De binnenkant buiten: Op reis naar de binnenkant van artefacten en monsters

Verslag van de achtste kennisdialoog

Op 1 oktober vond in de Kinderdijkzaal van de RCE te Amersfoort de achtste kennisdialoog binnen het kader van het E-RIHS-project 'Samen Kennis Maken' plaats. Ditmaal stond een scala aan technieken centraal, zoals micro-CT, röntgenradiografie en neutronenscans, waarmee het onzichtbare zichtbaar kan worden gemaakt. Deze beeldvormingstechnieken bieden allerlei mogelijkheden voor onderzoek aan artefacten en voorwerpen: niet alleen om te achterhalen van welke materialen ze zijn gemaakt, maar ook voor het leesbaar maken van letters/inscripties en zichtbaar maken van oude reparaties en restauraties.

Inleiding
Onder leiding van moderator Dana Kooistra ging de ochtend van start. Helaas was Dominique Ngan-Tillard (TU Delft) door ziekte uitgevallen, maar Lambert van Eijck (TU Delft) was bereid gevonden om een deel van haar werk toe te lichten.

Jan van 't Hof (RCE), nationaal coördinator E-RIHS, gaf een korte introductie over E-RIHS in Nederland en het belang van de dialoog. E-RIHS heeft als hoofddoel om de samenwerking van erfgoedprofessionals met natuurwetenschappelijke onderzoekers te stimuleren en de kennisinfrastructuur te verbeteren. Van belang is het leggen van de basis voor een duurzame infrastructuur voor onderzoek, en wel voor de drie domeinen: archeologie, monumenten en roerend erfgoed, en bij voorkeur domeinoverstijgend. Jan blikte kort terug op de partners in de werkgroep (waaronder TU Delft en SIKB) en de vier Nederlandse partners die internationale onderzoekers toegang bieden tot hun laboratoria. Naast het stimuleren van kennisoverdracht naar jonge onderzoekers (via leer-werktrajecten, zoals de vijf jonge specialisten via BAP-SAMPL) wordt ook hardware ontwikkeld, zoals het realiseren van dendrochronologische boren waarmee hout bemonsterd kan worden.



Afbeelding 1: Jan van 't Hof neemt de deelnemers mee in een introductie op E-RIHS

Esther Wieringa (SIKB) toonde het online kennisplatform 'Vindhetverleden.nu', ingericht om de natuurwetenschappelijke specialist te vinden en samen te werken aan een zinvolle vraagstelling. Want zoals steeds vaker wordt gehoord in de archeologische wandelgang, worden specialisten vaak te laat betrokken bij onderzoek. En dat is heel jammer, want zo worden kansen om andere inzichten over het verleden te krijgen, ontnomen. Op die manier blijft Nederland stilstaan, terwijl de *Third Science Revolution* elders in Europa gaande is.
Esther haalde aan dat het SIKB-project 'Samen Kennis Maken' de komende jaren kan doorgaan, met financiële ondersteuning vanuit E-RIHS. Dat vervolg omvat nog meer dialogen, ook in het veld, en meer inspiratieverhalen die het kennisplatform zal bieden.

Eerste ronde
Na deze introducties was het woord aan **Renée Martens** (Restaura), wiens hart al vroeg lag bij de vertaling van kennis naar praktijk, en wel bij het behandelen en restaureren van archeologische voorwerpen. In het atelier van Restaura voert zij zelf gerichte materiaalstudies uit, zoals XRF- en XR-onderzoek. Met die technieken is de samenstelling van het oppervlak van metalen voorwerpen te meten: wat voor type legering is het? Brons of messing? Heeft deze fibula een vertind oppervlak? Röntgenradiografie wordt vaak aan ijzeren klompen gedaan, meestal als blok uit het veld gelicht. De röntgenstraling laat goed zien waar de ijzeren onderdelen zitten, waardoor het 'afpellen' van de klomp (die een middeleeuws gesp bleek te zijn) of het blok (uiteindelijk een muntschat) precies kan worden uitgevoerd.


Afbeelding 2: Renée Martens geeft een digitale rondleiding door het atelier van Restaura.

De expertise van **Luk van Goor** (Restaura) ligt op het vlak van 3D-scans, fotometrische stereotechniek en fotogrammetrie, waarmee details aan het oppervlak van voorwerpen goed zichtbaar en vastgelegd kunnen worden. Voor archeologische voorwerpen is dat vaak een probleem, omdat die (te) laat het atelier binnenkomen: hout heeft buiten gelegen of was lang ingepakt in plastic. Bronzen voorwerpen zijn met een spons schoongeboend. Dat zijn allemaal handelingen die maken dat oppervlakte-informatie verloren gaat. Luk laat allerlei voorbeelden zien van voorwerpen waarvan in het oppervlak ingekraste namen, tekeningen en inscripties zien (die o.a. door AI worden gelezen en vertaald), zoals een laatmiddeleeuwse tabaksdoos die met SpectroFusion-scannertechniek tot leven komt. Een ander voorbeeld is een vervloekingstablet uit Heerlen, die met 4000 foto's is vastgelegd. Door fotometrische *focus stacking* te combineren met fotogrammetrie werd de Griekse tekst goed

leesbaar. En de 3D-beelden van een oudtijds gerestaureerde pot uit de Romeinse tijd (uit een museumcollectie) met een UV-laag, geprojecteerd op een gepolariseerde 3D-scan in kleuren, laat zien welke delen nieuw zijn toegevoegd en waar de oude lijmsporen zitten. Als klap op de vuurpijl liet Luk een nieuwe, kleine SpectroFusion-3D-Scanmodule zien waarmee live (gekoppeld aan een telefoon, in het veld) fotometrische stereobeelden en andere methoden naar keuze gemaakt kunnen worden. Deze module is nog in ontwikkeling en dus nog niet verkrijgbaar.



Afbeelding 3: Luk van het Goor gaat dieper in op het oppervlak.

Na deze presentaties volgde, zoals gebruikelijk, een **eerste dialoog**. De deelnemers werden door middel van nummers op hun badges in groepjes verdeeld en gingen met elkaar en met Renée en Luk in gesprek over verschillende vragen, zoals:

- Welke aanbevelingen zijn er voor onderzoek? Zijn er röntgenapparaten die tijdens een opgraving in het veld zijn te gebruiken? Er bestaan mobiele scanners (o.a. bij de dierenambulance), maar die werken vaak met stalen platen als basis waardoor kleine fragmenten niet zichtbaar zijn. Het is beter om dunnere of houten platen te gebruiken. Daarbij komt dat de beelden vaak best lastig interpreteerbaar zijn. Dat moet in samenspraak met de specialist.
- Voor XRF geldt dat het apparaat vaak duur is. Bovendien is het van belang dat je als specialist het apparaat goed kent (welke modus is de beste voor welke materialen?), weet welke delen van het oppervlak zich het beste voor meting lenen en je bewust bent van de veiligheidsissues (radioactieve straling).
- Het werkproces in het atelier van Restaura is veelal maatwerk. Het bundelen van scans kan als het om kleine voorwerpen gaat (munten), want de scanplaat is ca. 30 bij 30 cm. Restaura heeft standaardtarieven, maar in overleg is er veel mogelijk.



Afbeelding 4: in de eerste dialoogronde verspreidden de deelnemers zich over zaal en ontvangsthal.

Tweede ronde

In tweede bijdrageronde kreeg **Lambert van Eijck** (TU Delft) het woord over welke technieken zijn universiteit beschikt en hoe deze worden ingezet, waarbij röntgenstraling en neutronen in tomografie het mogelijk maken om 3D-visualisaties te verzorgen. Voorbeeld daarvan zijn de Tilburgse 'eieren' uit de midden-ijzertijd die met een X-ray micro-CT-scanner zijn onderzocht. Binnenin bleken holtes te zitten: indrukken van fragmenten van mantelspelden en stukjes gebroken armbanden. Zo werden de 'eieren' ontmaskerd als smeltkroezen. Aansprekend is ook de zeventiende-eeuwse rinkelbel uit Dordrecht, een zilveren fluit-bijt-rammelaar, waarbij neutronenbeelden het organisch materiaal (waarschijnlijk textiel) in de metalen schacht liet zien. Het E-RIHS-project gericht op onderzoek van een pijpje gemaakt van gekleurd glas, combineerde zowel röntgen- alsook neutronenanalyse. Naast kleurvaststelling bleken ook scheurtjes en reparaties goed zichtbaar. Aan de hand van een studie aan een bronzen godenbeeld van Kuvera (hindoeïsme en het boeddhisme) uit de collectie van het Rijksmuseum in Amsterdam liet Lambert zien dat de samenstelling van diverse materialen – zowel de buiten- als de binnenkant – bepaald kan worden (brons, goudfolie, schelp, corrosie). Met gammaspectrometrie is het vervolgens mogelijk (met gewicht en volume) van het voorwerp om de bronssamenstelling te kwantificeren.

De beelden van de interne structuur van een katmummie uit Turijn zijn niet alleen interessant voor experts, maar ook boeiend voor het grote publiek. Onderzoek naar Nederlandse bronstijdvoorwerpen die in een ander project zijn bestudeerd, maakt het mogelijk een goede vergelijking te maken tussen de verschillende methoden. De resultaten van de pXRF geven informatie over de samenstelling van het bronsoppervlak. Die zijn net wat anders dan de ICP-MS-data van het samenstelling van het boormonster. Die wijken ook weer af van de gammaspectrometrische uitkomsten. *Bottom line* is dat alle resultaten goed zijn. In het brons zijn verder interessante verschijnselen te zien: dendrieten (die wijzen op gietrichting), afgeplatte bellen (die wijzen op een gehamerd oppervlak) of zwarte vlekken (die wijzen op loodbolletjes die niet zijn gesegregeerd in de legering).



Afbeelding 5: Lambert van Eijck spijkert de zaal bij over straling en (het nut van) radioactiviteit.

Na de presentatie van Lambert was het tijd voor een **tweede dialoog**, waarna de deelnemers met elkaar en met Lambert in gesprek gingen over:

- De mate van radioactiviteit na afloop van het onderzoek. De onderzochte voorwerpen worden nog twee weken in quarantaine gehouden voordat ze terug gaan naar eigenaar/depot;
- De onderzoeksreactor staat in Delft, dus de voorwerpen moeten daar naar toe worden gebracht;
- Hoe lang duurt het onderzoek? Met röntgen is het een paar minuten, met neutronen een paar uur en dat geldt ook voor de gammaspectrometrie, en de dataverwerking (2-3 uur);
- Op de vraag of er al een referentiecollectie is, antwoordt Lambert dat hij een sterke wens heeft om alle voorbeeldvisualisaties en data op een openbare digitale plek te zetten. Dat maakt het mogelijk dat zowel de archeoloog als andere experts door de beelden kunnen ‘scrollen’. Iedere specialist ziet weer andere details. Samenwerking is cruciaal. Bij dit type onderzoek is het vaak een vraag- en antwoordspel, want Lambert ziet vaak verschijnselen in de interne structuur die archeologen niet kennen, terwijl archeologen weet hebben van het gebruik, de productie en context.
- Is het mogelijk om een handreiking op te zetten? Lambert gaf hierbij aan dat dit vooral door de archeologen zelf gedaan zou moeten worden, omdat zij het beste weten welke informatie vanuit de

gescande voorwerpen van belang is voor hun onderzoeksvragen. Uiteraard kan hij helpen aan de datazijde.



Afbeelding 6: de vragen uit de tweede dialoogronde worden plenair behandeld.

Terugblik en vooruitblik
De kennisdialoog van 1 oktober 2026 stond in het teken van het moeilijk of niet zichtbare toch zichtbaar te maken, middels meerdere innovatieve (combinaties van) technieken. Door goed met elkaar samen te werken en vooraf de mogelijkheden hiervoor te bekijken, kunnen ook in het veld al de juiste keuzes worden gemaakt om de kans zo groot mogelijk te maken dat deze beeldvormingstechnieken daadwerkelijk hun belofte waar kunnen maken.

Aan het eind van de ochtend, voorafgaand aan het dankwoord en de nazit met catering, gaf Esther nog aan dat het zeer gewaardeerd zou worden als mensen hun ideeën voor nieuwe kennisdialogen én velddialogen zouden willen delen met de organisatie. Dit kon middels een mandje dat in de zaal stond, maar ook via een mail gericht aan de SIKB. Zodoende kunnen met gezamenlijk het vervolg vormgeven op zo'n manier dat het zo goed mogelijk past bij de interesses en wensen van de deelnemers. We hopen op veel respons!



Afbeelding 7: van zowel het oppervlak van een bijl als deze, alsook van haar binnenste, kunnen de geheimen in beeld worden gebracht.

Bijlage:
Voor de volledigheid volgen de vragen en antwoorden uit de dialogen hieronder:

Naar aanleiding van de presentaties van Renée Martens en Luk van Goor:

1. *Welke mogelijkheden zie je voor het toepassen van de technieken waar je zojuist over gehoord hebt in je eigen werk (even los van praktische beperkingen zoals budget)?*
2. *Wat zou je aan de spreker terug willen geven en/of vragen vanuit jouw ervaring en kennisgebied?*

Mogelijkheden

- Degradatie bijhouden – musea / depot
- PvE opstellers moeten durven te vragen (bij BG of specialisten) m.b.t. technieken
- In Denemarken wordt metaal d.m.v. röntgen bekeken, op basis daarvan wordt een (de)selectie gemaakt
- Het scannen van scherven en het dan mogelijk maken van reconstructies
- Vanuit de opleiding archeologie (HBO + WO) wordt te weinig aandacht aan nieuwe technieken besteed = toekomst
- Belangrijk is de vraag wat wil je weten
- Legering kan informatie geven over herkomst
- Belichtingsspectra methode om versleten stempels op aardewerk en romeinse dakpannen
- Röntgen handig voor selecties op bulk
- Voor monitoring van corrosie op vondsten
- Voor onderzoek op de collectie in het depot
- Slachtsporen op bot
- Bewustwording; inbedding nieuwe technieken in het werkveld goed laten landen!
- Duidelijk aangeven welk techniek schadelijk is op object om goed afweging te maken
- Determinatie van munten, herkenning van tekst
- Niet onderzochte vondsten in depot bijvoorbeeld metaal
- Data client voor toekomst opgeslagen worden anders gaat data verloren. Grote bestanden (pakbon)(duurzaam opslag)
- Alles in DANS maar is het daarna bruikbaar?
- Gebruikssporen
- Restauratie
- Sporen vergelijken
- Monitoren in depot: kun je eerder schades zien met bepaalde technieken i.p.v. observatie en kun je dan eerder verval voorkomen?
- Productie
- Gebruik
- Aanpassingen van objecten
- Versiering/stempels
- Technieken dienen in veld toepasbaar zijn, apps van goede kwaliteit
- Weer zichtbaar maken van afgesleten inscripties etc.
- Als toepassing voor het onderscheiden van gebruikssporen
- Organisatie van te voren. Terwijl soms toevalsvondsten er zijn wel weten wat er aan technieken zijn.
- Ja, bij stadkernonderzoek bijvoorbeeld (muuronderzoek) bouwhistorisch onderzoek
- Ja, mogelijkheden bijvoorbeeld bij grafveldonderzoek. Als de verwachting bekend is vooraf.
- Gebruikssporen analyse
- Publieksarcheologie
- Depotbeheer (achteruitgang)
- Inscannen van structuren waardoor je een verschillend perspectief kan krijgen. Het kan ook voor educatie en communicatie gebruikt worden.

Vragen
- Lijst met kosten per onderzoek beschikbaar?
- XRF: welke elementen kunnen niet gedetecteerd worden, naast koolstof?
- Hebben jullie aanbevelingen voor archeologisch onderzoek, welke kennislacunes zien jullie?
- XRF: wat is de minimale detectielimiet?
- Kan je, aan de hand van het meten van een patina laag, meer te weten komen over de vondstomstandigheden, post-depositionele processen, etc.?
- Aanbieden pakket lopende band werk?
- Automatisering mogelijk?
- Hoe zit het met data opslag? Zijn aparte programma's nodig?
- Data: is er een mogelijkheid/platform om 3D & afgeschermd imaging data onder experts uit te kunnen delen? Hoe zit dat met auteursrecht?
- Data: wat betekent dit voor dataopslag (depotbeheer)?
- Werkt de beeldvormingstechniek ook voor teksten op papier? Bijvoorbeeld handschrift?
- Zijn de technieken toepasbaar in het veld?
- Module: scanner? Of op camera?
- Kosten om het te gebruiken? ook om uit te proberen welk object meer oplevert
- CT??
- Welk moment onderzoek? Determineren, conserveren, restaureren?
- Dataopslag: hoe maak en hou je 3D-data beschikbaar voor de komende 50 jaar? Software + hardware updates.

Naar aanleiding van de presentatie van Lambert van Eijck:
1. *Welke mogelijkheden zie je voor het toepassen van de technieken waar je zojuist over gehoord hebt in je eigen werk (even los van praktische beperkingen zoals budget)?*
2. *Wat zou je aan de spreker terug willen geven en/of vragen vanuit jouw ervaring en kennisgebied?*

Mogelijkheden
- Materiaal analyse
- Herkomst onderzoek
- Beperking scanonderzoek
- Kan onderzoek naar de structuur van het metaal bijdragen aan het beter opslaan in een depot of de bewaarcondities van een museum vitrine?
- Afgesloten urn
- Je kan meer zeggen hoe iets is gemaakt
- Je kan beter zien of er nog iets in een voorwerp zit

Vragen
- Waar moet je object aan voldoen om in aanmerking te komen voor dit onderzoek? (aanlooptijd)
- Kunnen archeologische vraagstukken de ontwikkeling van technische innovaties sturen?
- Zijn er nog andere TU's in NL of Europa die op Vindhetverleden aangehaakt kunnen worden?
- Hoe hanteerbaar is de apparatuur?
- Veiligheid m.b.t. straling?
- Wat is het lange termijn effect van reststraling in een object na neutronenonderzoek? Consequenties voor object opslag?
- Welke apparatuur wordt gebruikt? Is dit in het veld mogelijk of alleen in het lab?
- Hoe lang duurt onderzoek? M.b.t. wachttijd, capaciteit, doorlooptijd rapport.
- Wat is de potentie van dit onderzoek voor residuresten zonder duidelijke metaal kenmerken?
- Is er aan de samenstelling van de metalen een mogelijke herkomst te achterhalen? productiecentra & handelsnetwerken in kaart brengen (neutronen-CT)

- Welke aanbevelingen heb je voor archeologisch veldonderzoek?
- Is de methode geschikt voor bloklichting? En hoe? Beperking grootte?
- Hoe lang duurt het onderzoek?
- Welke materialen goed herkenbaar met neutronen? Verfresten?
- Is er al een referentiecollectie/database?
- Is neutronen tomografie ook te gebruiken bij aardewerken holle voorwerpen (die rammelen). Wat zit erin?
- Is je object na onderzoek radioactief?
- Kan bij ijzer in bulk kwantitatief samenstelling worden vergeleken?
- Tip voor SIKB: maak een leidraad specialistische onderzoekstechnieken waarin aangegeven voor welke vondstcategorie welke techniek geschikt is (incl de beperkingen).
- Zorg voor betere inbedding onderzoekstechnieken zodat onderzoekers niet wegbezuinigd kunnen worden (oproep aan het Rijk!)