



AFBEELDING 1. | *Bemonsteren van een boorkern.*

Sedimenten onder de microscoop

JAAP J.M. VAN DER MEER
SCHIPPERSLAAN 38
1442 AB PURMEREND
JJMVDMEER@GMAIL.COM
PROF. EM. SCHOOL OF GEOGRAPHY
QUEEN MARY, UNIVERSITY OF
LONDON, UK

Onderzoek van het sediment in boorkernen kan in twee groepen worden opgedeeld: destructief of non-destructief. In het eerste geval worden in een aantal (sub)fracties één of meerdere eigenschappen (korrelgrootte, kalkgehalte, microfossielen) van het sediment bepaald, het sediment is dus uit elkaar gehaald. In het tweede geval wordt het sediment intact gelaten en als geheel bestudeerd (XRF, X-ray, slijpplaten). Bij niet-destructief onderzoek wordt een veel preciezere (micro-)stratigrafie nagestreefd.

Vanwege de grootte van de samenstellende deeltjes is het niet mogelijk om met het blote oog veel detail in een boorkern te zien. Bij zandfracties valt dat nog wel mee, maar zodra de korrelgrootte kleiner is, wordt het problematisch. Toch is het de moeite waard om meer detail te zien, omdat

de structuur en de opbouw van het sediment veel vertellen over het afzettingsproces en de condities waaronder dat plaatsvond. Met een handlens komen we al wat verder, maar ook dan zien we nog niet veel meer dan het oppervlak van de doorgesneden kern. Vanouds heeft



men geprobeerd meer te zien door röntgenscans van de kern te maken. Het resultaat is een grijs, gevlekt beeld, waarin alles wat in de kern achter elkaar ligt in één vlak beeld is geprojecteerd. Het bestuderen van zo'n beeld lijkt enigszins op turen in hele dichte mist; er is niet veel detail te zien.

Het alternatief is het maken van slijpplaten die onder de microscoop bestudeerd kunnen worden. Daarvoor is het nodig een of meerdere delen van de gehalveerde kern uit te zoeken en uit de boorbuis te lichten. Dit is het makkelijkst te doen door een stuk plastic (bijv. van een overhead sheet) van dezelfde breedte onder het kern-deel door te schuiven en het geselecteerde deel voorzichtig uit te lichten (Afb. 1).

Het kerndeel moet daarna gedroogd worden, onder vacuüm geïmpregneerd met een epoxyhars, gedroogd en daarna gezaagd en op glas geplakt worden. Het op het glas geplakte deel wordt vervolgens afgevlakt tot een dikte van ca 25 µm en daarna afgedekt met een dun dekglas (Van der Meer *et al.*, 1994). Dit is een tijdrovende procedure, vooral het drogen heeft veel tijd nodig. Tussen monsternamen en kant en klare slijpplaat kan makkelijk zes maanden liggen. Maar dan kan de slijpplaat ook onder de microscoop om bestudeerd te worden, waarbij bovendien gebruik gemaakt kan worden van de optische eigenschappen van de mineralen en het scala aan waarnemingen dus groter is dan met het blote oog.

Het nemen van slijpplaatmonsters is niet altijd populair bij andere onderzoekers van dezelfde kern omdat deze het geïmpregneerde blok niet kunnen bestuderen. Dat is echter maar ten dele waar, omdat de chemische samenstelling van het blok, net als die van de oorspronkelijke kern, met een XRF-scanner bepaald kan worden. Bovendien kunnen microfossielen in de slijpplaat gedetermineerd worden, waardoor de precieze stratigrafie ook meteen bekend is.

Hoewel het gebruik van slijpplaten in de 'hard-rock' geologie gewoon is, is het vervaardigen van slijpplaten van sedimenten afkomstig uit de bodemkunde. Binnen deze discipline is het met name ontwikkeld sinds de

dertiger jaren van de vorige eeuw. De waargenomen verschijnselen werden uiteraard in bodemkundige termen beschreven. Toen het bestuderen van sedimenten in slijpplaten gewoner begon te worden, bleek dat veel van de veronderstelde bodemkundige (microscopische) verschijnselen ook in primaire sedimenten voorkomen. Maar omdat er geen geologische termen voor deze microstructuren bestonden, worden tegenwoordig veel van de bodemkundige termen ook in de micromorfologie van sedimenten gebruikt (Van der Meer & Menzies, 2011).

In principe bestaat het bestudeerde sediment uit twee componenten voor zover het de grootte betreft: 1. deeltjes die groter zijn dan de dikte van de slijpplaat en daarom individueel gezien worden; 2. deeltjes die kleiner zijn dan de dikte van de slijpplaat en daarom niet als aparte deeltjes worden gezien. Kleideeltjes zijn kleiner dan 2 µm en in een slijpplaat met een dikte van 25 µm liggen er dus tenminste twaalf kleideeltjes op elkaar. De individuele korrels vormen het skelet, de kleinere deeltjes de matrix van het sediment. Skeletdeeltjes kunnen onafhankelijk van elkaar worden benoemd naar grootte en samenstelling, aanwezigheid van mineralen, microfossielen en andere organische bestanddelen. De organisatie van skelet en matrix levert de structuur van het sediment: gelaagdheid, gradering, poriën en hun verbindingen, verplaatsing van bijv. klei of kalk, oriëntatie van kleideeltjes. Het totaal van alle waarnemingen zegt ons veel over de afzettingscondities van het sediment, de krachten die er tijdens en na afzetting op hebben gespeeld en de veranderingen die in het sediment zijn opgetreden (diagenese).

Er zijn tot nu toe geen slijpplaten van de kernen van de Marker Wadden genomen, maar wel van een kernboring uit het centrum van Amsterdam, de Amsterdam Terminal boring.

De Amsterdam Terminal kern

Boring 25E-913 is in 1979 in Amsterdam gezet op de plaats waar nu de Terminal voor cruiseschepen is gebouwd, vandaar de naam Amsterdam Terminal. De bereikte diepte is 78,70 m en de kern bestrijkt de periode Holocene – Saale, de opvulling van het bekken van Amsterdam (De Gans *et al.*, 2000; Beets, n.d.). Van deze kern zijn een aantal jaren geleden een dertiental monsters genomen (Tabel 1) uit de Eem- en Saale-afzettingen.

Het doel van het slijpplaatonderzoek was om meer inzicht te krijgen in de verschillende vormen van gelaagdheid en de oorsprong van de brokkelige klei. Alle slijpplaten zijn in detail beschreven en geanalyseerd, maar hier zullen we, om te demonstreren wat met slijpplaten bereikt kan worden, ons beperken tot een drietal platen: C.661, C.662 en C.664.

Nummer	diepte in m	materiaal	ouderdom	dikte van de eenheid in m
C.664	39,75 - 39,61	gelaagde, siltige klei	Eem	42,35 - 32,65
C.663	43,00 - 42,86	gelaagde, siltige klei	Eem	45,45 - 42,35
C.662	52,62 - 52,50	brokkelige, siltige klei	Eem	54,95 - 45,45
C.661	52,95 - 52,80	brokkelige, siltige klei	Eem	
C.660	57,88 - 57,78	gelaagde, siltige klei	Eem	61,10 - 54,95
C.659	60,09 - 59,97	gelaagde, siltige klei	Eem	61,10 - 54,95
C.658	60,70 - 60,55	gelaagde, siltige klei	Eem	61,10 - 54,95
C.657	62,78 - 62,68	kleiig	Eem	63,80 - 61,10
C.656	64,66 - 64,51	delta silt	Saale	72,80 - 63,80
C.655	69,57 - 69,42	delta silt	Saale	72,80 - 63,80
C.654	73,34 - 73,20	warven	Saale	76,45 - 72,80
C.653	76,05 - 75,90	warven	Saale	76,45 - 72,80
C.652	77,05 - 76,90	keileem (till)	Saale	76,45 - 78,80

TABEL 1. | slijpplatenlijst kernboring Amsterdam Terminal.



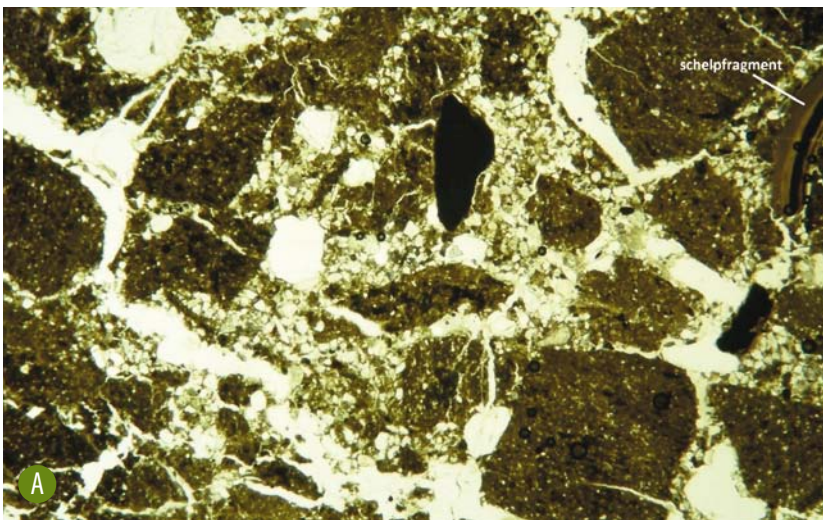
C661



C662



AFBEELDING 2. | Brokkenpatroon van twee slijpplaten uit de brokkelige klei. C.661 is 15 cm lang.



De brokkelige klei

Volgens de macroscopische beschrijving van Beets (n.d.) bestaat deze ca. negen meter dikke eenheid uit gehomogeniseerde kleien, waarvan de onderste zeven meter iets brokkelig zijn. Er komen schelpfragmenten en silt in voor.

Afbeelding 2 is een tracering van het scheurenpatroon van slijpplaten C.661 en C.662. De zwarte lijnen volgen de open ruimtes tussen kleibrokjes, terwijl in de zwarte vlakken kleibrokjes verdwenen zijn tijdens het maken van de platen. Twee zaken vallen op: in de eerste plaats de grote dichtheid van het patroon en in de tweede plaats de hoekigheid van de brokjes (vergelijk ook met de zwarte lijnen in Afb. 4). De dichtheid van het patroon is niet gelijkmatig. Grotere zones met weinig scheurtjes worden van elkaar gescheiden door zeer dichte banden. De verbrokkeling is op twee niveaus gebeurd, resulterend in een soort grotere klompen en daartussen een bijna totaal uit elkaar vallen van de klei. Dit komt niet overeen met de macroscopische beschrijving van 'iets' brokkelige klei, maar de reden hiervoor is simpel. De macroscopische beschrijving is gebaseerd op waarnemingen aan vochtige klei en in dat geval zijn de scheurtjes niet goed zichtbaar. Bij het maken van de slijpplaat wordt water aan de klei onttrokken en daardoor krimpt deze iets, waarmee de bestaande scheurtjes verder open gaan staan. De hoekigheid van de brokjes toont aan dat de verbrokkeling min of meer ter plekke is gebeurd en dat er geen transport van de brokjes is geweest. Was dat laatste wel gebeurd, dan zou er afronding opgetreden zijn.

Afbeelding 3A is een detailopname van het centrale deel van C.661 en toont overduidelijk het hoekige karakter van de kleibrokjes. Deze moeten wel iets verplaatst zijn, want ze zijn niet meer als een legpuzzel aan elkaar te passen. Naast de kleibrokjes

AFBEELDING 3. | A. Detail van plaat C.661 in doorvallend licht; de lengte van het detail is 4,5 mm. Menging van klei met siltkorrels en hoekige kleibrokjes. B. Brokkelige klei (Happisburgh Till) als onderdeel van een massabeweging; Happisburgh, oostkust Engeland; beeldveld ca 1 m.



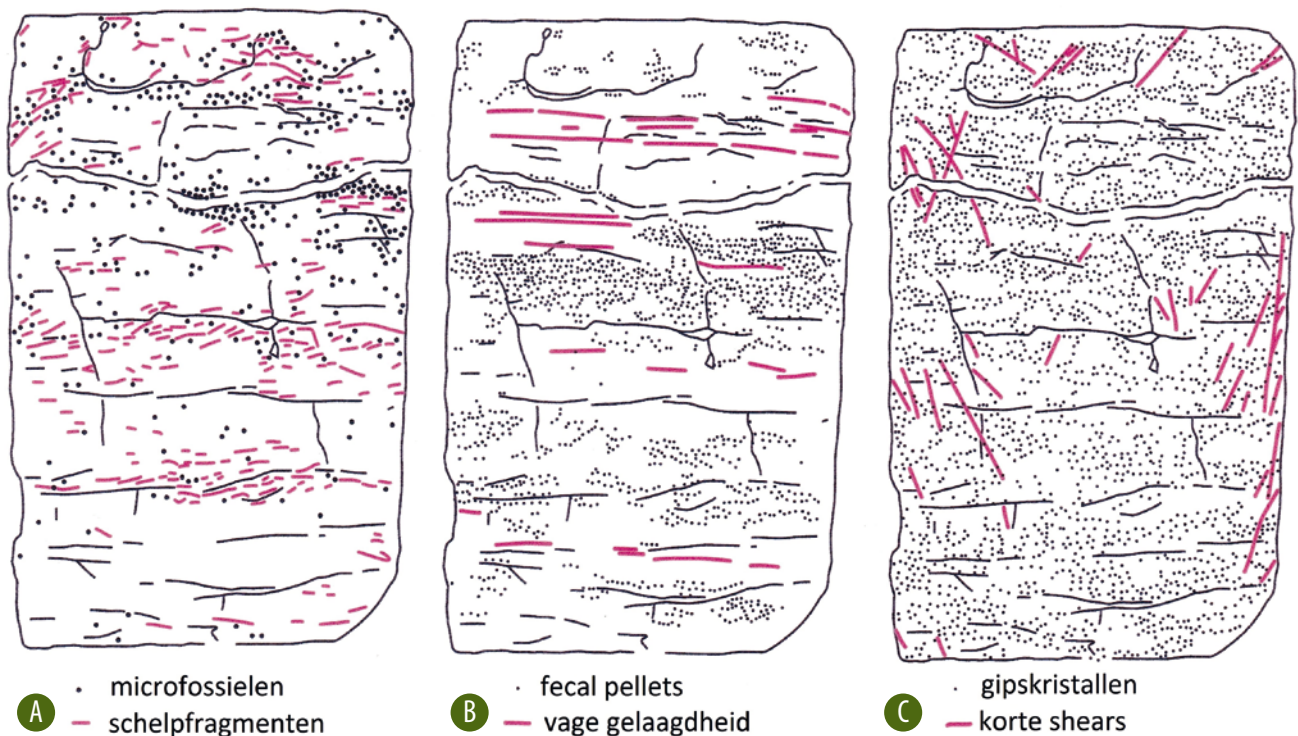
zien we in Afbeelding 3A ook siltkorrels. In de hele slijpplaat komt silt alleen in een dunne band voor, maar uit het beeld blijkt dat dit niet meer een aaneengesloten siltlaag is, ook deze is gemengd.

Hoe kunnen we deze brokkelige klei verklaren? Het is duidelijk niet afgezet in deze vorm. Als we alles op een rijtje zetten, dan hebben we een kleilaag die totaal uit elkaar gevallen is, maar nauwelijks transport heeft ondergaan. Voor de verklaring bestaat geen 'microscopische' literatuur en dus moeten we ons baseren op macroscopische waarnemingen. Gelukkig vinden we aan de Engelse oostkust, bij Happisburgh, dikke kleiige afzettingen, de zogenaamde Happisburgh Till. Afbeelding 3B toont deze till, maar in dit geval is het een onderdeel van een door massabeweging opgevulde kom. Bij deze massabeweging is de klei ontwaterd, dat wil zeggen dat door de verplaatsing op een kleine helling het water uit de klei is gedreven en door deze uitdroging de klei verbrokken is geraakt. Iets soortgelijks moet ook in het bekken van Amsterdam hebben plaatsgevonden. Niet vreemd, want onderwaterhellingen zijn in principe instabiel, zeker als het sediment veel water bevat. Er is maar weinig voor

nodig om een deel van de helling in beweging te brengen en ook onder water volgt automatisch compactie en ontwatering van de klei.

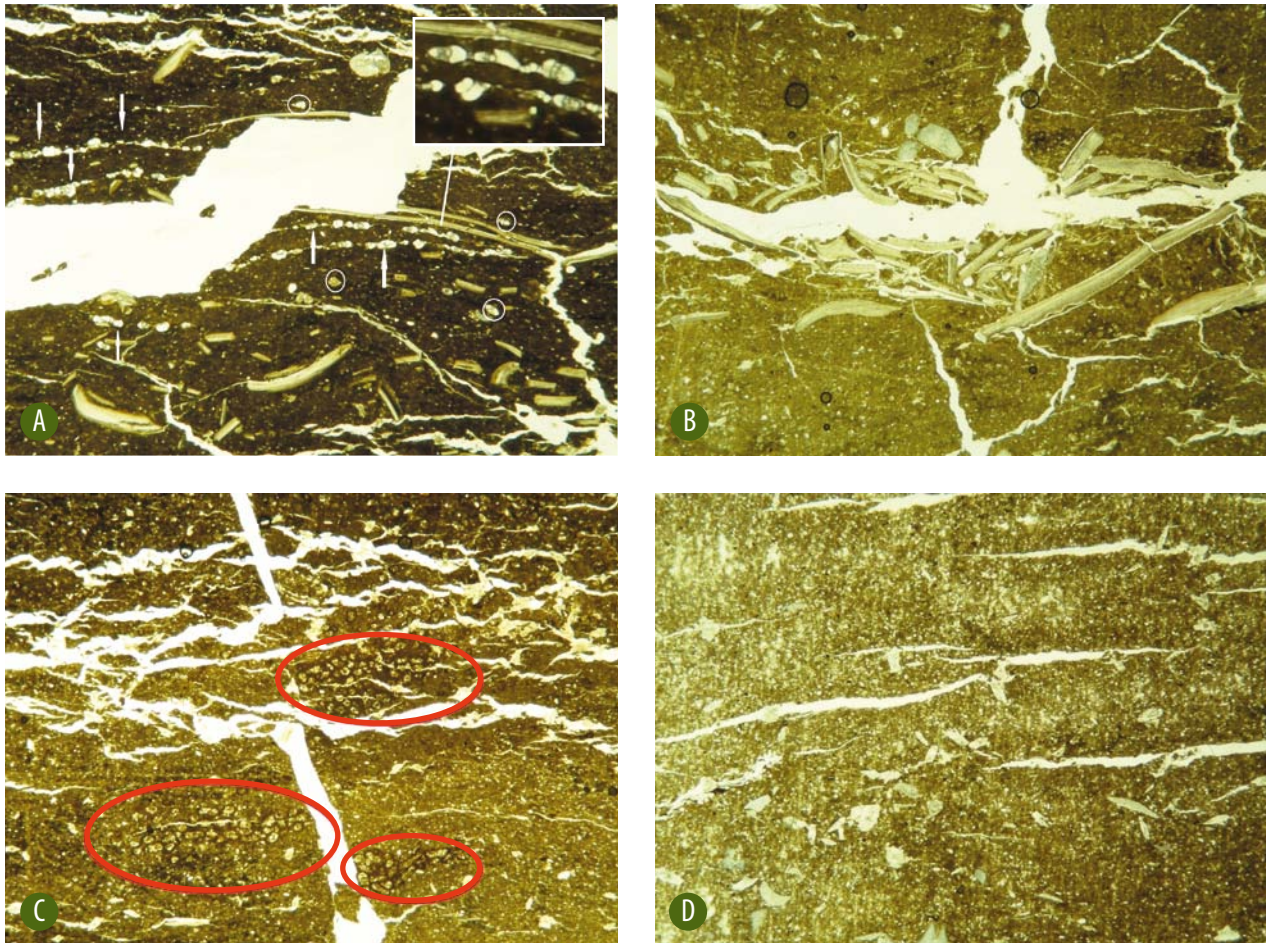
Gelaagde siltige klei

Hoe hoger we in de Eemsequentie komen, hoe meer grof materiaal in de vorm van silt en fijn zand er ingeschakeld wordt. Hoewel de gelaagdheid wel iets duidelijker wordt, blijft deze vaag en is de aard ervan niet duidelijk (Beets, n.d.). Om iets meer te weten te komen over de gelaagdheid hebben we slijpplaat C.644 uit dit bereik genomen. Bij bestudering van deze plaat bleek dat er zoveel informatie in zat dat die niet in een enkel diagram tot uitdrukking gebracht kon worden. Afbeelding 4 geeft in drie diagrammen een overzicht van de waarnemingen. In de eerste plaats bevat de plaat microfossielen, met name foraminiferen (Afb. 4A, 5A). Wat daaraan opvalt is dat deze foraminiferen allemaal van dezelfde soort lijken te zijn en dat er concentraties van optreden. De foraminiferen zijn niet regelmatig verspreid over de plaat; bovenin de plaat komen ze in een paar banden voor, in sommige gevallen zijn het zelfs lijntjes van aaneengesloten, intacte exemplaren. Het is niet direct duidelijk waardoor dit is veroorzaakt: verspoeling, gelijktijdig afsterven (door ziekte?) of seizoensgebonden? Daarnaast bevat de plaat ook veel schelpfragmenten (Afb. 4A, 5B) die veelal (sub)horizontaal liggen in banden waarin weinig foraminiferen voorkomen. Omdat er nauwelijks zichtbare verbanden tussen de fragmenten bestaan (m.a.w., ze kunnen niet aan elkaar gekoppeld worden), lijkt dit te duiden op verspoeling en fragmentatie tijdens het transport. Als derde organische component komen er veel faecal pellets (uitwerpselen) voor (Afb. 4B, 5C). Deze zien er veelal hetzelfde uit: een kapsel van fijn materiaal omgeeft een kern van siltkorrels en fragmenten van diatomeeën. Het is niet bekend van welk dier deze uitwerpselen zijn. Ook hier is het overduidelijk dat de pellets in banden voorkomen. In banden waar geen pellets voorkomen is een vage, door verschillen in korrelgrootte veroorzaakte gelaagdheid te zien. Het zou dus kunnen dat de organismen die de pellets produceerden de gelaagdheid hebben verstoord (bioturbatie). Als laatste is het voorkomen van gipskristallen aangegeven (Afb. 4C, 5D). Dit is een secundair verschijnsel want het gips vormt zich uit het grondwater. Uit andere slijpplaten is bekend dat gipskristallen zich soms vlakbij de buitenkant van de plaat bevinden. Ze zijn dan ontstaan bij het drogen van het



AFBEELDING 4. | De verdeling van diverse componenten in slijpplaat C.664. Voor de verklaring zie de tekst. De korte shears zijn in de slijpplaat zichtbaar als lijntjes georiënteerde klei en zijn ontstaan tijdens het boren. Lengte van de plaat is ca. 6 cm.





AFBEELDING 5. | Details van plaat C.664. A. Foraminiferen in lijnen (witte pijlen) en geïsoleerd (cirkels); beeldlengte 18,0 mm. B. Schelpfragmenten; beeldlengte 18,0 mm. C. Faecal pellets (de donker ingekapselde ovale vormen); beeldlengte 3,5 mm. D. Smalle ruitvormige gipskristallen komen door het hele sediment voor; beeldlengte 18,0 mm.

monster: het water verdampt en het gips blijft achter. In plaat C.664 zit het gips door de hele plaat en moet het dus al in de ondergrond zijn gevormd. Wanneer we de verschillende verspreidingspatronen vergelijken, wordt het duidelijk dat, met uitzondering van gips, de organische bestanddelen ieder in eigen banden voorkomen; foraminiferen, schelpfragmenten en faecal pellets wisselen elkaar af. Dat ook het gips ogenschijnlijk in banden voorkomt, is veeleer toe te schrijven aan het feit dat gips zich niet kan vormen waar al schelpfragmenten aanwezig zijn.

Wat kunnen we dus over de gelaagdheid zeggen? De banden bestaan overwegend uit óf foraminiferen, óf schelpfragmenten, óf faecal pellets, en dat zou het gevolg kunnen zijn van mogelijk tijdgebonden, afwisselende aanvoer van materiaal. Maar omdat alle banden gebonden zijn aan organismen die afhankelijk zijn van dezelfde seizoensale verandering in de waterkolom, is dat onwaarschijnlijk. Gegeven de vage gelaagdheid die veroorzaakt is door verschillen in korrelgrootte, moeten we eerder denken aan verschillen in stroomsnelheid en drijfvermogen van de diverse bestanddelen.

De macroscopische beschrijving gaf aan dat de aard van de vaag waargenomen gelaagdheid niet duidelijk is (Beets, n.d.). Uit de microscopische analyse is duidelijk waarom: de gelaagdheid wordt veroorzaakt door bestanddelen die met het blote oog niet waar zijn te nemen.

Slijpplaten geven meer informatie dan macroscopische waarnemingen en leveren daarmee een belangrijke bijdrage aan het interpreteren van het ontstaan van die sedimenten en de condities waaronder dit gebeurde. Maar omdat een slijpplaat maar 25 µm dik is, gaat het in essentie om tweedimensionale waarnemingen. Nieuwe ontwikkelingen laten wel driedimensionale microscopische waarnemingen toe, maar het voert te ver om daar hier op in te gaan. Ik kom er in de toekomst op terug.

LITERATUUR

- Beets, D.J., n.d. *Sedimentologische beschrijving/interpretatie van de boring Amsterdam Terminal 25E-913*. Niet gepubliceerd rapport NITG-TNO, 8 pp.
- Gans, W. de, D.J. Beets & M.C. Centineo, 2000. *Late Saalian and Eemian deposits in the Amsterdam glacial basin*. *Geologie en Mijnbouw* 79: 147-160.
- Meer, J.J.M. van der, J.W. van Berghem & P.F. van Dreumel, 1994. *Microscopische waarnemingen aan waterbodems van de zuidrand van het noordelijke deltabekken*. *Grondboor & Hamer* 48: 49-53.
- Meer, J.J.M. van der & J. Menzies, 2011. *Micromorphology of unconsolidated sediments*. *Sedimentary Geology* 238: 213-232.

