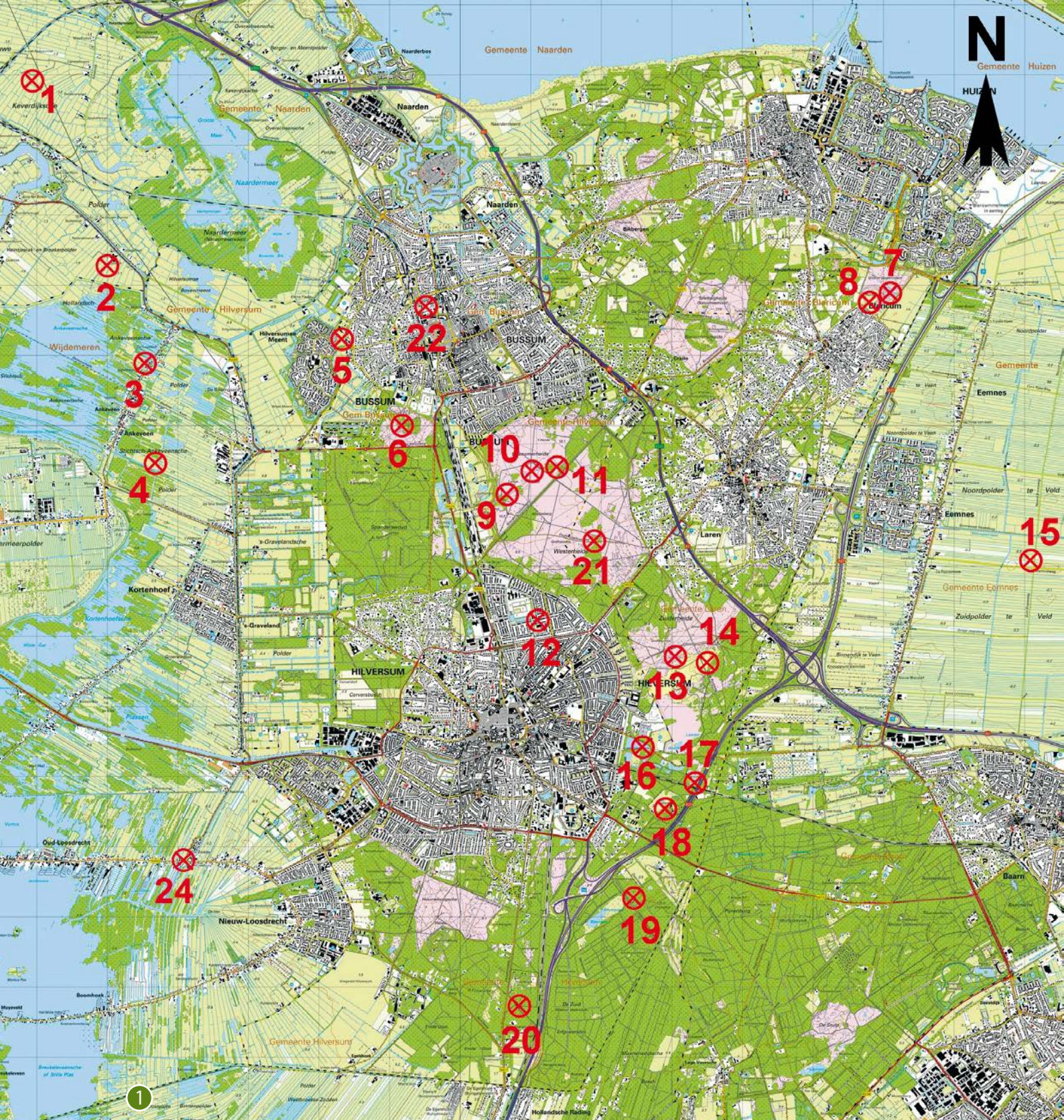




JAN SEVINK
J.SEVINK@UVA.NL

HUIG BERGSMAN
INFO@BODEMBERGSMAN.NL

SANDER KOOPMAN
S.KOOPMAN19@CHELLO.NL

MAARTEN A. PRINS
M.A.PRINS@VU.NL

In deel 1 van het artikel over het (Jonger) dekzand in het Gooi (Koopman & Sevink, 2016) werd een overzicht gegeven van de verspreiding, geomorfologie, algemene lithologie en structuren van dit dekzand. Een belangrijke conclusie was, dat in het Jonger dekzand een verschil in korrelgrootteverdeling zichtbaar is, met iets grover zand op de stuwwal of smeltwatervlakte en iets fijner zand op enige afstand hiervan, d.w.z. op de flanken van het Gooi. Als mogelijke oorzaken werden genoemd a) opname in het door de wind getransporteerde zand van grof materiaal uit de ondergrond en b) selectieve depositie van grover zand op hogere, meer geëxposeerde delen van de stuwwal.

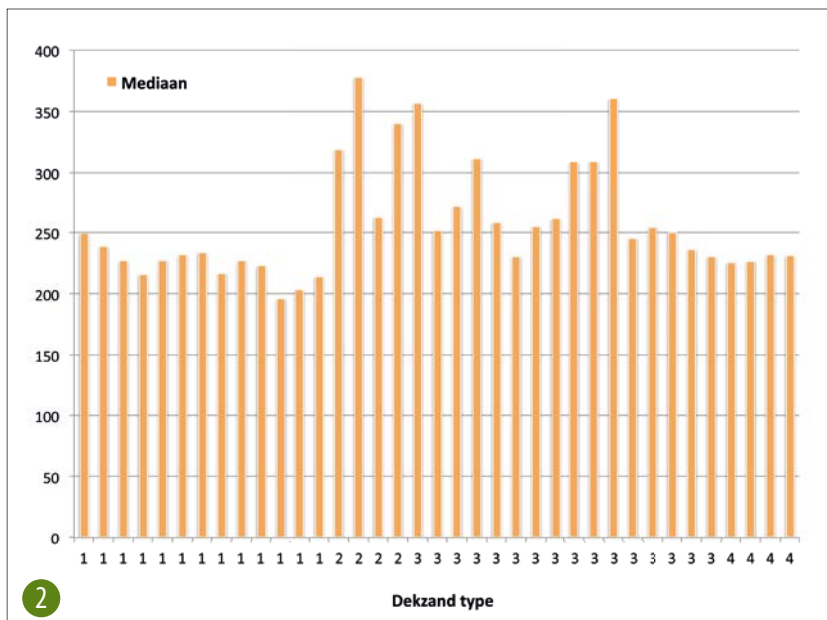
Het (Jonger) dekzand in het Gooi

Deel 2: geochemie en herkomst

De herkomst van het dekzand staat al lang ter discussie (zie o.a. Crommelin, 1965 en Schwan, 1988). Deze komt neer op de vraag of dekzand een meer regionale herkomst kent, d.w.z. afkomstig is uit een groot brongebied, waarbij *in extremis* gedacht wordt aan het Noordzeebekken, dan wel een lokale oorsprong heeft. Crommelin (1965) gebruikte de samenstelling van de zware mineralen fractie als indicator voor de herkomst – lokaal dan wel meer regionaal – van het zand en concludeerde dat voor heel Nederland een 3-tal provincies onderscheiden konden worden. De Jong (1988) karakteriseert deze differentiatie in 3 provincies als een ‘local origin’, maar onduidelijk is wat nu precies verstaan wordt onder een ‘local origin’, d.w.z. aan welke schaal men nu precies denkt. Dat gaat bijvoorbeeld ook op voor het onderzoek van Van Huissteden *et al.* (2000) over o.a. dekzanden in Twente, waarbij ook gesproken wordt van een lokale herkomst, maar bij dat onderzoek blijft de schaal van het brongebied onduidelijk en is geen diepgaande mineralogische analyse van de dekzanden uitgevoerd. Ook Jongmans *et al.* (2013) spreken van een lokale herkomst, maar laten zich niet uit over de schaal.

Rivierafzettingen zijn minder afgerond dan dekzanden, een verschijnsel dat algemeen bekend is (zie bijv. Jongmans *et al.* 2013) en samenhangt met het sedimentatiemilieu. Bekend is bij voorbeeld het verschil tussen ‘scherp zand’ (rivierzand) en ‘vulzand’ (dekzand). Lokale opname van zand uit de oudere ondergrond zou, wanneer die ondergrond uit rivierafzettingen bestaat (bijv. stuwwallen), in principe inhouden dat minder afgerond, scherp zand zou worden opgenomen in het dekzand. De mate van afronding zou daarmee als indicator voor de al dan niet lokale herkomst van dekzand kunnen worden gebruikt, maar wij kennen geen studies van die aard. Wel besteedde Koster (1978) aan dit aspect enige aandacht in zijn stuifzandonderzoek (zie zijn par. 7.4), maar hij heeft aan dekzanden geen onderzoek verricht.

Ook voor de dekzanden van het Gooi geldt dat niet duidelijk is in hoeverre zij ontstaan zijn door lokale verwaaiing van de ondergrond, dan wel afkomstig zijn uit een groter brongebied ten westen van het Gooi. Wij hebben een poging gewaagd om hierop antwoord te geven middels aanvullend onderzoek, bestaande uit een globale karakterisering van de mineralogische samenstelling, bepaling van de korrelvormkarakteristieken van een kleine serie representatieve monsters en systematische chemische analyse middels XRF. Het gaat daarbij om de in deel 1 genoemde locaties (zie ook Afb. 1) en monsters. De gebruikte technieken zijn pas recent ontwikkeld en laten zien wat op dit moment mogelijk is, in het bijzonder qua aantallen te verwerken monsters.



AFBEELDING 1 LINKERPAGINA. | Kaart met locaties van de genomen monsters. Ondergrond: topografische kaart van Nederland 1:25.000, Kadaster.

AFBEELDING 2 BOVEN. | Mediane korrelgrootte per type dekzand. 1 = westelijke gebied; 2 = westelijke randzone van stuwwalgebied; 3 = centrale stuwwalgebied; 4 = oostelijke gebied.



In de navolgende tekst wordt regelmatig onderscheid gemaakt tussen dekzand (Jonger dekzand II), ouder zand (verzamelterm voor niet-eolisch fluvioglaciaal en stuwwal materiaal) en overig zand (bijv. stuifzand, Jonger dekzand I en laag van Usselo, waarbij de laatste vaak lemig is). Voor details wordt verwezen naar deel 1. Het Jonger dekzand II wordt opgedeeld in de dekzanden ten westen van het Gooi (type 1), geïsoleerde en/of dunne voorkomens van dekzand op oudere grindhoudende afzettingen in de westelijke randzone van het Gooi (type 2); idem (als type 2) in het centrale deel (type 3) en de dekzanden ten oosten van de stuwwal (type 4). Achtergrond hierbij is de dominante windrichting waarbij dekzand werd afgezet en wel globaal van west naar oost.

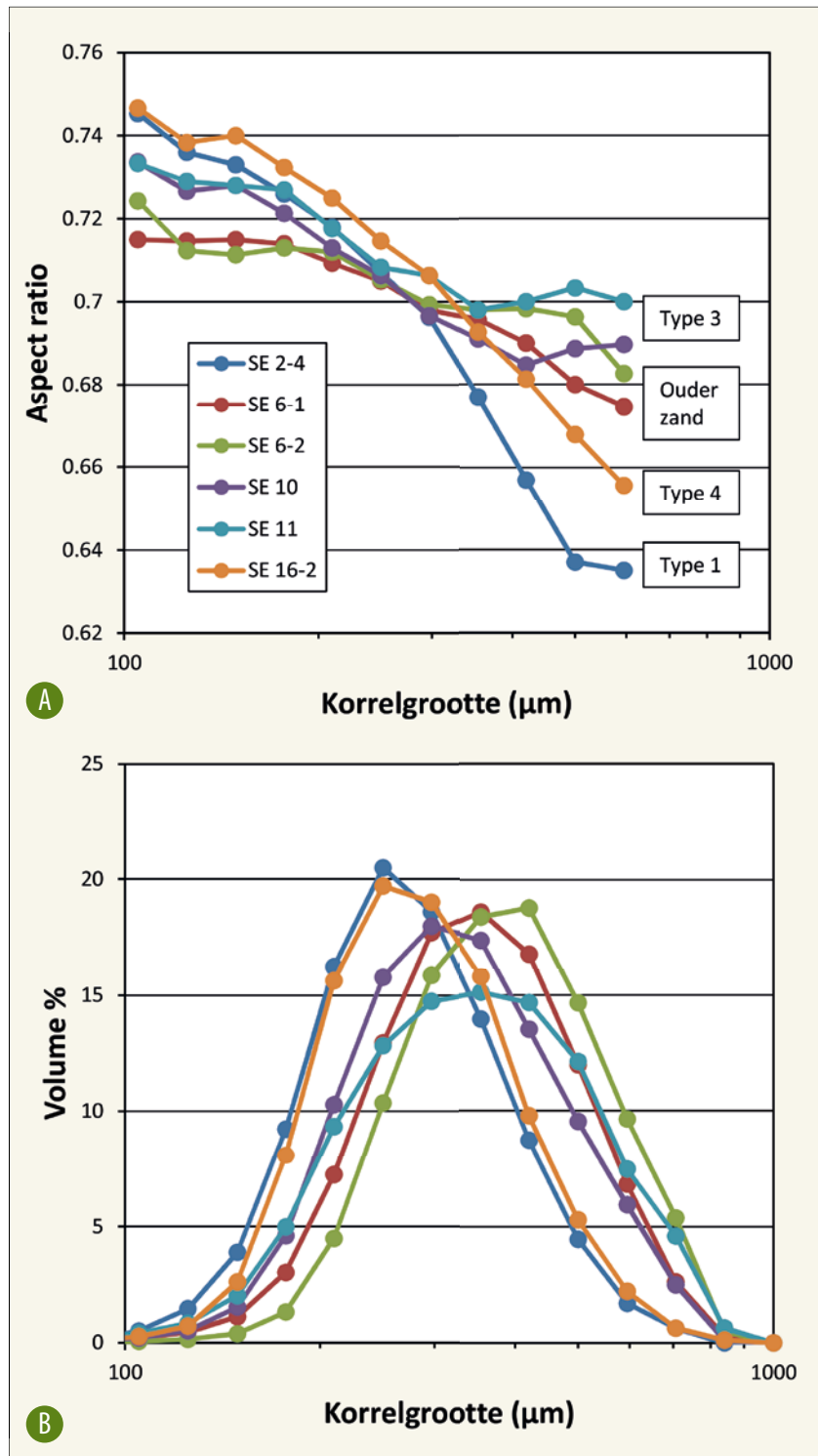
Onderzoeksmethoden

Plakbandmethode

Maarleveld (1968) ontwikkelde een methode voor snelle karakterisering van de mineralogische samenstelling van zanden op basis van tellingen van het percentage korrels met een bepaalde kleur (rood, zwart, groen, etc.) in specifieke zandfracties. De tellingen worden uitgevoerd onder een binoculair microscoop. De methode is niet al te betrouwbaar – wanneer is een wat rozige korrel rood genoeg om als zodanig geteld te worden? – maar leent zich er wel voor om van een groot aantal monsters snel een kwalitatief beeld van de mineraalrijkdom te krijgen. Gekeken is naar 3 fracties (125-210, 210-300, 300-420 μm) van een flinke set monsters (32). Onderscheid is gemaakt in 5 klassen, op basis van de gemiddelde hoeveelheid gekleurde korrels in de 3 onderzochte fracties (laag, enig, gemiddeld, veel, zeer veel).

Korrelvorm en -grootte

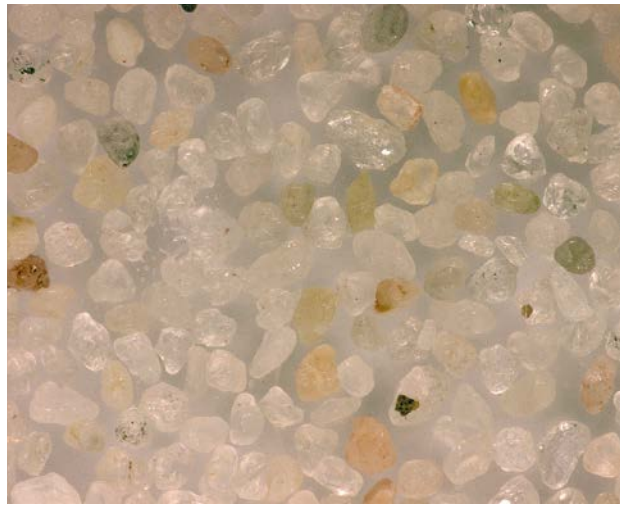
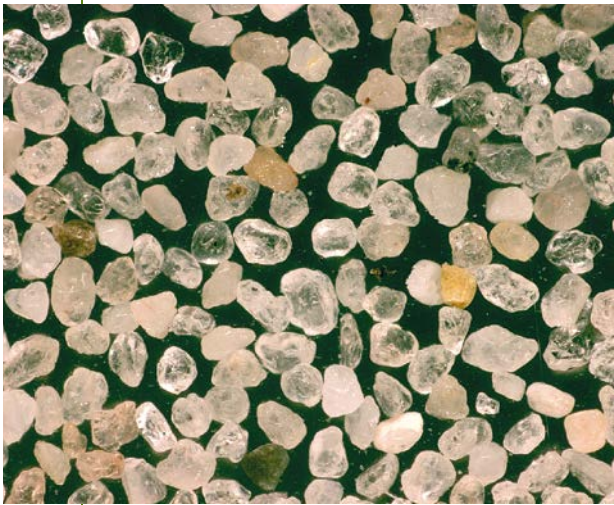
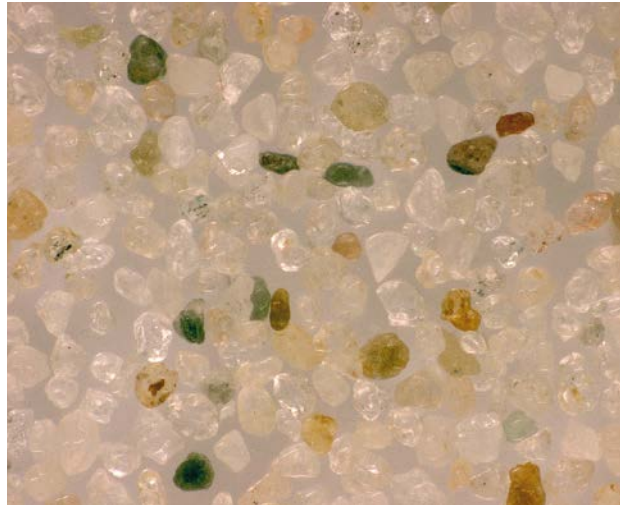
Met behulp van een Sympatec QicPic 'dynamic image analyser' kunnen van 100.000en zandkorrels tegelijk in slechts enkele minuten de zogenaamde Aspect Ratio's worden vastgesteld, maar daar zitten de nodige haken en ogen aan vast. De QicPic meet namelijk de grootte van korrels en per korrel de verhouding tussen grootste en kleinste doorsnede, die wordt uitgedrukt in de zogenaamde Aspect Ratio. Dat is een specifieke maat voor de korrelvorm, waarmee echter bij



AFBEELDING 3. | A: Aspect ratio versus korrelgrootte voor enkele monsters. Dekzand type 1 en 4: monsters 2-4 en 16-2; dekzand type 3: 10 en 11; ouder zand: 6-1 en 6-2. B: Histogrammen van de korrelgrootteverdeling van de onderzochte monsters.

voorbeeld het verschil tussen een perfect ovale korrel en een puur rechthoekige korrel (een blok) met dezelfde lengte-breedte verhoudingen niet kan worden gemaakt. Bepaal je de parameters, bij voorbeeld voor de zeeffractie 210-300 μm (vaak dominant in dekzand), dan zit je met het probleem dat langgerekte korrels, die bij voorbeeld 600 μm lang zijn, maar een dunste doorsnede hebben van minder dan 300 μm , door de zeef gaan en dus ook in deze fractie terecht komen. Het betekent dat bij zeven een behoorlijke selectie optreedt naar korrelvorm: langwerpige korrels gaan bij gelijk gewicht naar een fijnere fractie





AFBEELDING 4. | Microfoto's van zandfracties van monster 10 (zeer veel gekleurde korrels) en monster 1-2 (laag aantal gekleurde korrels) met donkere en lichte achtergrond en opvallend licht.

dan ronde korrels. Vandaar dat gekozen is voor bepalingen aan de hele zandfractie. Omdat de korrelgrootte gemeten wordt, is de korrelverdeling uitgedrukt in volume % en niet in gewichts %. Die waarden zijn natuurlijk vrijwel gelijk, omdat de meeste korrels (kwarts en veldspaat) hetzelfde soortelijk gewicht hebben.

XRF

Met behulp van een zogeheten 'handheld XRF' (X-ray fluorescence meter) kan niet-destructief voor een serie elementen hun gehalte in een bepaald materiaal worden bepaald. De methode werkt met een röntgenbron, waarvan de straling elektronen in het te meten materiaal aanslaat. Bij terugval van die elektronen naar een lagere energietoestand komt (fluorescentie) straling vrij. Deze is ten dele elementspecifiek, waarbij de stralingsintensiteit in een specifiek golflengtebereik een functie is van de concentratie van het betrokken element in het onderzochte materiaal, in dit geval een zandfractie. Het 'ten dele' houdt in, dat de methode niet geschikt is voor lichte elementen of voor die elementen, waarvan de vrijkomende straling niet element-specifiek is, d.w.z. dat de golflengte gelijk of vrijwel gelijk is voor meerdere elementen. Het grote voordeel van de methode is dat een meting slechts ca. 2 minuten duurt en non-destructief is, waardoor grote aantallen monsters in relatief korte tijd kunnen worden onderzocht. Bovendien is maar enkele grammen materiaal nodig. Detectielimieten en foutenmarges variëren nogal per element en gewerkt wordt met standaardmonsters om de metingen te jken. Per monster worden minimaal 3 metingen uitgevoerd om een zo betrouwbaar mogelijk gemiddelde te verkrijgen. Voordeel van een 'handheld XRF' is dat je inderdaad 'uit de hand' kunt meten, dat wil zeggen met een compact, verplaatsbaar en op een batterij

werkend apparaat, waarmee je ook gewoon in het veld kunt meten.

Monstervoorbehandeling

De zandmonsters werden voorbehandeld met ca. 30% H_2O_2 (waterstofperoxide) ter verwijdering van organische stof en daarna met een 10% HCl oplossing ter verwijdering van verkittende ijzerverbindingen, bij een temperatuur van ca. 100°C (waterbad). Het bewerkte zand werd vervolgens nat gezeefd over een 62 μm zeef, waarna het zeefresidu op een waterbad werd gedroogd. Een deel van het droge residu (>62 μm) werd gezeefd over een set zeven voor afscheiding van de fracties >420 μm , 300-420 μm , 210-300 μm , 125-210 μm en 62-125 μm .

Resultaten

In deel 1 is al aangegeven dat westelijke en oostelijke dekzanden fijner zijn dan de dekzanden in het centrale

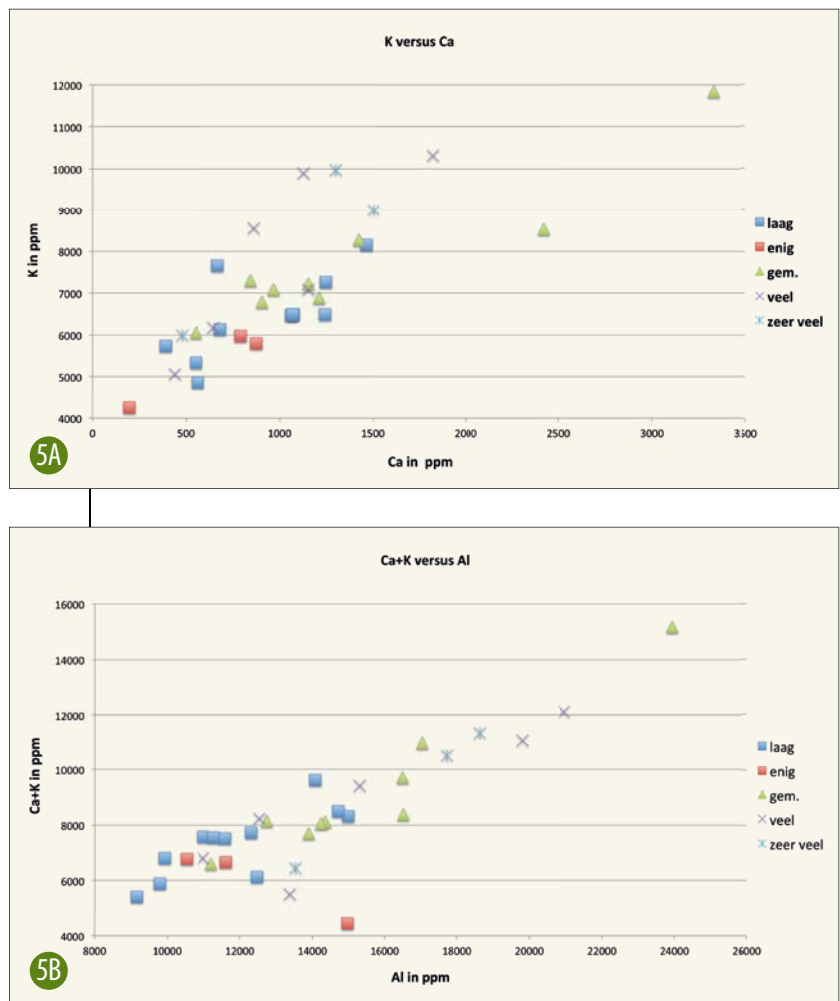


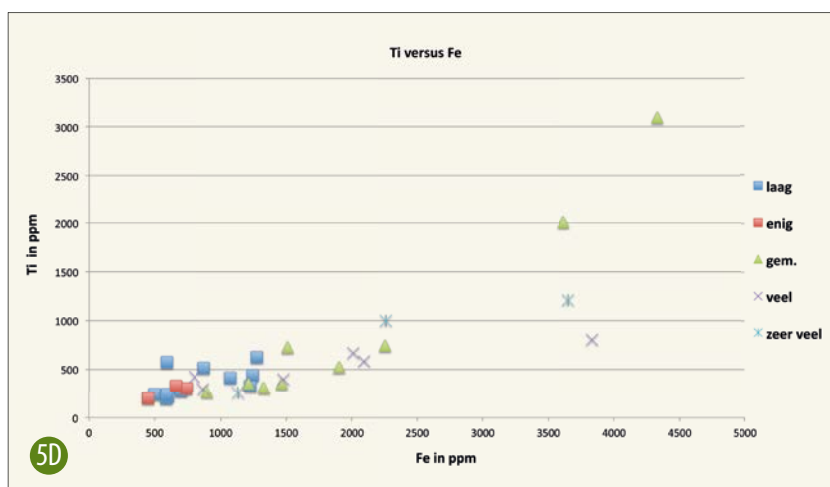
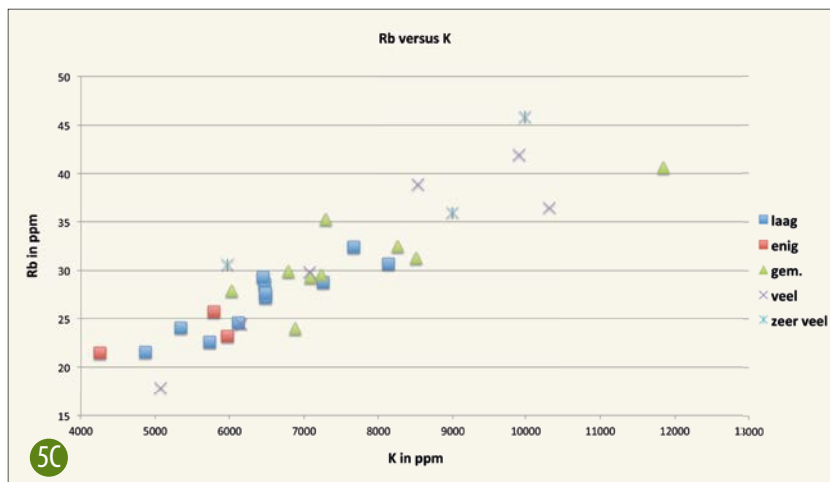
deel van het Gooi. Dit wordt geïllustreerd door Afbeelding 2, die laat zien dat de westelijke en oostelijke dekzanden in het algemeen een lagere mediaanwaarde vertonen. Natuurlijk zegt dit op zich niet veel over de herkomst van het grovere zand. Dat het zand op of zeer dichtbij de stuwwal grover is, kan namelijk zeer wel het gevolg zijn van relatief hoge windsnelheden op die delen of het verschil in facies (bijv. duin versus laag, zie Schwan, 1988). De complexe achtergrond van textuurverschillen binnen dekzandpakketten en patronen daarin zijn uitvoerig beschreven door Schwan (1988) en het is duidelijk dat geen al te harde conclusies kunnen worden getrokken op basis van een beperkt aantal monsters.

Korrelvorm

Bij de korrelvorm is de centrale vraag of er verschillen bestaan tussen het dekzand en ouder zand (fluvioglaciaal en stuwwalmateriaal) in symmetrie (verhouding tussen grootste en kleinste doorsnede) en, vervolgens – als dat verschil bestaat – of daarvan iets te zien is bij vergelijking van de grovere zandfracties van dekzand types 1 en 4 met dekzand type 3. De onderzochte monsters betreffen: 2-4 (JDII type 1, mediaan 227 μm), 16-2 (JDI type 4, mediaan 255 μm), 6-1 en 6-2 (ouder zand, mediaan 309 – 360 μm) en 10 en 11 (JDII type 3, mediaan 313–360 μm).

Uit Afbeelding 3A blijkt dat de Aspect ratio van het type 3 dekzand in de fijnere fracties ligt tussen het ouder zand en het type 1-4 dekzand, hetgeen op menging van beide materialen wijst, d.w.z. opname van enig fijn zand uit de ondergrond. Bij intermediaire korrelgroottes (~200–300 μm) is er vrijwel geen verschil. Het ouder zand bevat een flinke, redelijk afgeronde grof zand fractie, net als de onderzochte type 3 dekzand, het duin van de Lange Heul. Gegeven het feit dat het grove zand in het type 1/4 dekzand een relatief lage Aspect ratio heeft, en zowel ouder zand als type 3 een veel hogere, ligt de conclusie voor de hand, dat de grove fractie van type 3 dekzand voor een flink deel uit de oudere ondergrond van fluvioglaciale afzettingen en stuwwalmateriaal afkomstig is. De korrelgrootteverdelingen afgebeeld in Afbeelding 3B ondersteunen deze interpretaties.





het min of meer lineaire verband tussen Ti en Fe kunnen afleiden dat het vooral ilmeniet betreft, een bekend mineraal in dekzanden, maar er zijn veel andere mineralen die Ti bevatten (bijv. rutiel, anatasa en ook titaanaugiet – met Fe) en ook Ca vertoont een goede correlatie met Ti (denk aan titaniet). De goede correlatie tussen Rb en K wijst op relatief weinig variatie in de samenstelling van de mineralen waarin deze elementen voorkomen (vooral K-veldspaat). De conclusie is dat de plakbandmethode niet veel meer dan een zeer ruwe indicatie geeft voor de mineralogische samenstelling. Kortom, geen goede methode om meer subtiele verschillen in samenstelling te kunnen vaststellen. Overigens laten de grafieken meteen ook zien dat er flinke verschillen in chemische samenstelling bestaan tussen de verschillende monsters.

Chemische samenstelling

Zoals al bleek uit Afbeelding 5 zitten er fikse verschillen in samenstelling tussen de verschillende monsters, maar ook flinke verschillen in textuur (zie Afb. 2). Daarbij moet in het oog gehouden worden dat de chemische analyses slaan op de zandfractie in haar geheel. Die verschillen kunnen daarom samenhangen met a) verschillen in textuur van de zanden (als bijv. grof zand een andere samenstelling heeft dan fijn zand, onder andere gevonden door Koster, 1978 bij stuifzanden) en b) met lokale verschillen in samenstelling, die samenhangen met opname van zand van andere samenstelling uit de ondergrond. Het eerste (a) kan worden onderzocht door te kijken naar relaties tussen textuur en elementconcentraties, het tweede door de chemische samenstelling van de verschillende typen dekzand te bekijken.

Chemische samenstelling en textuur

Afbeelding 6 toont de relatie tussen de concentraties van K, Ca, Al en Fe en de mediane korrelgrootte voor de dekzanden. In de figuur worden tevens de

lineaire correlaties gegeven, waaruit duidelijk wordt dat de concentraties van K, Al en Fe weliswaar toenemen bij toenemende mediaan van het zand (grover), maar ook dat die statistische relaties zwak zijn. Het komt er op neer dat statistisch gezien in grovere dekzanden iets meer 'niet-kwarts' mineralen (veldspaten etc.) voorkomen. Op zich is dit al veelzeggend omdat normaal gesproken bij sedimenten uit hetzelfde brongebied het aandeel veldspaten met toenemende korrelgrootte afneemt. De voor de hand liggende vervolgvraag is natuurlijk of er eventueel voor specifieke dekzandtypen (1-4) een verband tussen textuur en samenstelling gevonden kan worden. Dat wordt duidelijk uit Afbeelding 7 waaruit blijkt dat de dekzanden van het centrale deel (type 2+3) van het Gooi wat grover zijn en een hoger gehalte aan K (en Al: niet getoond) hebben. Het Ca gehalte lijkt wat lager te zijn, maar de spreiding is groot.

De eerste waarneming – wat grovere dekzanden in het centrale deel – is in lijn met de conclusie, die werd getrokken uit de korrelvormanalyse, maar de tweede waarneming – hoger gehalte – leidt natuurlijk meteen tot de vraag hoe het zit met de samenstelling van de oudere zanden, vandaar dat ook de gegevens over die oudere zanden in Afbeelding 8 staan geplot¹.

Rekening houdend met de hiervoor gepresenteerde gegevens en kijkend naar de Afbeeldingen 7 en 8, zien we het volgende:

- 1. Het Jonger Dekzand 2 en het ouder zand vertonen een grote variatie in samenstelling. Dat geldt in het bijzonder de gehalten aan 'niet-kwarts' mineralen (vooral veldspaten) en in wat mindere mate de samenstelling van die 'niet-kwarts' fractie. Dat laatste blijkt uit de variatie in de element ratio's (zie bij voorbeeld de K/Ca ratio in Afb. 8).
- 2. Bij het dekzand kan die variatie maar slechts zeer ten dele toegeschreven worden aan verschillen in textuur, en de conclusie moet dan ook zijn dat de mineralogische samenstelling van het dekzand sterk varieert.
- 3. Het iets grovere dekzand van het stuwwalgebied heeft een iets hoger gehalte aan K en Al, waarbij echter opvalt dat juist het K-gehalte wat hoger is, terwijl dat relatief laag is in ouder zand in dat gebied. Je zou dat



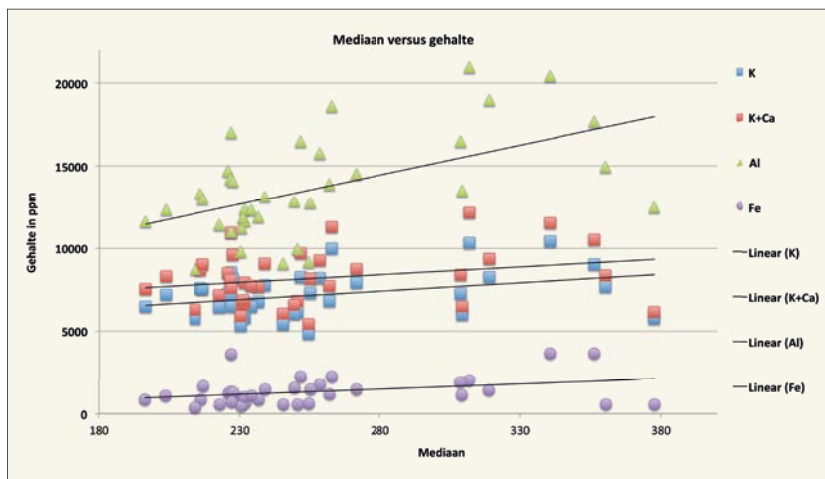
bij opname van zand uit de ondergrond niet verwachten. Daarbij lijkt het gemiddelde oudere zand wat armer aan Ca, K, Zr, Sr en Rb, maar of al die verschillen significant zijn, is echter maar zeer de vraag (zie bij voorbeeld de spreiding in Afb. 6) en kan op basis van ons beperkte aantal monsters niet met zekerheid worden vastgesteld.

Lokaal of niet?

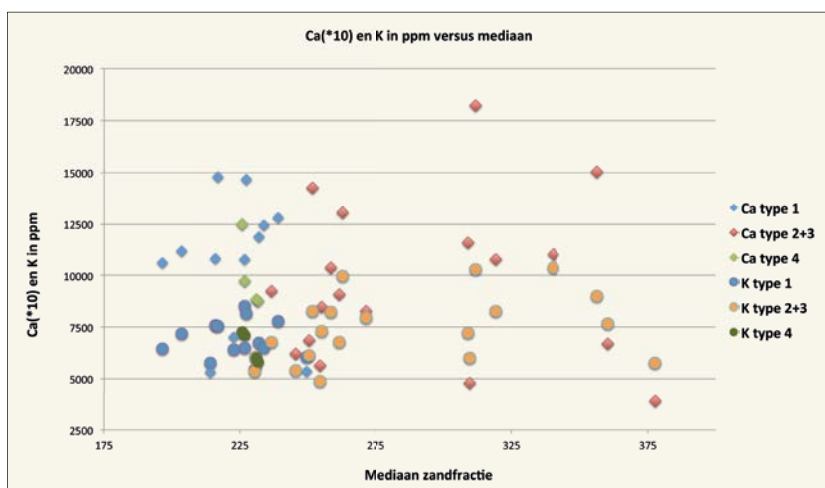
Op het eerste gezicht is de algemene conclusie, dat het dekzand van het Gooi vanwege de waargenomen grote variatie in chemische samenstelling wel een sterk lokale herkomst moet hebben, geheel passend in het beeld van opname van zand uit de oudere ondergrond. De vraag ligt echter voor de hand of die waargenomen variatie niet samenhangt met de variatie in mineralogische samenstelling, die zeer lokaal optreedt binnen een dekzand-afzetting door sortering van mineralen naar soortelijk gewicht. De vaak gelaagde opbouw van onze kustduinen, met soms 'granaatrijke' laagjes, is daarvan een fraai voorbeeld.

Wij hebben veelal kleine monsters in ontsluitingen of met de boor genomen, en bij zo'n bemonstering wordt geen rekening gehouden met eventueel verticale variatie in samenstelling binnen een totaal pakket dekzand. Hoe groot die variatie is, weten we dan ook niet goed. Enige indicatie levert Afbeelding 9 waarin de ratio's voor een tweetal vlak bij elkaar gelegen profielen worden gegeven (locatie 7 met 4 monsters boven elkaar; locatie 8 met 4 monsters). De ratio's tussen diverse elementen zijn weinig variabel en dat wijst op verschillen in gehalte aan 'niet-kwarts' mineralen en geringe variatie in de samenstelling van die 'niet-kwarts' fractie. Het zou interessant kunnen zijn om systematisch onderzoek aan dekzandpakketten van type 1, 2, 3 en 4 uit te voeren om beter zicht te krijgen op de variatie in korrelgrootte en mineralogische samenstelling.

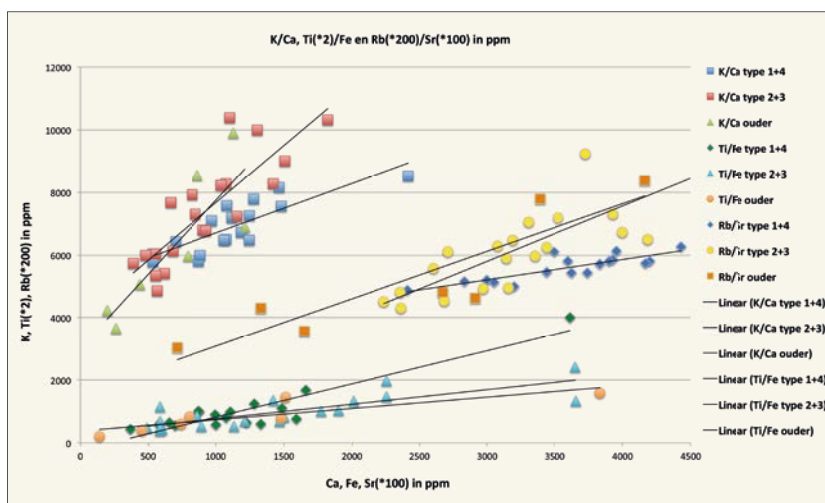
Daarnaast bieden de data in Afbeelding 8 aanknopingspunten. De grote variatie in de ratio K/Ca is bijvoorbeeld zeer moeilijk te verklaren door plaatselijke selectie tijdens windtransport. Terwijl in typen 1 en 4 die ratio relatief weinig varieert, is vooral in type 2 en 3 dekzanden de spreiding in



AFBEELDING 6. | Gehalten (in ppm) aan K, (K+Ca), Al en Fe en de mediaan van de betreffende dekzanden. Tevens worden de lineaire correlaties tussen gehalten en mediaan gegeven voor de verschillende elementen.

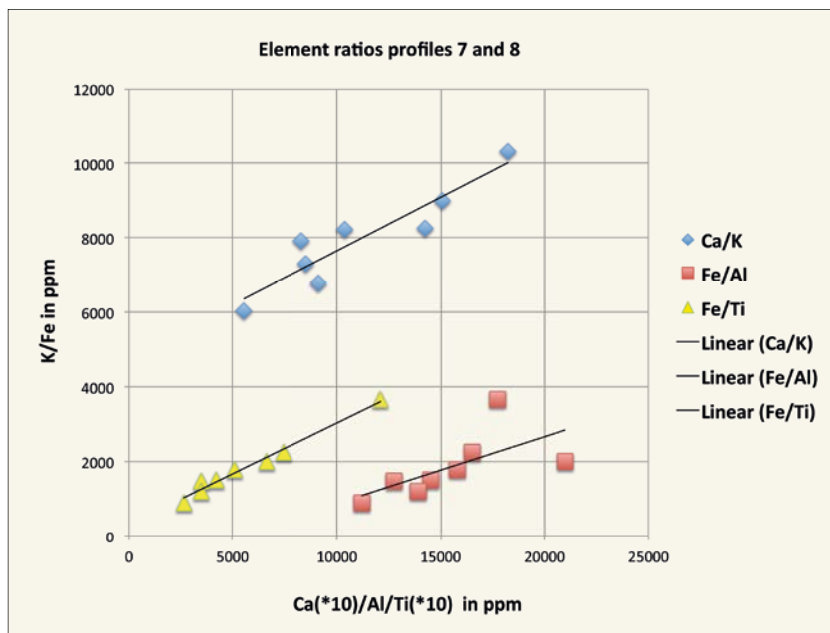


AFBEELDING 7. | Gehalten Ca ($\times 10$) en K in ppm versus de mediane waarde voor de onderscheiden typen dekzand.



AFBEELDING 8. | Ratio's van K/Ca, Ti/Fe en Rb/Sr voor de diverse typen zanden. Type 1+4 = dekzanden van type 1 en 4; Type 2+3 = dekzanden van type 3 en 4; fluvio = oudere zanden van het stuwwallengebied en de smeltwater-vlakte. Waarden van Rb en Sr zijn vermenigvuldigd met respectievelijk een factor van 200 en van 100 om de grafiek leesbaar te houden.





AFBEELDING 9. | Element ratio's voor dekzandmonsters van de profielen 7 en 8.

K/Ca ratio fors, maar bovendien lijken het ouder zand en type 2/3 dekzand qua ratio sterk op elkaar. Hetzelfde patroon is zichtbaar bij de ratio's Ti/Fe en Rb/Sr. Dat komt neer op lokale opname van grover zand uit oudere formaties met nogal wat variatie in samenstelling. Dat de stuwwalsedimenten zo'n variatie vertonen is bekend, waarbij de stuwingsrichting ook nog eens min of meer O-W is en dus dwars op de dominante windrichting grote variatie in samenstelling kan optreden. Bij de westelijke en oostelijke dekzanden is die variatie in chemisch-mineralogische samenstelling duidelijk minder en lijkt een meer regionale herkomst de beste verklaring.

Slotopmerkingen

De waargenomen grote verschillen in mineraal- en elementconcentraties binnen de onderzochte dekzanden, die maar in beperkte mate samenhangen met verschillen in textuur (grover – iets rijker), zijn opmerkelijk. Niet uitgesloten is dat sortering tijdens afzetting van het dekzand enige rol daarbij heeft gespeeld, maar vooral de aanzienlijke variaties in element ratio's (in het bijzonder van de ratio K/Ca, maar ook van Rb/Sr) wijzen op significante lokale verschillen in de bron van het zand.

Ons onderzoek laat zien dat in het bijzonder het Jonger Dekzand II in het wat hogere, stuwwal/fluvioglaciale deel van het Gooi een grote variatie in chemisch-mineralogische samenstelling vertoont, die toegeschreven moet worden aan een lokale herkomst van het zand. Het is wat grover van samenstelling en bestaat voor een deel uit zand afkomstig uit de oudere zandige afzettingen van het stuwwalgebied. Het dekzand ten westen en oosten van dit centrale deel van het Gooi is wat fijner, vertoont minder variatie in samenstelling en heeft waarschijnlijk een meer regionale herkomst.

Gedetailleerd onderzoek van de zeer lokale variatie in chemisch-mineralogische samenstelling binnen dekzandpakketten van de typen 1-4 zou uitsluitsel kunnen geven over de vraag of sortering tijdens afzetting ook effect kan hebben op element ratio's. Met de huidige techniek (XRF) is dergelijk onderzoek goed haalbaar geworden.

Dankwoord

Onze dank gaat uit naar Unze van Buuren (master student VU Amsterdam) en Martine Hagen (Sediment Lab, VU Amsterdam) voor het uitvoeren van de QICPIC en de korrelgrootteanalyses. Dr. Chiara Cerli, hoofd van het lab van IBED (UvA, FNWI) wordt bedankt voor haar adviezen betreffende de toepassing van de XRF-techniek.

¹ Een volledig overzicht van de chemische analyses per zand type wordt gepresenteerd in een tabel, die te vinden is op https://www.researchgate.net/profile/Jan_Sevink.

LITERATUUR

- Crommelin R.D., 1965. *Sediment-petrologie en herkomst van Jong-Pleistoceen dekzand in Nederland. Boor en Spade*, p.138-150.
- De Jong, J., 1988. *Climatic variability during the past three million years, as indicated by vegetational evolution in northwest Europe and with emphasis on data from the Netherlands. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B318*: 603-617.
- Van Huissteden, J. K., J. Vandenberghe, T. Van der Hammen & W. Laan, 2000. *Fluvial and aeolian interaction under permafrost conditions: Weichselian Late Pleniglacial, Twente, eastern Netherlands. Catena*, 40(3), 307-321.
- Jongmans, A.G., M.W. van den Berg, M.P.W. Sonneveld, G.J.W.C. Peek & R.M. van den Berg van Saparoea, 2013. *Land-schappen van Nederland, geologie, bodem en landgebruik. Wageningen Academic Publishers*.
- Koopman, S. & J. Sevink, 2016. *Het Jonger dekzand in het Gooi, deel 1: verspreiding, geomorfologie, algemene lithologie en structuren. Grondboor & Hamer* 2016-3, 76-87.
- Koster, E.A., 1978. *De stuifzanden van de Veluwe; een fysisch-geografische studie. Proefschrift Universiteit van Amsterdam*.
- Maarleveld, G.C., 1968. *Voorlopige resultaten van dekzandonderzoek met de plakbandmethode. Boor & Spade* 16 p. 38-65.
- Schwan, J., 1988. *The structure and genesis of Weichselian to Early Holocene aeolian sand sheets in western Europe. Sedimentary Geology*, 55(3), 197-232.

