7	Osm 7_3	4						97,26		97,26
7	Osm 7_3	5						99,72		99,72
7	Osm 7_3	6						99,99		99,99
7	Osm 7_3	7						99,89		99,89
7	Osm 7_3	8						97,42		97,42
7	Osm 7_3	9						96,78		96,78
7	Osm 7_3	10						96,69		96,51
7	Osm 7_3	11						89,16	0,44	89,6
7	Osm 7_3	12						89,41		89,41
7	Osm 7_3	13						98,04		98,04
7	Osm 7_3	14						94,83	0,52	95,35
7	Osm 7_3	15						93,63		93,63
7	Osm 7_3	16						94,81		94,81
7	Osm 7_3	17						97,38		97,38

Resultat från EDS-analyser av det metalliska järnet. 2(2).

Bilaga 3. Organisk analys

Institutionen för arkeologi och antikens kultur
Arkeologiska forskningslaboratoriet
Auxilia

Stockholms universitet

Uppdragsrapport nr 387

Analys av organiska lämningar från Osmundvraket

Sven Isaksson
Stockholms universitet
Augusti 2022

Analys av organiska lämningar från Osmundvraket

2022-08-31

Sven Isaksson
Arkeologiska Forskningslaboratoriet
Stockholms universitet

Inledning
Denna text är en rapport över analys av tretton organiska lämningar från det så kallade Osmnundvraket (Tab. 1) med hjälp av Fouriertransformerad infrarödspektroskopi (FTIR). Analyserna utfördes på uppdrag av Jim Hansson, Statens maritima och transporthistoriska museer.

Tabell 1. Provbeteckningar för de analyserade proverna .

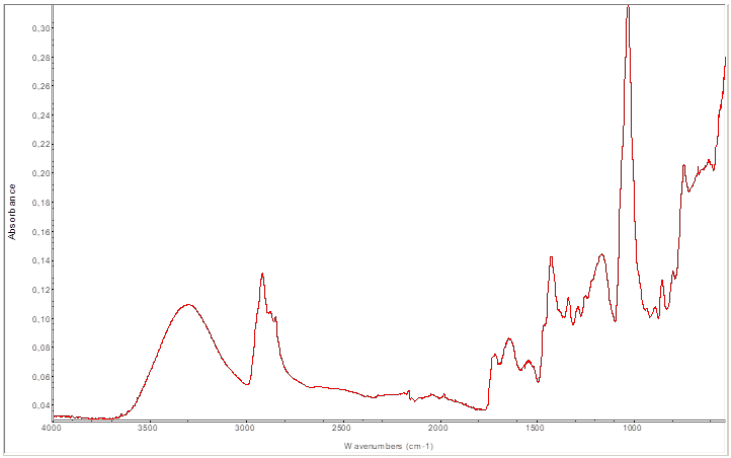
Prov	Beskrivning	Uppdragsgivarens kommentar till proverna
1	Fynd nr 3	Smör?
2	Fynd nr 4	Smör?
3	Fynd nr 5	Rep?
4	Fynd nr 6	Drev?
5	Tunnaproverna	Drev
6	Tunna 2	Innehåll
7	Tunna 3	Innehåll
8	Tunna 4	Innehåll
9	Tunna 5	Innehåll
10	Tunna 6	Innehåll
11	Tunna 7	Innehåll
12	Tunna 8	Innehåll
13	Tunna 10	Innehåll

Analysteknik
Infrarödspektroskopi är en av de kraftfullare metoderna för organisk och analytisk kemi. Metoden bygger på att infrarött (IR) ljus i våglängdsområdet 2 - 20 μm (vilket motsvarar vågtalsområdet 5000 - 500 cm^{-1}) absorberas av kemiska bindningar och funktionella grupper i organiska föreningar. Då denna absorbans är karakteristisk för de i provet ingående organiska molekylerna och deras funktionella grupper kan detta användas för att påvisa dessa. Metoden kan också användas för kvantitativ analys. I ett FTIR-instrument moduleras först IR-strålen i ett system av speglar, tillåts sedan passera genom provet, varefter signalen digitaliseras av en detektor och Fouriertransformeras av en dator till ett spektrum. I ett IR-spektrum redovisas vågtal längs x-axeln och den relativa absorbansen längs y-axeln. Där komponenter i provet absorberat IR-strålning uppstår en topp i spektrumet. Spektrumet är ett kemiskt "fingeravtryck" av provets komponenter, som kan jämföras med varandra eller standardprover av kända substanser.

Ett litet delprov av de inlämnade materialen togs ut och placerades i petriskål av glas. Proverna torkades i ugn vid 80 °C över natt. De torkade proverna undersöktes först okulärt med hjälp av stereolupp, varvid också prover för analys med FTIR) (jfr Isaksson 1999; Shillito et al. 2009; Pollard et al. 2011:77ff).togs med hjälp av skalpell.

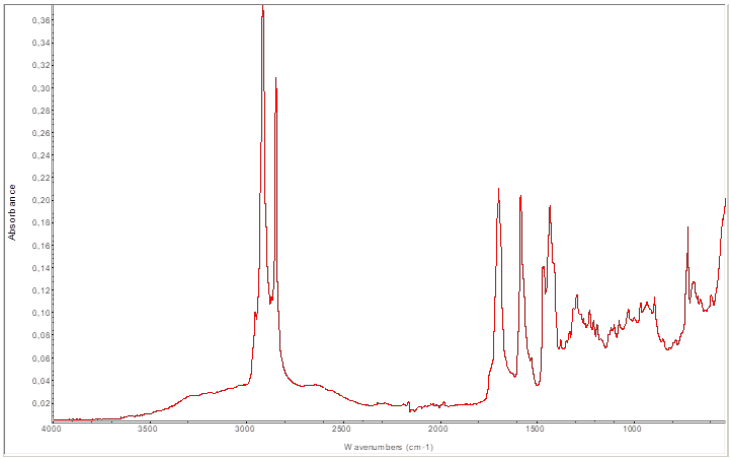
Instrumentet som användes var ett *Thermo Scientific Nicolet iS10* med en *Attenuated Total Reflection* (ATR)-utrustning med diamantkristall, en mätteknik som möjliggör ett minimum av provbearbetning. Instrumentet var satt att mäta mellan vågtal 4000 och 525 cm^{-1}, med 4,0 cm^{-1} upplösning och 64 provskanningar. Analysen med FTIR ger en generell karakterisering av proverna. Analys och bearbetning gjordes med mjukvaran *Omnic 8.2*.

Resultat och diskussion
Resultatet för vart och ett av proverna diskuteras i nedanstående text. IR-spektrumet för prov 1 redovisas i figur 1.



Figur 1. IR-spektrum av prov 1, Fnr 3 från Osmundvraket.

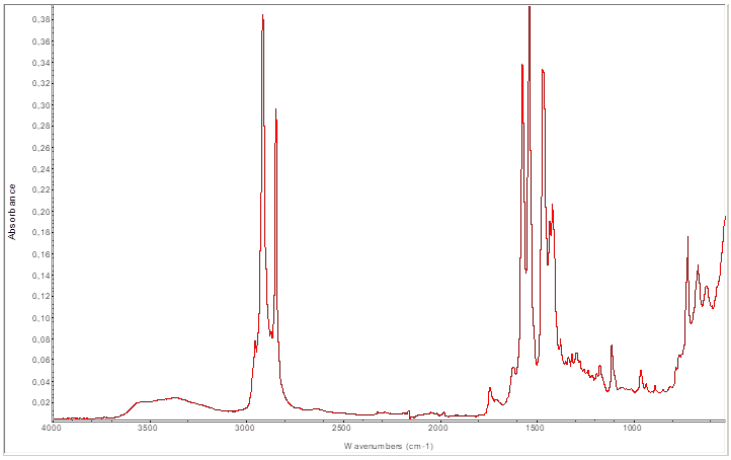
Spektrumet domineras av en topp vid ca 1030 cm^{-1}som är karakteristisk för C-O-bindningar i kolhydrater (cellulosa, stärkelse, etc.). Andra karakterisktiska toppar finns vid ca 3275 cm^{-1} för OH-grupper, ca 2900 cm^{-1} för C-H-bindningar och en vid ca 1440 cm^{-1} som är kakaterisktisk för kaboxylsyragrupper. Provet domineras sannolikt av något kolhydratrikt, troligen delvis nedbruten cellulosa.



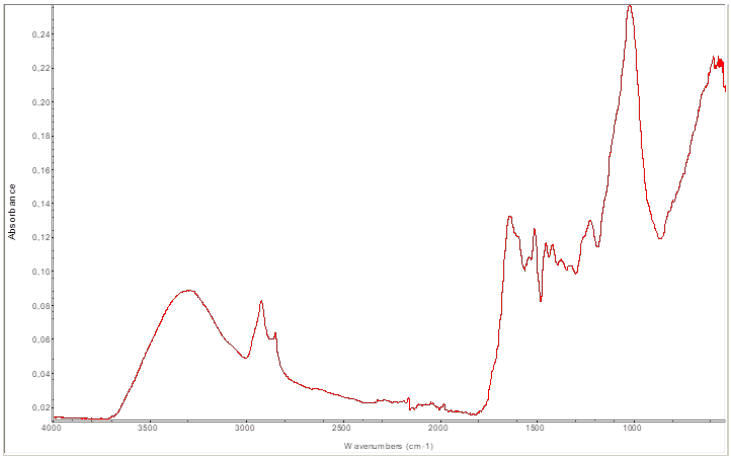
Figur 2. IR-spektrum av prov 2, gulaktigt material i Fnr 4 från Osmundvraket.

Efter att prov 2 torkat föreföll där vara två olika material av lite olika karaktär; dels ett opakt vitt material och ett semitransparent gulaktigt material. Ett prov togs från vardera materialet för analys. IR-spektrumet från det gulaktiga materialet i prov 2 (Fig. 2) Domineras av stå toppar vid ca 2915 och 2830 cm^{-1}, karakteristiska för C-H-bindningar samt ett par toppar vid ca 1690 och 1580 cm^{-1} som båda är karakteristiska för karboxylsyragrupper. Spektrumet är

karakteristiskt för fettrester. Det vitaktiga materialet från samma prov (Fig. 3) har också toppar vid ca 2915 och 2830 cm^{-1}, karakteristiska för C-H-bindningar, men en annan serie toppar vid ca 1580, 1550, 1470 och 1415 cm^{-1}. Dessa toppar kan också vara karakteristiska för karboxylsyragrupper men också för aromatiska bindningar. Båda materialen från prov 2 är troligen rester efter fetter, möjligen i olika stadier av nedbrytning och möjligen i olika blandning med annat.

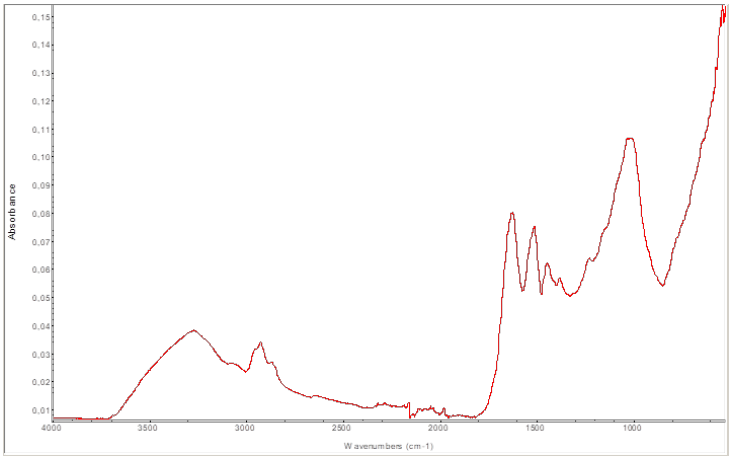


Figur 3. IR-spektrum av prov 2, vitaktigt material i Fnr 4 från Osmundvraket.



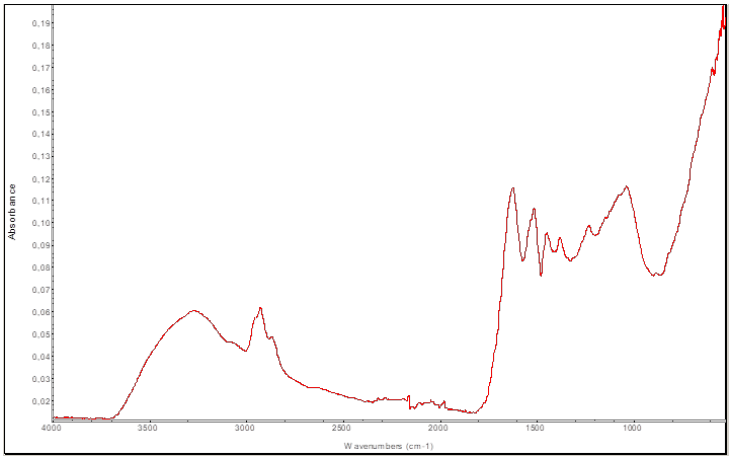
Figur 4. IR-spektrum av prov 3, Fnr 5 från Osmundvraket.

IR-spektrumet från prov 3 domineras av en topp vid ca 1030 cm^{-1}, som är karakteristisk för C-O-bindningar i kolhydrater (cellulosa, stärkelse, etc.), och även topparna vid ca 3300 cm^{-1}(OH-grupper) och 2940 cm^{-1} (C-H-bindningar) kan härröra från kolhydrater. Toppen vid 1640 cm^{-1} kan härröra från C=N-bindningar. Provet består av fibrer och har tolkats som ett rep. Analysresultatet ger stöd åt en tolkning att det är ett rep av vegetabilisk fiber.



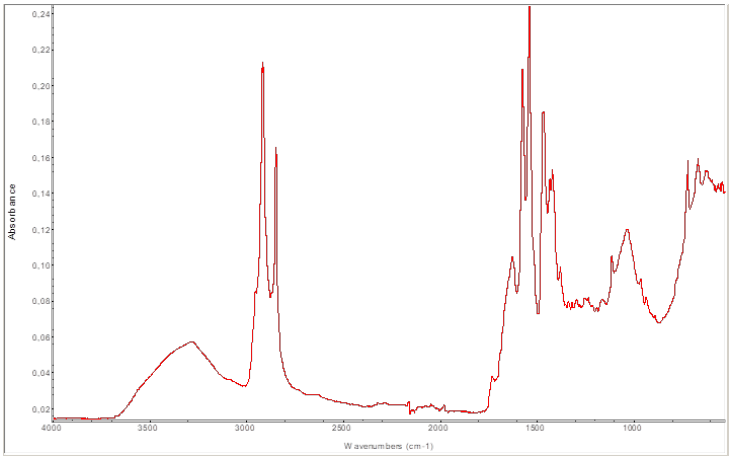
Figur 5. IR-spektrum av prov 4, Fnr 5 från Osmundvraket.

Spektrumet från prov 4 (Fig. 5) har en topp vid ca 1030 cm-1 som indikerar kolhydrat, så kanske även topparna vid ca 3275 cm^{-1} (OH- eller NH-grupper) och vid ca 2940 och 2860 cm^{-1} (C-H-bindninar). De två topparna vid ca 1640 (C=N-bindningar) och ca 1530 cm^{-1} (NH-bindningar) är karakteristiska för proteiner. Materialet består av fibrer. Provet, som skulle kunna vara drev, förefaller bestå av en blandning av animalisk fiber (proteinbaserad, t ex. ull) och växtfiber (cellulosabaserad), såvida inte inslaget av kolhydrat kommer från omgivningen.



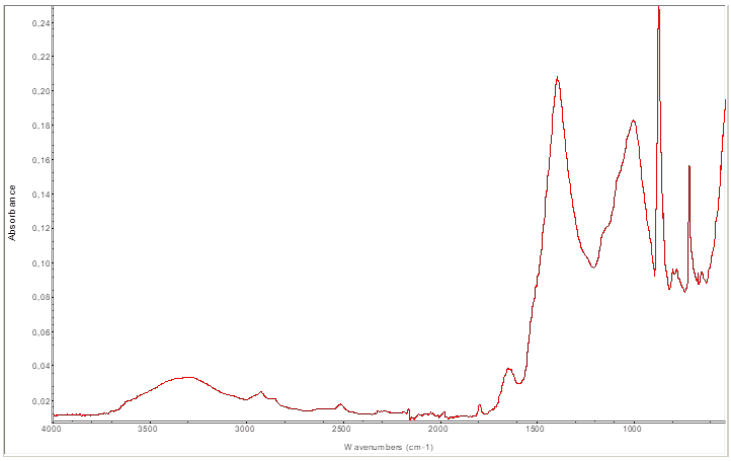
Figur 6. IR-spektrum av prov 5, prov på möjligt drev levererat tillsammans med proverna med innehåll från tunnorna från Osmundvraket.

Även prov 5 (Fig. 6) består av fibrer, tolkat som drev. Detta prov domineras tydligare av toppar karakteristiska för proteiner (i synnerhet de vid ca 1640 (C=N) och 1530 cm^{-1} (NH), men även den vid 3275 cm^{-1}(OH eller NH)), men även här finns en topp karakteristisk för kolhydrat (ca 1030 cm^{-1} (C-O-bindningar). Dessa fibrer är nog huvudsakligen av animaliskt ursprung, kanske med en blandning av växtfiber eller med cellulosarester från depositionsmiljön.



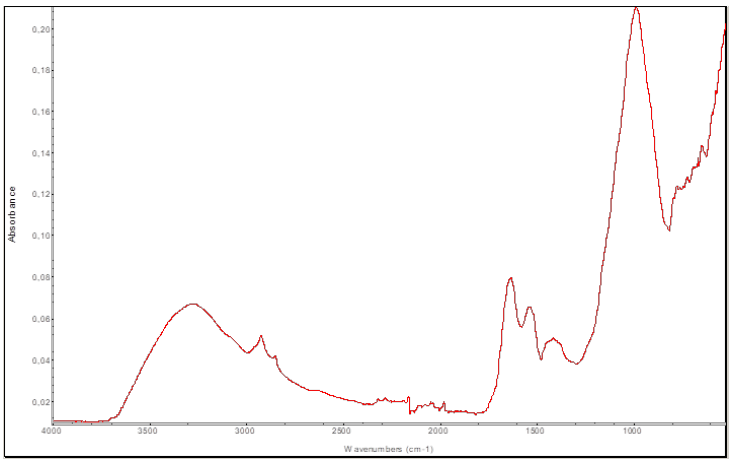
Figur 7. IR-spektrum av prov 6, från tunna 2 från Osmundvraket.

Materialet från tunna 2 var vitaktigt efter torkning. Dess spektrum är ganska likt det för det vitaktiga materialet i prov 2 (jfr. Fig.7 och Fig. 3). Provet från tunna 2 alltså också toppar vid ca 2915 och 2830 cm^{-1}, karakteristiska för C-H-bindningar och en serie toppar vid ca 1580, 1550, 1470 och 1415 cm^{-1}. Även detta prov utgör alltså troligen rester efter fetter.



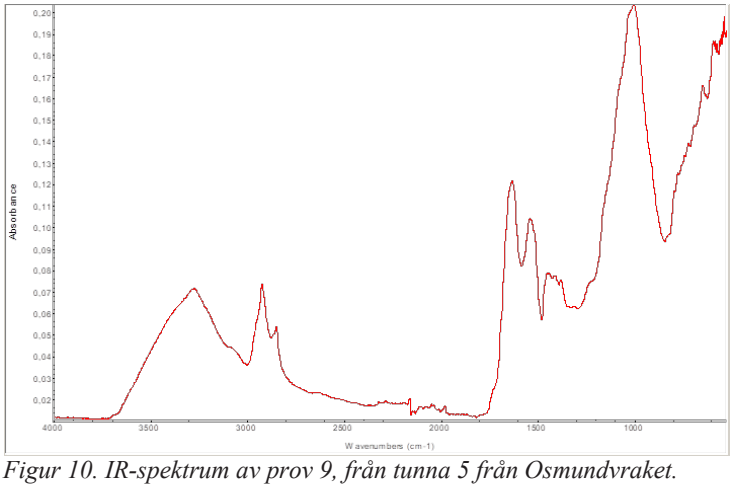
Figur 8. IR-spektrum av prov 7, från tunna 3 från Osmundvraket.

IR-spektrumet tunna 3 (Fig. 8) domineras av en serie toppar karakteristiska för karbonatgrupper (CO_3^-) i exempelvis kalk eller krita. Detta är topparna vid ca 1400, 870 och 710 cm^{-1}. Toppen vid ca 1000 cm^{-1} är karakteristisk för silikater. Ett antal låga toppar (vid ca 3300 (OH/NH), 2915 och 2860 (C-H) och 1640 cm^{-1} (C=O/C=N), jfr. ovan) antyder att här också finns lite organiskt material. Materialet i tunnan kan utgöra kalk eller krita, kanske med lite silikater (lermineral?). Det organiska materialet härrör möjligen från depositionsmiljön.



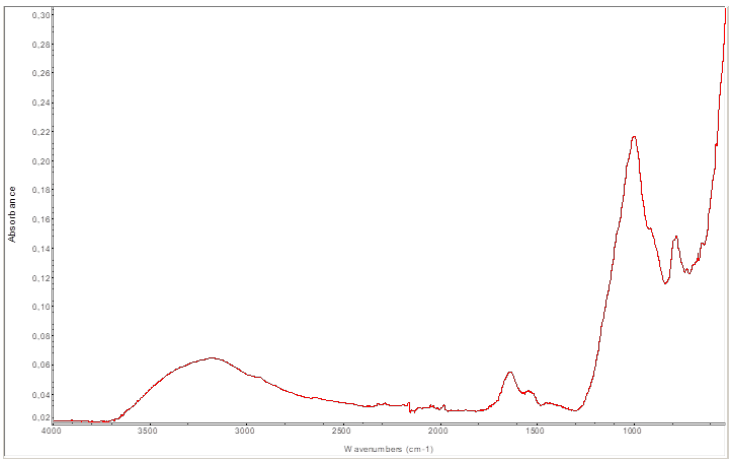
Figur 9. IR-spektrum av prov 8, från tunna 4 från Osmundvraket.

IR-spektrumet från prov 8 (Fig. 9) domineras av en topp karakteristisk för silikater (ca 1000 cm^{-1}). Där finns också en serie toppar som skulle kunna härröra från något proteinbaserat material (ff a. de vid ca 1640 (C=N) och 1530 cm^{-1} (NH) men möjligen även den vid 3250 cm^{-1} (OH/NH)). Silikaterna är från något mineral, t ex. lera, som antingen kan vara last eller naturligt sediment från depositionsmiljön. Kanske har tunnan innehållit något proteinrikt, men vad det skulle vara går inte att avgöra med denna analys.



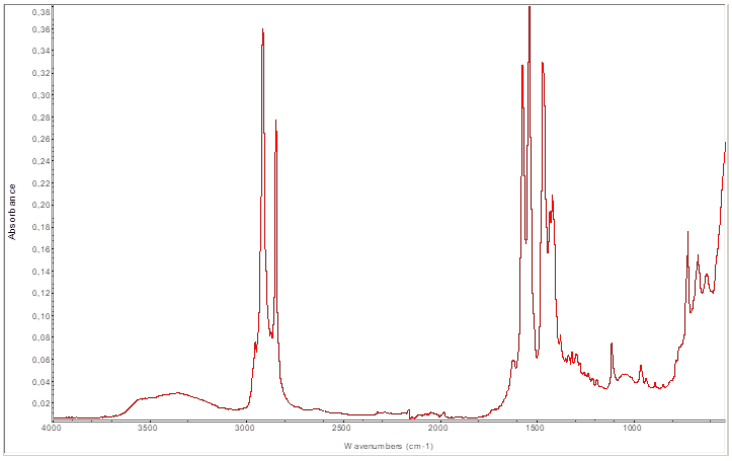
Figur 10. IR-spektrum av prov 9, från tunna 5 från Osmundvraket.

IR-spektrumet från prov 9 (Fig. 10) har mycket gemensamt med det från prov 8 (Fig. 9). De huvudsakliga absorbanstopparna är de samma men de av organiskt ursprung är betydligt tydligare i spektrumet från prov 9. Här finns något organiskt material som troligen är proteinbaserat (topparna vid ca 1640 (C=N) och 1530 cm^{-1} (NH) och möjligen även den vid 3250 cm^{-1} (OH/NH)). Silikattoppen visar att här även finns mineralt material i provet.



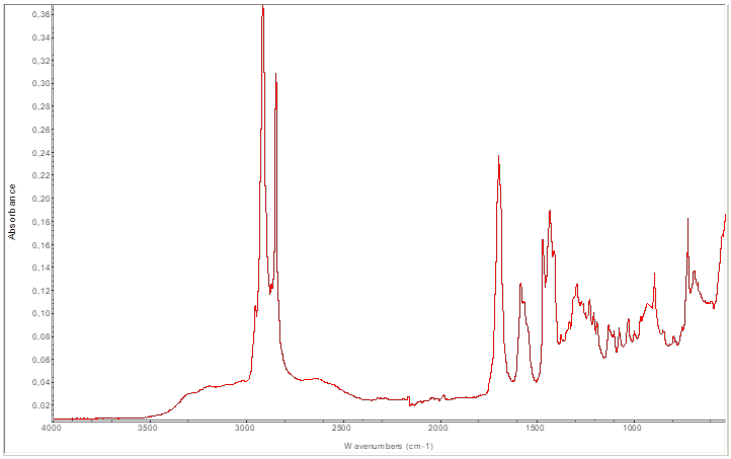
Figur 11. IR-spektrum av prov 10, från tunna 6 från Osmundvraket.

IR-spektrumet från prov 10 domineras helt av toppen från silikater (ca 1000 cm^{-1}). Där finns några andra toppar men de är väldigt låga.



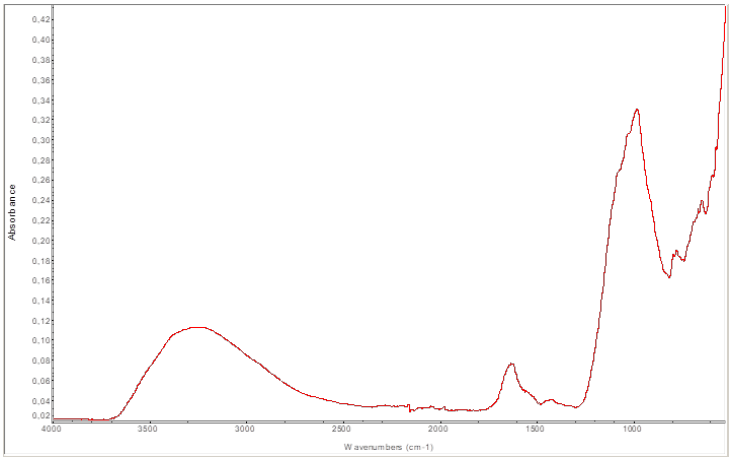
Figur 12. IR-spektrum av prov 11, från tunna 7 från Osmundvraket.

Materialet i prov 11 var precis som de i prov 2 och 6 vitaktigt efter torkning. Dess spektrum (Fig. 12) är också ganska likt de båda andra proverna (jfr. Fig.7 och Fig. 3). Provet från tunna 7 har således också toppar vid ca 2915 och 2830 cm^{-1}, karakteristiska för C-H-bindningar och en serie toppar vid ca 1580, 1550, 1470 och 1415 cm^{-1}. Även detta prov utgör därför troligen rester efter fetter. Från tunna 7 fanns ett extra prov och även det analyserades (Fig. 13).



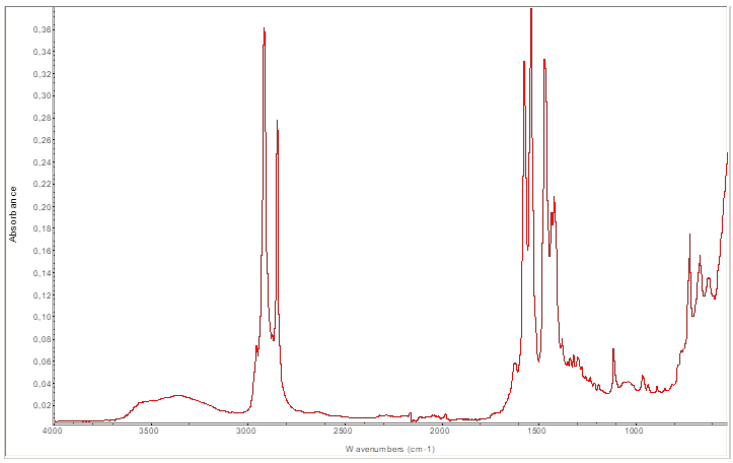
Figur 13. IR-spektrum av prov 11, ett extra prov från tunna 7 från Osmundvraket.

IR-spektrumet från det extra provet från tunna 7 har mycket gemensamt med det från det gulaktiga materialet i prov 2 (Fig. 2). Spektrumet domineras av toppar vid ca 2915 och 2830 cm^{-1}, karakteristiska för C-H-bindningar samt ett par toppar vid ca 1690 och 1580 cm^{-1} som båda är karakteristiska för karboxylsyragrupper, ett spektrum är karakteristiskt för fettrester.



Figur 14. IR-spektrum av prov 12, från tunna 8 från Osmundvraket.

IR-spektrumet från prov 12 är snarlikt det från prov 10 (Fig. 11) då båda domineras helt av toppen från silikater (ca 1000 cm^{-1}). Även i prov 12 finns några andra toppar men de är även här väldigt låga.



Figur 15. IR-spektrum av prov 13, från tunna 10 från Osmundvraket.

Materialet i prov 13 var precis som de i prov 2, 6 och 11 vitaktigt efter torkning. Samtliga fura prover har snarlika spektra (jfr. Fig. 3, 7, 12 och 15). Provet från tunna 10 domineras av toppar vid ca 2915 och 2830 cm^{-1}, karakteristiska för C-H-bindningar och en serie toppar vid ca 1580, 1550, 1470 och 1415 cm^{-1}, och utgör även detta troligen rester efter fetter.

Ovanstående tolkningar av IR-analysen sammanställs i tabell 2. De fyra prover som enligt IR-analysen utgör rester efter fetter skulle kunna karakteriseras närmare med hjälp av gaskromatografi och masspektrometri för en noggrannare bestämning. En sådan analys skulle även kunna kompletteras med en analys av stabila kolisotoper i enskilda fettsyror för att fastställe eventuella mjölkfetter till exempel.

Tabell 2. Provbeteckningar för de analyserade proverna .

Prov	Beskrivning	Tolkning utifrån IR-analys
1	Fynd nr 3	Något kolhydratrikt
2	Fynd nr 4	Fettrester
3	Fynd nr 5	Vegetabilisk fiber
4	Fynd nr 6	Animalisk & Vegetabilisk fiber
5	Fiber med Tunnaproverna	Animalisk fiber
6	Tunna 2	Fettrester
7	Tunna 3	Kalk/krita
8	Tunna 4	Protein. Mineral (silikat)
9	Tunna 5	Protein. Mineral (silikat)
10	Tunna 6	Mineral (silikat)
11	Tunna 7	Fettrester
12	Tunna 8	Mineral (silikat)
13	Tunna 10	Fettrester

Referenser

Isaksson, S. 1999 Guided by Light: The swift characterisation of ancient organic matter by FTIR, IR-fingerprinting and hierarchical cluster analysis. *Laborativ Arkeologi* 12: 35-43.

Pollard, M., Batt, C. Stern, B. & Young, S. M. M. 2011. *Analytical Chemistry in Archaeology*. Cambridge Manuals in Archaeology.

Shillito, L. M., Almond, M. J., Wicks, K., Marshall L-J, R. & Matthews, W. 2009. The use of FT-IR as a screening technique for organic residue analysis of archaeological samples. *Spectrochimica Acta Part A* 72: 120-125.

Bilaga 4. Osteologisk analys

Emma van Eelen
Vrak – Museum of Wrecks
2022-03-24

Osteologisk analys av benmaterialet från Osmundvraket

På uppdrag av Jim Hansson, Vrak – Museum of Wrecks, har en osteologisk undersökning av ben från Osmundvraket utförts.
Antalet analyserade ben är 66, till en vikt av 36,73 gram. Samtliga ben är obrända.

Den osteologiska analysen har genomförts med hjälp av den osteologiska samlingen på Historiska museet. Benen har identifierats till grupp av art, djurklass, anatomisk grupp och benslag där det varit möjligt.

Bifogat finns databasen för analysen, där ytterligare information kan läsas.

Art
Av totalt 66 analyserade fragment kunde 28 artbestämmas. Det är en jämn spridning av ben från gädda och torsk. Av de obestämda benen är en kota troligtvis från sill/strömming, ytterligare analys behövs för att artbestämma denna med säkerhet.

Art	Antal
Esox (gädda)	15
Gadus (torsk)	13
Pisces (obestämd fisk)	38
Totalsumma	**66**

Tabell 1: Visar artspridningen i materialet.

Vidare analys kan bidra till att förstå ursprunget på torsken, det vill säga vilket område den kom ifrån.

Anatomi
Av totalt 66 analyserade fragment kunde 37 bestämmas till anatomisk grupp. Det som framkom var ben från kraniet, bröstkorg och ryggrad.

Anatomi	Antal
Kranium	17
Bröstkorg	5
Ryggrad	15
Obestämt	29
Totalsumma	**66**

Tabell 2: Visar den anatomiska spridningen i materialet.

Emma van Eelen
Vrak – Museum of Wrecks
2022-03-24

Benslag

Av totalt 66 analyserade fragment kunde 37 bestämmas till benslag, se spridningen i tabell 3.

Benslag	Antal
Articulare	2
Cleitrum	3
Costae	5
Cran	1
Dentale	3
Epi-&keratohyale	2
Hyomandimulare	2
Obestämt (Indet)	29
Maxillare	1
Premaxillare	1
Quadum	2
Vertebra	15
Totalsumma	**66**

Tabell 3: Visar spridningen av benslag i materialet.

Sammanfattning

Det har genomförts en osteologisk analys av benmaterialet från Osmundvraket, antalet analyserade ben är 66 och samtliga är obrända.
Alla benen kommer från fisk och arter som förekom var gädda, torsk och en kota från sill/strömming.

Stockholm 2023-03-24
Emma van Eelen
emma.vaneelen@smtm.se
072-396 59 31

Nmr	Lokal	Fnr	Antal	Vikt	Strl	Anatomi	Benslag	Art	Övrigt
1	Osmund	32	1	0,9	B	Ryggrad	Vertebra	Esox	
2	Osmund	32	1	0,9	D	Ryggrad	Vertebra	Esox	
3	Osmund	32	1	0,9	D	Ryggrad	Vertebra	Esox	
4	Osmund	32	1	0,5	C	Kranium	Hyomandimulare	Esox	
5	Osmund	7	1	0,6	A	Ryggrad	Vertebra	Pisces	
6	Osmund	7	1	0,5	A	Ryggrad	Vertebra	Gadus	
7	Osmund	7	1	1,2	B	Ryggrad	Vertebra	Esox	
8	Osmund	7	1	1,2	B	Ryggrad	Vertebra	Esox	
9	Osmund	7	1	1,2	B	Ryggrad	Vertebra	Esox	
10	Osmund	7	1	1,1	B	Ryggrad	Vertebra	Esox	
11	Osmund	7	1	1,2	B	Ryggrad	Vertebra	Esox	
12	Osmund	7	1	1,3	B	Ryggrad	Vertebra	Esox	
13	Osmund	7	1	1,2	B	Ryggrad	Vertebra	Esox	
14	Osmund	12	1	0,1	C	Obestämt	Indet	Pisces	Smalt ben
15	Osmund	12	1	1	D	Kranium	Cleitrum	Esox	
16	Osmund	21	4	0,01	B	Obestämt	Indet	Pisces	
17	Osmund	21	1	2,1	D	Kranium	Epi-&keratohyale	Gadus	
18	Osmund	21	1	0,6	D	Kranium	Cleitrum	Esox	
19	Osmund	21	1	0,5	B	Ryggrad	Vertebra	Gadus	
20	Osmund	21	1	1,1	D	Kranium	Dentale	Gadus	
21	Osmund	21	1	1,3	D	Kranium	Premaxillare	Gadus	
22	Osmund	21	4	1,2	D	Bröstkorg	Costae	Pisces	
23	Osmund	21	1	1,6	D	Kranium	Maxillare	Gadus	
24	Osmund	21	1	0,4	D	Kranium	Quadum	Gadus	
25	Osmund	21	1	0,7	D	Kranium	Quadum	Gadus	
26	Osmund	21	1	0,7	D	Kranium	Cran	Pisces	
27	Osmund	21	5	1,2	D	Obestämt	Indet	Pisces	
28	Osmund	21	1	0,01	B	Obestämt	Indet	Pisces	
29	Osmund	21	3	0,1	B	Obestämt	Indet	Pisces	
30	Osmund	21	4	0,8	C	Obestämt	Indet	Pisces	
31	Osmund	21	3	1,7	D	Obestämt	Indet	Pisces	
32	Osmund	1	1	0,8	D	Kranium	Dentale	Gadus	
33	Osmund	1	1	0,01	D	Kranium	Dentale	Pisces	
34	Osmund	1	1	0,6	D	Kranium	Epi-&keratohyale	Gadus	
35	Osmund	1	1	0,7	D	Kranium	Articulare	Gadus	
36	Osmund	1	1	0,7	D	Kranium	Articulare	Gadus	
37	Osmund	1	1	0,1	D	Bröstkorg	Costae	Pisces	
38	Osmund	1	1	1	D	Kranium	Hyomandimulare	Gadus	
39	Osmund	1	1	0,4	A	Ryggrad	Vertebra	Esox	
40	Osmund	1	1	0,1	C	Ryggrad	Vertebra	Pisces	Ev mindre fisk, sill/ströming?
41	Osmund	1	3	0,2	C	Obestämt	Indet	Pisces	
42	Osmund	1	4	3,4	D	Obestämt	Indet	Pisces	Ev fragment från gädda
43	Osmund	1	1	0,4	D	Kranium	Cleitrum	Esox	
44	Osmund	1	1	0,5	D	Obestämt	Indet	Pisces	

OXIDER
Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapporter gällande föremål från Osmundvraket 2021 Dalarö

Max Jahrehorn
Rapport december 2023
K22-414
OXIDER

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Inledning…… 2
Mål…… 2
Syfte…… 2
Metod…… 2
Föremålsstatus……... 2
Konservering……..…….... 2
Konserveringsrapport...…… 3

Omslagsbild: Jungfru, f.nr:16.

Inledning

Materialet kommer från undersökningarna vid Osmundvraket 2021, Dalarö

Föremålen består av trä, läder samt hampa.

Sammanlagt består fynden av 19 fyndposter.

Oxider har fått uppdraget att utföra konserveringsarbetet. Följande rapport avser arbetets utförande.

Mål

- Dokumentation av de olika föremålen
- Konservering av materialet
- Dokumentation av uppdraget

Syfte

Det övergripande syftet med konserveringsarbetet är att säkra materialet från fortsatt nedbrytning och öka läsbarheten. Föroreningar avlägsnas tills nivån för ursprunglig yta nås om möjligt.

Metod

Varje föremål studeras individuellt med fokus på dess nedbrytningsgrad. För att säkerställa informationen innan konservering fotograferas materialet och detaljbilder tas på speciella eller komplicerade delar. Konserveringsmetoden väljs efter objektens status. Metoden skall vara skonsam mot föremålen.

Föremålsstatus

Det organiska materialet är nedbrutet och delvis försvagat, med synliga och osynliga sprickbildningar.

Konservering

Konserveringsmetoden valdes efter varje enskilt föremål, efter dess specifika status och nedbrytningsgrad. Föroreningar varierar över föremålens ytor, ibland tunt men även som tjocka hårda föreningar. Målet med konserveringen var att avlägsna föroreningar och presentera föremålen så att de kan studeras bättre. Behandlingen av det organiska materialet utfördes efter rengöringen med frystorkning under vakuum.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö **Fynd nr:** 2

Kons nr:

Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM **Datum in:** 2023-02-28

Datum ut: 2023-12-21

Föremål: Sko, delar av

Material: Läder, trä **Antal:** 1

Mått:

Vikt in: 37g (40g trä) **Vikt ut:** 12g (17g trä) **Foto:** Ja

Behandling:

Skofragmenten är lätt förorenade, vissa av dessa har dock mindre inslag av järnsalter. Tillsammans med fyndet finns en klackliknande träbit, troligen inte tillhörande en sko.

Delarna före konservering.

Delarna urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Lädret behandlas med PEG 400 20%

medan trädetaljen med 10% under minst 2 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

Delarna efter konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö

Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM

Fynd nr: 9

Kons nr:

Datum in: 2023-02-28

Datum ut: 2023-12-21

Föremål: Rep

Material: Hampa

Antal: 1+frag

Mått:

Vikt in: 191g **Vikt ut:** 37g

Foto: Ja

Behandling:

Den stora delen ser ut som ett kraftigare rep/tross och en stor mängd lösa fragment finns. Delarna är kraftigt nedbrutna i vissa fall i det närmaste helt upplösta.

Delarna före konservering.

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Delarna urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Fragmenten behandlas med PEG 400 4% under minst 2 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

Delarna efter behandling.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM

Fynd nr: 10
Kons nr:
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21

Föremål: Tross, delar av

Material: Hampa **Antal:** 1

Mått:

Vikt in: 6228g **Vikt ut:** 305g **Foto:** Ja

Behandling:

Trossen är något nedbruten och flera av dess kardeler har öppnat sig, häger löst eller helt lossnat. Överlag så är ytorna förorenade och detta tillsammans med en varierande nedbrytningsrad, materialet är mycket svårt att hantera.

Delarna före konservering.

Delarna urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Tross delarna behandlas med PEG 400 4% under minst 2 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Delarna efter behandling.

OXIDER
Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 11
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21
Föremål: Tunnlock, del av
Material: Trä
Antal: 1
Mått:
Vikt in: 784g **Vikt ut:** 293g
Foto: Ja
Behandling:

Det halva lockets ytor täcks på bägge sidor av tunna järnsalter. En viss sprickbildning noteras på ovansidans kant. Bomärket är relativt tydligt.

Locket före konservering.

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Locket urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med pensel och dentalinstrument, samt duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Delen behandlas med PEG 400 10% under minst 3 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

Lockhalvan efter konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 13
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21
Föremål: Rackklot
Material: Trä
Antal: 1
Mått:
Vikt in: 519g **Vikt ut:** 139g
Foto: Ja
Behandling:

Klotet är relativt rent dock har dess ena sida inslag av tunna järnsalter.

Rackelklotet före konservering.

Föremålet urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med pensel och dentalinstrument, samt duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Klotet behandlas med PEG 400 10% under minst 3 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum. Påminner om masurbjörk.

OXIDER
Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Klotet efter behandling.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 15
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21
Föremål: Tunnlock, del av
Material: Trä
Antal: 1+ fragment
Mått:
Vikt in: 1092g **Vikt ut:** 408g
Foto: Ja

Behandling:

Lockets ytor täcks på bägge sidor av tunna järnsalter, en viss erosion är synlig i dess ena ände. Den avbrutna staven till locket har en hygglig passning, bomärket är tydligt.

Locket före konservering.

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Delarna urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med pensel och dentalinstrument, samt duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Locket behandlas med PEG 400 10% under minst 3 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum. Monteras inte ihop, ej bra passning över hela längden.

Locket efter konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 16
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21
Föremål: Jungfru
Material: Trä
Antal: 1
Mått:
Vikt in: 711g **Vikt ut:** 217g
Foto: Ja
Behandling:

Jungfruns ytor är något mjuka och eroderade på alla sidor, en viss nötning i samtliga tre hål syns. Den sidan som är mest eroderad har en mängd små musselfästen.

Jungfrun före konservering.

Jungfrun urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med pensel och dentalinstrument, samt duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Föremålet behandlas med PEG 400 10% under minst 3 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Jungfrun efter konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 17
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21

Föremål: Rep

Material: Hampa
Antal: 1

Vikt in: 46g **Vikt ut:** 10g
Foto: Ja

Behandling:

Repet är öppet i sin ena ände där en kardel hänger löst, ytorna är kraftigt förorenad av järnsalter.

Repet före och efter behandling.

Repet urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Delen behandlas med PEG 400 4% under minst 2 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö

Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM

Föremål: Tunnlock, del av

Material: Trä

Vikt in: 1534g **Vikt ut:** 684g

Behandling:

Fynd nr: 19
Kons nr:
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21

Antal: 1

Foto: Ja

Det halva lockets ytor täcks på bägge sidor av tunna spridda järnsalter, två stycken avbrutna stift sitter på långsidan för att sammanfogas ihop med den saknade halvan. Dess ena sida har ett tydligt bomärke och längst ytterkanten häger ett mindre löst fragment.

Locket före konservering.

Locket urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med pensel och dentalinstrument, samt duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Delen

behandlas med PEG 400 10% under minst 3 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

Locket efter konservering.

Hanteras varsamt, löst hägnade fragment enligt markering

OXIDER
Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 20
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21

Föremål: Rep

Material: Hampa
Antal: 2 delar

Mått:

Vikt in: 20g **Vikt ut:** 3g
Foto: Ja

Behandling:

De två rep delarna är täckta av tunnare föroreningar.

Delarna före konservering.

OXIDER
Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Rep delarna urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Fragmenten behandlas med PEG 400 4% under minst 2 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

Detaljfotografi på dess struktur.

Delarna efter konservering.

OXIDER
Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 25
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21
Föremål: Rep
Material: Hampa
Antal: 1
Mått:
Vikt in: 206g **Vikt ut:** 30g
Foto: Ja
Behandling:

Repet är öppet i bägge ändar och delvis förorenad av tunna järnsalter, relativt svårhanterad.

Repet före behandling.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Repet urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Delen behandlas med PEG 400 4% under minst 2 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

Repet efter konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 26
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21
Föremål: Rep
Material: Hampa
Antal: 1
Mått:
Vikt in: 46g **Vikt ut:** 10g
Foto: Ja
Behandling:

Repet är öppet främst i sin ena ände där ett par kardeler hänger löst, ytorna är kraftigt förorenad av järnsalter.

Repet före behandling.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Repet urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Delen behandlas med PEG 400 4% under minst 2 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

Repfragmentet efter behandling.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 27
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21

Föremål: Tunnlock, del av

Material: Trä
Antal: 1

Mått:

Vikt in: 1163g **Vikt ut:** 506g
Foto: Ja

Behandling:

Det halva lockets ytor täcks på bägge sidor av tunna spridda järnsalter. På bägge sidorna finns bomärken som ser ut att ha olika ristningar, kanske har locket återanvänts. Två stycken avbrutna stift sitter på långsidan för att sammanfogas ihop med den saknade halvan.

Locket före konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Locket urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med pensel och dentalinstrument, samt duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Delen behandlas med PEG 400 10% under minst 3 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

Locket efter behandling.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö **Fynd nr:** 28

Kons nr:

Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM **Datum in:** 2023-02-28

Datum ut: 2023-12-21

Föremål: Rep

Material: Hampa **Antal:** 2+frag

Mått:

Vikt in: 161g **Vikt ut:** 38g **Foto:** Ja

Behandling:

De två rep delarna är täckta av kraftiga föroreningar med ett stort inslag av järnsalter, i vissa områden mer som låga krustor.

Delarna före konservering.

Rep delarna urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Fragmenten behandlas med PEG 400 4% under minst 2 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

OXIDER
Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Delarna efter konservering.

29

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö **Fynd nr:** 29

Kons nr:

Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM **Datum in:** 2023-02-28

Datum ut: 2023-12-21

Föremål: Rep

Material: Hampa **Antal:** div

Mått:

Vikt in: 24g **Vikt ut:** 4g **Foto:** Ja

Behandling:

Repet har tvinnats upp och består av lösa fragmentariska kardeler som är lätt förorenade.

Delarna före behandling.

Delarna urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Fragmenten behandlas med PEG 400 4% under minst 2 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Repfragmenten efter konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö

Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM

Fynd nr: 30

Kons nr:

Datum in: 2023-02-28

Datum ut: 2023-12-21

Föremål: Drev

Material: Fibrer /hår

Antal: 1

Mått:

Vikt in: 52g **Vikt ut:** 11g

Foto: Ja

Behandling:

Delen är relativt kraftigt förorenad och påminner om drev, möjligtvis finns ett inslag av tjära i föremålet.

Delen före och efter behandling.

Delen urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Därefter lufttorkas föremålet.

Reflektion: Materialet påminner om nedbrutna fiber, jutesäck/filt?

OXIDER
Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 31
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21
Föremål: Tunnlock, del av
Material: Trä
Antal: 1
Mått:
Vikt in: 1285g **Vikt ut:** 553g
Foto: Ja
Behandling:

Det halva lockets ytor täcks på bägge sidor av tunna järnsalter, bomärket är tydligt.

Locket före konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Locket urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med pensel och dentalinstrument, samt duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Delen behandlas med PEG 400 10% under minst 3 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.
Innan frystorkning borrades ett 4,5mm hål i långsidan som referens punkt.

Locket efter konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 33
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21
Föremål: Tunnlock
Material: Trä
Antal: 2 delar
Mått:
Vikt in: 2802g **Vikt ut:** 1225g
Foto: Ja
Behandling:

Delarna täcks av mycket kraftiga krustor samt ett stort inslag av järnsalter. Bomärket är synligt på de bägge delarna.

Locket före konservering.

Locket urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med pensel och dentalinstrument, samt duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Delarna behandlas med PEG 400 10% under minst 3 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum.

Dålig passform, en del föroreningar lämnas, främst hårt sittande krustbildningar av järnsalter.

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Locket efter konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Ort/Anläggning: Osmundvraket 2021, Dalarö
Fynd nr: 34
Kons nr:
Kontaktperson: Jim Hansson, SMTM
Datum in: 2023-02-28
Datum ut: 2023-12-21
Föremål: Laggstav
Material: Trä
Antal: 1
Mått:
Vikt in: 2770g **Vikt ut:** 1012g
Foto: Ja

Behandling:

Laggstaven är relativt förorenad, dess insida har spridda utfällningar av järnsalter och vid den helare ändens del sitter en större järn krusta. Utsidan är eroderad lika så dess översta kant och en kraftig tryckskada är synlig på stavens mitt i närheten av den v-formade skåran. Området för skåran är mycket flexibel.

Laggstaven före konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

Konserveringsrapport

MJ Rapport id: K22-414-1

Föremålet urlakas först med flera vattenbyten och rengörs med pensel och dentalinstrument, samt duschspruta samt placeras åter i kranvatten för fortsatt rengöring/urlakning, med några byten. Delen behandlas med PEG 400 10% under minst 3 månader och fryses sedan ner till -30°C, med följande frystorkning under vakuum. Insidan med de kraftiga järnsalterna som i stort sätt täcker hela ytan försvårar inträngningen av PEG.

Laggstaven efter konservering.

OXIDER

Avlägsna - Skydda - Bevara

OXIDER AB
Bragegatan 1
392 45 Kalmar

www.oxider.se

Telefon: 0722 47 58 58

E-post: max.jahrehorn@oxider.se

acta KonserveringsCentrum AB

2022-03-31

Konserveringsrapport

Osmund från Osmundvraket

Föremålsnummer	Osmund-101
Fyndort	Osmundvraket norr om Dalarö
Projektnummer	
Uppdragsgivare	Vrak Museum of Wrecks Statens maritima och transporthistoriska museer Djurgårdsstrand 17 115 21 Stockholm
Konservator	Katarina Lampel E-post: katarina.lampel@actakonservering.se Telefon: 070-731 89 69

Acta KonserveringsCentrum
Riddargatan 13 D
114 51 Stockholm

www.actakonservering.se
E-post info@actakonservering.se
Telefon +46 073 360 7473

Material
Järn

Mått
Längd: 85 mm, Bredd: 50 mm, Tjocklek, max: 35 mm

Vikt
219 g.

Beskrivning av uppdraget/bakgrund och syfte
Konservering av en osmund från det sjunkna Osmundvraket. Vraket undersöktes av marinarkeologer 2017 och prover från lasten av osmundar och tackjärn bärgades.

Beskrivning och tillstånd
En del av en osmund, som sågats i två delar. Osmunden är formad som en stång med plan undersida och rundad ovansida. Osmunden har flera korrosionskrustor runtom. Ytan var täckt av ett rostskikt. Den hade pågående korrosion med flagande yta.

Osmund före konservering, ovansida

Osmund före konservering, undersida

Osmund före konservering, sida

Osmund före konservering, sida

Åtgärder
Den flagnande ytan konsoliderades föst med Paraloid B 72, löst i aceton/etanol. Därefter frampreparerades osmunden med glaspulver i mikrobläster. Osmunden stabiliseras kemiskt genom kloridurlakning i avjoniserat vatten. Urlakningsvätskan byttes regelbundet och då mättes även kloridhalten. När inga klorider längre kunde spåras med dropptest med silvernitrat 0,5 M, avslutades urlakningen. Föremålet innehöll en stor mängd klorider som följd av att ha legat i bräckt vatten under nästan 500 år. Urlakningen startade 22/4 2020 och avslutades 23/2 2022. Osmunden dehydrerades i etanol 96% i två veckor, med byte av etanol efter en vecka och torkades sedan i värmeugn i 50 grader i fem dagar. Därefter behandlades den med Dinitrolpasta (en inhibitor, bestående av petroleumsulfonat med aminer, löst i lacknafta.) Slutligen ytbehandlades osmunden med mikrokristallint vax, löst i lacknafta.

Osmund efter konservering, ovansida

Osmund efter konservering, undersida

Osmund efter konservering, sida

Osmund efter konservering, sida

Råd och anvisningar/Rekommendationer för hantering och förvaring
Arkeologiska metallföremål är mycket känsliga för hög luftfuktighet, även efter konservering. Förvara föremålet i ett torrt, stabilt klimat, helst under 20 % RH.

Material
Paraloid B 72, en sampolymer av etylmetakrylat/metylakrylat , ca. 7 % i aceton/etanol.

Bilaga 6. Fyndlista – föremål, ben & materialprover

Länsstyrelsens diarienummer: 431-46427-2021
Landskap: Södermanland
Socken: Dalarö

Fornlämning: L2021:6026
Lokal: Osmundvraket
Undersökningsdatum: okt-21

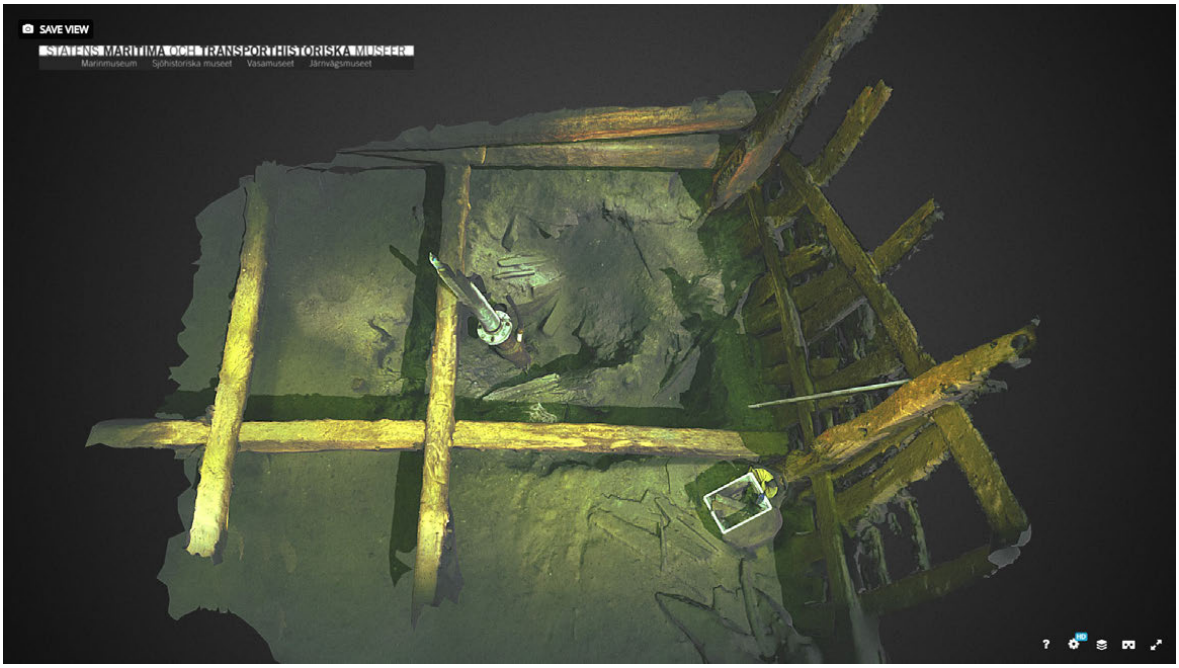
Gallrat	Fynd-nr.	Sakord	Typ	Material	Trä-slag	Vikt (g)	Antal	Längd/ dia (mm)	Bredd (mm)	Tjocklek (mm)	Beskrivning	Område	Kontext	Anm.	Datum
	1	Ben	fisk			8,91	18				olika bentyper, ex.vis kotor	schakt-1			2021-10-08
	2	Läder	sko	läder, trä		12 (+17 g trä)	1 (21 läderfrag 21+ 1 träfrag)				möjligen delar av sko inkl möj-lig klack i trä	schakt-1			2021-10-08
Analys-prov	3	Smör									vit leraktig substans	schakt-1			2021-10-08
Analys-prov	4	Smör									vit leraktig substans	schakt-1			2021-10-08
	5	Rep				12	1	160	10		tunt rep	schakt-1			2021-10-08
	6	Drev		djurhår							sannolikt drev av djurhår	schakt-1			2021-10-09
	7	Ben	fisk			9,5	9				olika bentyper, ex.vis kotor	schakt-1			2021-10-12
Analys-prov	8	Pottaska									möjlig pottaska	schakt-1			2021-10-11
	9	Rep		hampa		37	1 (3 fragm)				Del av rep	schakt-1			2021-10-11
	10	Tross		hampa		305	1 (16 fragm)				Del av grov tross	schakt-1			2021-10-12
	11	Tunnlock		trä		293	1				Halvt tunnlock, med bomärke	schakt-1	babord förligt hörn		2021-10-13
	12	Ben	fisk			1,1	2				sannolikt fiskben	schakt-1			2021-10-13
	13	Rackklot		trä		139	1					schakt 1	babord aktra hörn		2021-10-13
förkom-met i fält	14	Ben	fisk			?	?				sannolikt fiskben	schakt-1		låda för-svunnen	2021-10-13
	15	Tunnlock		trä		408	1 (2 fragm)				Halvt tunnlock, med bomärke	schakt-1	babord aktra hörn		2021-10-13

Gallrat	Fynd-nr.	Sakord	Typ	Material	Trä-slag	Vikt (g)	Antal	Längd/ dia (mm)	Bredd (mm)	Tjocklek (mm)	Beskrivning	Område	Kontext	Anm.	Datum
	16	Jungfru		trä		217	1				Tre genom-gående hål	schakt-1			2021-10-13
	17	Rep		hampa		10	1				Del av rep, ca 1 dm långt	schakt-1			2021-10-13
återdepo-nerat	18	Tunnlock										schakt-1	akter,bb intill tunnan i hörnet	återdepo-nerat	2021-10-13
	19	Tunnlock		trä		684	1				Halvt tunnlock, med bomärke	schakt-1			2021-10-14
	20	Rep		hampa		3	2 fragm				Delar av samma rep?	schakt-1			2021-10-14
	21	Ben	fisk			14,02	33					schakt-1			2021-10-14
	22	Horn				10	1	50	15		del av hornspets, till-hör 23 nedan	schakt-1			2021-10-14
	23	Horn				2000		800	50		helt renhorn? + 22 ovan	schakt-1			2021-10-15
Analys-prov	24	Järn	Osmund			50					små bitar järn	schakt-1			2021-10-15
	25	Rep		hampa		30	1 (3 fram)				Del av grövre rep	schakt-1			2021-10-15
	26	Rep				10	1 (2 fram				Del av rep	schakt-1			2021-10-15
	27	Tunnlock				506	1				Halvt tunnlock, med bomärke på båda sidorna	schakt-1			2021-10-18
	28	Rep				38	1 (3 fragm)				Del av rep	schakt-1			2021-10-18
	29	Rep				4	1 (10-tal min-dre fragm)				tunnt rep i delar/lösa fragm kardeler	schakt-1			2021-10-18
	30	Textil				11	1				något organiskt material, osäkert vad. Påminner om jutesäck/fil. Drev?	schakt-1			2021-10-18
	31	Tunnlock		Trä	Ek	553	1	360	160	37	Halvt tunnlock, med bomärke	schakt-1		Fotat	2021-10-18

Gallrat	Fynd-nr.	Sakord	Typ	Material	Trä-slag	Vikt (g)	Antal	Längd/ dia (mm)	Bredd (mm)	Tjocklek (mm)	Beskrivning	Område	Kontext	Anm.	Datum
	32	Ben	fiskben			3,2	4				fiskben, kotor	schakt-1	förliga bb-hörnet		2021-10-18
	33	Tunnlock		Trä	Ek	1225	1 (2 fragm)	370	240	30	Två delar av tunnlock, med bomärke	schakt-1	Tillhör tunna 3 (se bil. 8)	Fotat	2021-10-19
	34	Lagg-stav		trä		1012	1	ca 800	100	25	Märke på utsidan. Tvärs-gående V-fomigt urtag mitt över staven på insidan.	schakt-1	Tillhör tunna 3 (se bil. 8)	Fotat, 2 bilder	2023-02-17
Järn-prover	35	Järn	Osmun-dar	Järn		650 resp 265	2						Tunna 1 (se bil. 8)	Osmund 1:1 resp 1:2	2021-10-19
Järn-prover	36	Järn	Osumn-dar	Järn		326 resp 489 resp 440	3						Tunna 2 (se bil. 8)	Osmund 2:1 resp 2:2 resp 2:3	2021-10-19
Järn-porver	37	Järn	Osmun-dar	Järn		504 resp 898 resp 403 resp 298	4						Tunna 3 (se bil. 8)	Osmund 3:1 resp 3:2 resp 3:3 resp 3:4	2021-10-19
Järn-prover	38	Järn	Osmun-dar	Järn		288 resp 473 resp 706	3						Tunna 4 (se bil. 8)	Osmund 4:1 resp 4:2 resp 4:3	2021-10-19
Järn-porover	39	Järn	Osmun-dar	Järn		349 resp 422 resp 387	3						Tunna 7 (se bil. 8)	Osmund 7:1 resp 7:2 resp 7:3	2021-10-19
Järn-prover	40	Järn	Stångjärn	Järn		ca 6 000	1 (2 delar)	985 (480 resp 505)	36-43	18-22	Komplett stångjärn i två delar.		Babords-sida i aktern (se bil. 8)		2019-10-16

Gallrat	Fynd-nr.	Sakord	Typ	Material	Trä-slag	Vikt (g)	Antal	Längd/ dia (mm)	Bredd (mm)	Tjocklek (mm)	Beskrivning	Område	Kontext	Anm.	Datum
Järn-prover	41	Järn	Osmun-dar	Järn		297 rep 309 resp 389 resp 412 resp 591	5						Tunna A (se bil. 8)	Analyse-rade av Helén et al 2001.	2029-10-16
Prover av organiskt material i tunnor	42	Okänt	Okänt	Organiskt			10 provrör						10 provrör med organiskt material från 8 olika tunnor (se bil. 3)		

Bilaga 7. 3D-bilder från utgrävningen 2021



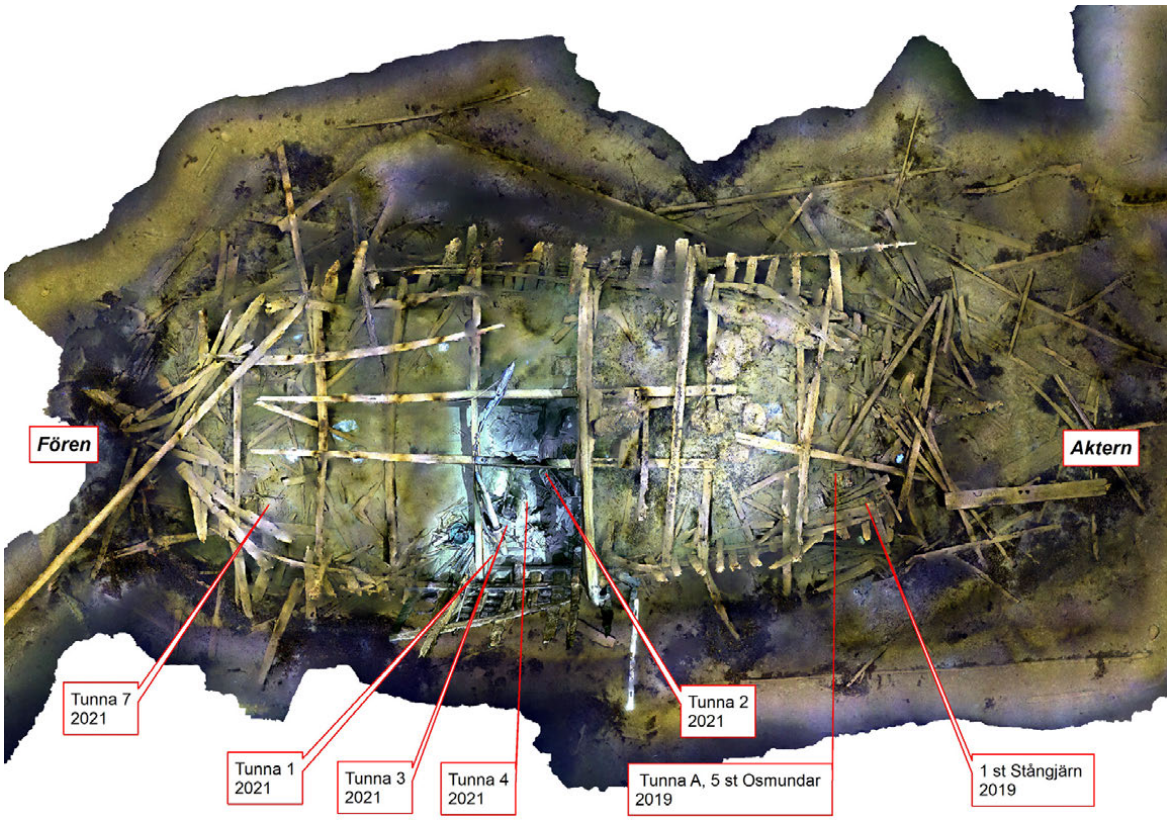
SAVE VIEW

SAVE VIEW

SAVE VIEW
MARITIMA OCH TRANSPORTHISTORISKA MUSEER

SAVE VIEW

Bilaga 8. Osmundprover



OSMUNDVRAKET

Statens maritima och transporthistoriska museer (SMTM) utförde under april 2017 en första inventering av ett vrak som påträffats av Niklas Ekström (Dykcharter.se) året innan. Lämningen ligger nordväst om Simpskallen, vid öarna Stora- och Lilla Husarn utanför Dalarö i Stockholms skärgård.

Genom dendrokronologisk analys har skeppet kunnat fastställas vara byggt under 1540-talet. Vraket har sannolikt renoverats eller reparerats kort efter 1553 och någon gång strax därefter har fartyget gått under.

Skeppets last består övervägande av järn, främst i form av ett större antal tunnor fyllda med så kallade osmundar. Även knippen med stångjärn finns i lasten.

De undersökningar av vraket och dess last som presenteras i föreliggande rapport har genomförts under perioden 2017–2021.

VRAK
MUSEUM OF WRECKS

BOX 27131
102 52 STOCKHOLM

WWW.VRAKMUSEUM.SE
WWW.SMTM.SE