

Muntonderzoek op microschaal

Huisman, H; van Eijck, L.; Ngan-Tillard, D.J.M.; Joosten, I.A.E.; Zhou, Z.

Publication date

2021

Document Version

Final published version

Published in

Veilig naar de overkant

Citation (APA)

Huisman, H., van Eijck, L., Ngan-Tillard, D. J. M., Joosten, I. A. E., & Zhou, Z. (2021). Muntonderzoek op microschaal. In T. de Groot, & J. W. de Kort (Eds.), *Veilig naar de overkant: Onderzoek naar een mundvondst uit de Romeinse tijd in het dal van de Aa bij Berlicum (gemeente Sint Michelsgestel)* (Vol. 267, pp. 61-66).

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

5.9 Muntonderzoek op microschaal

H. Huisman, L. van Eijk (Technische Universiteit Delft), I. Joosten, D. Ngan-Tillard (Technische Universiteit Delft) & Z. Zhou (Technische Universiteit Delft)

5.9.1 Inleiding

Het onderzoek in Berlicum vormt een uitgelezen kans om de algemene kennis over corrosieprocessen van koperlegeringen te vergroten, waarbij de wederzijdse interactie tussen koperlegeringen en het bodemmilieu voorop staat. Hierbij staat als onderzoeksvraag uit het PvE centraal:

- Wat is de conservering van de munten en eventueel andere (metaal)vondsten en welke post-depositionele processen zijn hier van invloed op geweest?

Dit onderzoek wordt ingegeven door een kennisleemte over corrosieprocessen bij artefacten van koperlegeringen. Bij metalen artefacten wordt de archeologische waarde mede bepaald door het type en de mate van corrosie die in de bodem is opgetreden. Begrip van corrosieprocessen en –snelheden onder verschillende omstandigheden is daarom van groot belang om de mogelijkheden voor *in situ* behoud van vindplaatsen op langer termijn te kunnen bepalen. Daarbij is het van belang om voor verschillende bodemmilieus vast te stellen wat voor processen optreden, wat de effecten daarvan zijn op de archeologische informatie-waarde van metalen objecten en (indien mogelijk) hoe snel die optreden. Van sommige milieus is al vrij veel bekend (bijvoorbeeld droge zandbodems, permanent waterverzadigde milieus). Van andere milieus is het kennisniveau zeer beperkt.⁸⁶

Eén van de bodemmilieus waarvan het kennisniveau beperkt is, zijn bodems met wisselende watergehaltes. De afwisselingen tussen zuurstofhoudende en zuurstofarme milieus, en de interactie met in de bodem aanwezig ijzer en mangaan, zorgen bij begraven objecten van koperlegeringen en andere non-ferro metalen voor processen die niet goed begrepen worden. Dat is mede het gevolg van het feit dat de meeste corrosie-studies plaatsvinden op

objecten nadat ze zijn opgegraven en de omringende bodem is verwijderd. Juist in de deze omringende bodem zijn belangrijke aanwijzingen te vinden hoe de corrosie plaatsvindt, in de vorm van verschillende ijzer-, mangaan- en koper-mineralen. In combinatie en associatie met de corrosielagen van de objecten zelf geven die een compleet beeld van het corrosiesysteem.

Om het corrosieproces te kunnen onderzoeken, is een dwarsdoorsnede gemaakt van één van de munten uit de proefsleuf (vnr 20) en zijn corrosielaag, terwijl die nog ingebed lag in een ijzerconcretie (afb. 5.25). Op die manier kunnen de eigenschappen van bodem, mineralen en corrosie en hun effect op de archeologische informatiewaarde worden vastgesteld. Dit onderzoek is destructief. Het impregneren in kunsthars en vervolgens doorzagen, maakt het onmogelijk om de munt vervolgens nog te identificeren. Daarom zijn nieuwe technieken uitgeprobeerd om muntidentificatie mogelijk te maken, zonder de munt uit de concretie te hoeven halen voorafgaand aan het destructieve onderzoek.

In deze paragraaf worden de methoden en resultaten van het onderzoek van de munt in de concretie gepresenteerd. De discussie over de implicaties voor het corrosieproces en de implicaties daarvan volgt in paragraaf 7.3.



Afb. 5.25 De corrosiekorst rond één van de munten uit de proefsleuf (vnr 20).

⁸⁶ Zie voor een overzicht Huisman & Joosten 2009.

5.9.2 Methoden

De concrete met munt is tijdens het veldwerk ontdekt (vnr 20). De rand van de munt stak nog net uit de concrete, maar was verder ingebed in met ijzeroxides verkit zand (afb. 5.25). Deze concrete is onderzocht door middel van neutronentomografie⁸⁷ en röntgentomografie⁸⁸ (afb. 5.26). De hierbij verzamelde data zijn vervolgens gebruikt om virtuele doorsnedes van de concrete met de munt te maken die gebruikt zijn om de munt te identificeren. Vervolgens is de concrete met de munt geïmpregneerd in polyester kunsthars en

⁸⁷ Zhou et al. 2018.

⁸⁸ Ngan-Tillard & Huisman 2017.

⁸⁹ Determinatie door Liesbeth Claes.



Afb. 5.26 Zhou Zhou plaatst de munt in de neutron tomografie opstelling FISH.

doormidden gezaagd (afb. 5.27 en 5.28). Van het zo ontstane blok is een slijpplaat gemaakt. De slijpplaat is bestudeerd met polarisatie- en opvallend lichtmicroscopie. Het gepolijste, geïmpregneerde blok is onderzocht met behulp van opvallend lichtmicroscopie en elektronenmicroscopie (SEM-EDX; erfgoedlaboratorium Amsterdam) om de eigenschappen en ruimtelijke verdeling van sediment, ijzeroxides en corrosieproducten te onderzoeken. Het ongecorrodeerde metaalfragment van de kern van de munt heeft losgelaten bij de preparatie. Delen van de concrete hebben bij het naslijpen ook losgelaten (zie paragraaf 5.7.2, waar wordt ingegaan op de reden hiervoor). Daardoor kon slechts een deel van de concrete worden onderzocht met doorvallend lichtmicroscopie. Omdat opvallend lichtmicroscopie en elektronenmicroscopie op het geïmpregneerde en doorgezaagde monster zijn uitgevoerd, is hierbij geen probleem voor de analyse ontstaan.

5.9.3 Resultaten van de tomografie

In de neutronen- en röntgentomografie bleek het nog niet gecorrodeerde deel van de munt goed te onderscheiden te zijn van de omringende corrosie en concrete (afb. 5.29 A). Verschillende doorsnedes parallel aan de munt en dicht bij het oppervlak tonen patronen die waarschijnlijk letters, een zittend figuur en (aan de andere kant) een keizershoofd representeren (afb. 5.29 B-D). Op basis van deze beelden is de munt geïdentificeerd als sestertius van keizer Hadrianus; de zittende figuur zou een gevleugelde Victoria kunnen zijn maar ook een Fortuna Redux of een Securitas.⁸⁹

5.9.4 Resultaten van de microscopie en submicroscopie

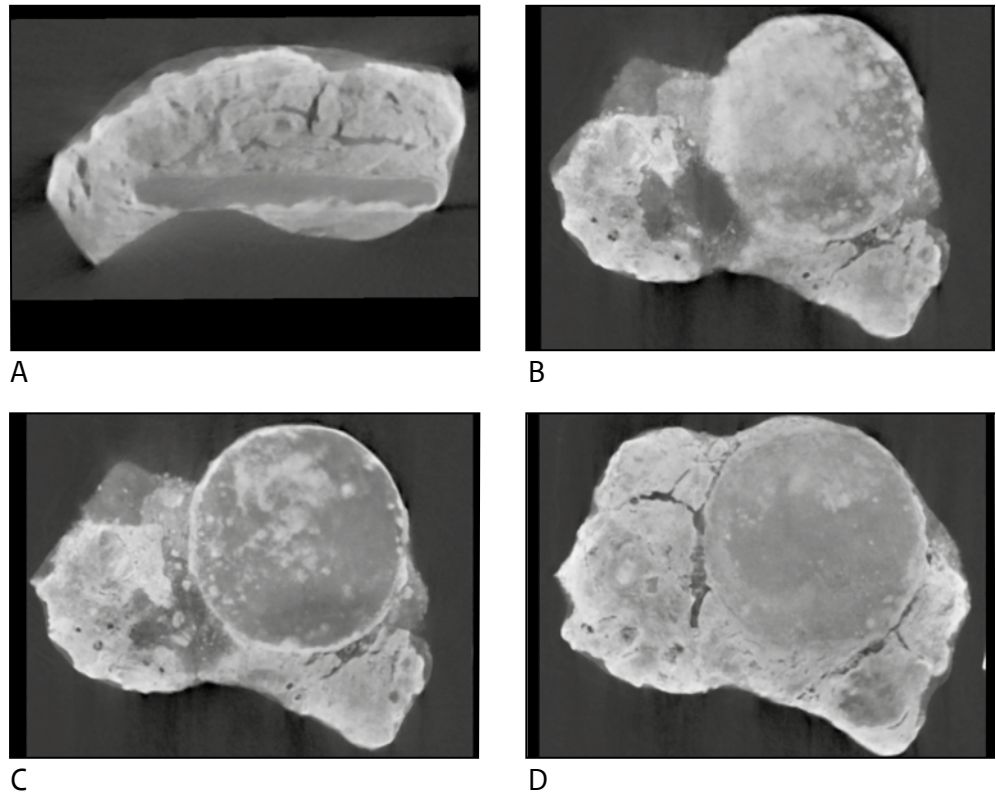
In afbeelding 5.28 is duidelijk de messingkleurige munt zichtbaar, ingebed in de concrete. De concrete bestaat uit een donkeroranje tot rode en zwarte grondmassa van ijzeroxides. Direct rondom de kern is deze grondmassa homogeen; verder naar buiten zijn zand- en siltkorrels ingebed en komen er holtes voor. Onder de polarisatiemicroscopie heeft de



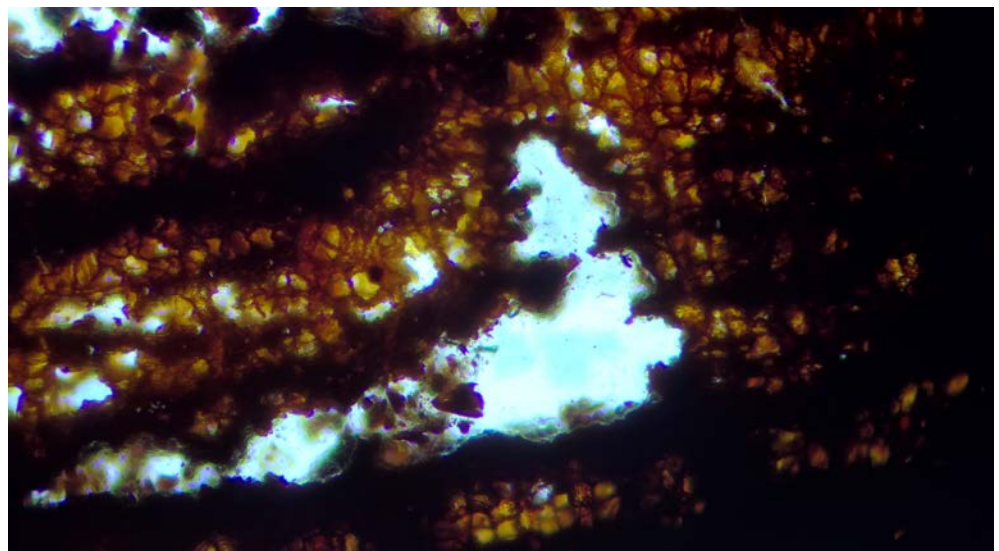
Afb. 5.27 De munt na impregneren. De zwarte lijn geeft aan langs welke lijn de concrete is doorgezaagd.



Afb 5.28 De doorgezaagde geïmpregneerde concrete. Het niet gecorrodeerde deel van de munt is goudkleurig, de corrosie en de ijzerconcrete hebben tinten die variëren van geeloranje tot zwart. Aan de rand komt enig zand voor dat niet is geïmpregneerd (beeld van lage-vergroting opvallend licht microscoop).



Afb 5.29 Verschillende virtuele doorsnedes door de munt en concrete, en mogelijke interpretatie van de beelden. A: Doorsnede haaks op de munt. De munt is duidelijk zichtbaar als donker deel in de concrete. Met name aan de onderkant is zichtbaar dat delen van de munt zijn omgezet naar een corrosieproduct. B: Doorsnede parallel aan de munt. Onderaan lijken enkele letters zichtbaar te zijn. C: Idem, de witte vlekken vertegenwoordigen mogelijk een zittend figuur. D: Idem (andere kant van de munt). De iets donkerder vlek in het midden is waarschijnlijk een keizershoofd.



Afb 5.30 Fragment plantaardig weefsel in de concrete rondom de munt. De ongedifferentieerde cellen zijn typisch voor het weefsel in plantenwortels.

grondmassa van deze concretie dezelfde aanblik als de donkere tot zwart/opake delen van de ijzerconcreties die in de slijpplaten van monster 48 zijn waargenomen (zie paragraaf 5.7). In de concretie kwam daarnaast een groot stuk wortelweefsel voor (afb. 5.30).

De munt zelf blijkt te bestaan uit een koper-tin-zink legering (75 % Cu, 13 % Zn, 3% Sn) met sporen van zilver, met sporadisch een sferisch fragmentje lood. De elektronenmicroscopie beelden gaven een duidelijker beeld van de aantasting van de munt en het ontstaan van de concretie: het ongecorrodeerde deel van de munt vertoont een rafelige rand. Een op het eerste gezicht homogene grondmassa van ijzer-oxides sluit bijna naadloos aan op het ongecorrodeerde metaal. Meer in detail blijken in deze zone neerslagen voor te komen van tinoxides, soms afgewisseld met koperoxides of restjes metallisch koper. De tinoxides vertonen soms warrige en soms netjes gebande patronen (afb. 5.31 B, C, D). In de zone waar zandkorrels zijn ingebed in de concretie blijken sommige delen van de ijzeroxides rijk te zijn in koper.

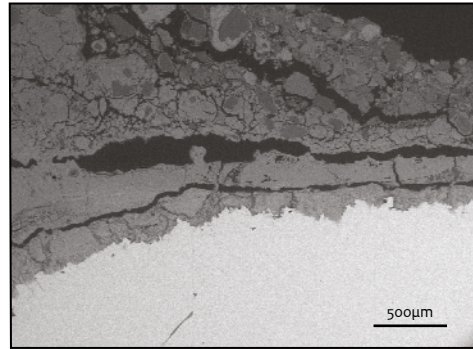
Buiten deze zone met tinoxides bevindt zich het deel van de concretie waarin zand- en siltkorrels zijn ingebed. In deze zone zijn tenminste twee fasen te herkennen, die verschillen in de dichtheid van de ijzeroxide massa en de grootte en verdeling van de zand- en siltkorrels (afb. 5.31 F). Dicht bij de munt zijn in dit deel van de concretie zones te vinden met hogere concentraties koper. Die lijken zich vooral te beperken tot scheuren en holtes.

5.9.5 Discussie

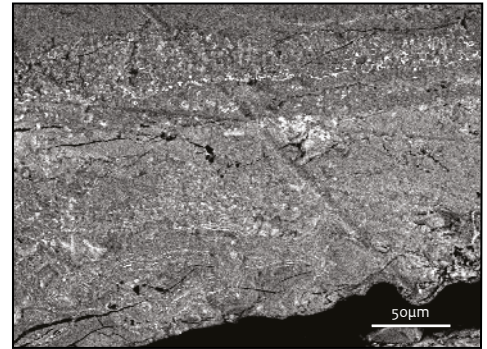
De neutronen- en röntgentomografie blijken van grote waarde te zijn om archeologische informatie vast te leggen voorafgaand aan destructief onderzoek. Zeker in combinatie met visualisatiesoftware bleek determinatie van de munt in kwestie mogelijk.

De optische en SEM-analyses van de slijpplaat van het geïmpregneerde blok levert detailinformatie op die duidelijk maakt op welke manier de interactie tussen corrosie en bodemprocessen de concretie hebben gevormd.

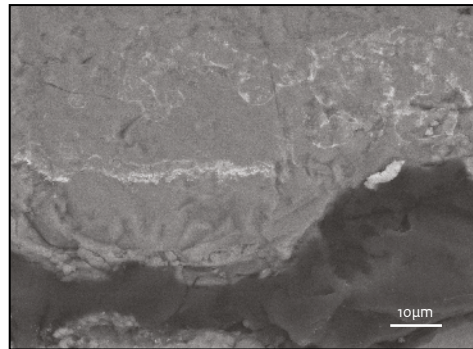
De munt moet in de gleyzone van een bodem gelegen hebben. Enerzijds zorgde contact met zuurstof voor oxidatie van de verschillende metalen die in de munt aanwezig waren. Tegelijkertijd kwam ijzer (als $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$) beschikbaar uit zuurstofloos grondwater, oxideerde eveneens en sloeg neer als ijzeroxides. Hierbij kunnen wisselende grondwaterstanden, maar ook poriën zoals wortelgangen een rol hebben gespeeld. Het geoxideerde zink en koper losten op en werden uit het systeem getransporteerd. De daarbij ontstane ruimte werd ingenomen door de nieuw gevormde ijzeroxides. Tin oxideerde en kwam eveneens in oplossing, maar sloeg bijna direct weer neer als tinoxide in regelmatige of onregelmatige bandjes in de ijzer-oxides. Dit proces heeft waarschijnlijk langzamerhand gezorgd voor het oplossen van de originele buitenste lagen van de munt, waarbij die effectief werden vervangen door ijzeroxides waarin tinoxides lagen ingebed. In de SEM-beelden moet het originele oppervlak van de munt dan ook waarschijnlijk worden geplaatst waar tinoxide niet meer in de ijzer-oxide-massa aanwezig zijn. Opvallend in de SEM-beelden is dat scheuren in de concretie vaak dwars door de zone van ijzeroxide en tinoxide lopen. Daardoor is openbreken van de munten om het oorspronkelijke oppervlak te vinden niet (of niet altijd) succesvol. Het voorkomen van meerdere fasen in de aangroei van de concretie rondom de munt, waarbij duidelijke verschillen in korrelgrootte van het ingebedde sediment zichtbaar zijn, is niet logisch als je er van uitgaat dat de munt in deze posities primair is gedeponeerd. Dan hadden de ingebedde korrels in alle delen van de concretie een zelfde korrelgrootteverdeling gehad moeten hebben. De meest logische verklaring is dat de munt in eerste instantie in een gleybodem terecht is gekomen, waar de concretie begon te groeien. Vervolgens is deze bodem geërodeerd, en is de munt in concretie in andersoortig sediment ingebed geraakt. Daarbij hoeft geen sterke laterale verplaatsing te zijn opgetreden. In dit sediment is vervolgens weer een gleybodem ontwikkeld, waarbij de aangroei van de concretie verder is gegaan. Dergelijke afwisselingen tussen groei van de concretie en erosie of sedimentatie kan meerdere keren hebben plaatsgevonden.



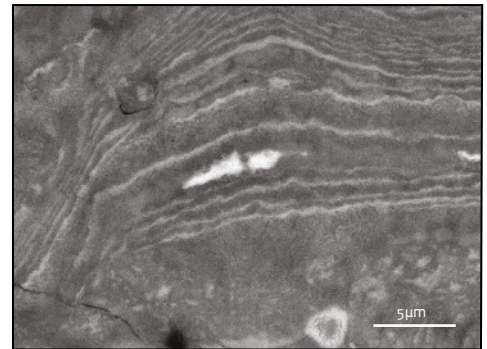
A



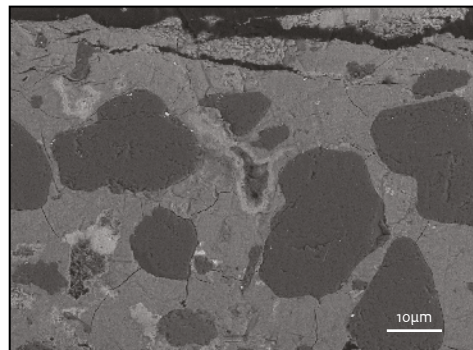
B



C



D



E

Afb 5.31 Elektronen-microscopiebeelden van de munt. A: Overzicht. Het ongecorrodeerde metaal (onder; licht van kleur) heeft een rafelige rand. Daarboven is de massa ijzeroxides zichtbaar, doorsneden door scheuren. Bovenin beeld zijn daarin zand- en siltkorrels ingebed in de ijzeroxides. B: Massa van ijzeroxides dicht bij de metallische kern. De lichte delen in de grondmassa bestaan hoofdzakelijk uit clusters tinoxides en koperverbindingen, hoewel ook sporadisch zilver en koper – zwavel verbindingen zijn aangetroffen. C: Detail van A; ongeordende neerslag van tinoxides. D: Netjes gebande neerslag van tinoxides. De grotere witte vlek in het midden is koper of koperoxide. De ringvormige witte vlek onderaan bestaat uit zilver met een ring van kopersulfide of – sulfaat. E: Grondmassa van ijzeroxides met ingebedde zandkorrels. De lichtere delen van de ijzeroxides zijn rijk in koper. F: Grondmassa van de concrete op lagere resolutie. De dichtheid van de ijzeroxide grondmassa en de verdeling en korrelgrootte van de zand-/siltkorrels laten zien dat er minstens twee fasen zijn geweest in de aangroei van de concrete.