

ting van de dekzanden uitgeblazen werden.

Summary

The origin of rounding and frosting of quartz grains is discussed. To test if soil processes play an important role, samples from A-, B- and C-zones of sandy podsol soils were taken in 18 localities. In the preparation of the samples no chemicals were used. Hundred quartz grains of the sieve fraction 355 - 500 micrometer were divided into 5 roundness classes and studied under the microscope. It appeared that in the A-zone more well rounded and frosted quartz grains are found, in some cases even twice as much as in the C-zone, which is the unchanged cover sand. Thus the importance of humic acids in soil processes as an agent creating rounded and frosted quartz grains has been demonstrated.

Adres van de auteur:
Oostindië 24
9354 TD Zevenhuizen

Literatuur

Besprekingen over het heidepodsolprofiel, 130 pp. 1941, Nederl. Heide Mij, Arnhem.

Kindle, E.M., 1919: A neglected factor in the rounding of sand grains. *Am. Jour. Sci.* 47, p. 431-434.

Kuenen, Ph.H., 1959: Experimental abrasion.3. Fluvial action on sand. *Am. Jour. Sci.* 257, p. 172-190.

-----1960: Experimental abrasion.4. Eolian action. *Jour. Geol.* 68 p. 427-449.

-----1964: Experimental abrasion.6. Surf action. *Sedimentology* 3, p. 29-43.

Kuenen, Ph.H. & Perdok, W.G., 1962: Experimental abrasion.5. Frosting and defrosting of quartz grains. *Jour. Geol.* 70, p. 648-658.

Pettijohn, F.J., 1975: *Sedimentary rocks*, 628 pp., 3d ed. Harper & Row, New York.

Pettijohn, F.J., Potter, P.E. & Siever, R., 1987: *Sand and sandstone*, 553 pp., 2nd ed. Springer, New York.

Raesside, J.D., 1959: Stability of index minerals in soils with particular reference to quartz, zircon and garnet. *Jour. Sed. Petr.* 29, p. 493-502.

Reineck, H.-E. & Singh, I. B., 1975: *Depositional sedimentary environments*. 439 pp. Springer, New York.

Russell, R.D. & Taylor, R.E., 1937: Roundness and shape of Mississippi river sands. *Jour. Geol.* 45, p. 225-267.

Swett, K., Klein, G. de V. & Smith, D.M., 1971: A Cambrian tidal sand body- the Eriboll sandstone of NW Scotland: an ancient-recent analog. *Jour. Geol.* 79, p. 400-415.

Veenstra, H.J., 1963: Microscopic studies of boulder clays. *Proefschr. R.U. Groningen*, 211 pp. Stabo, Groningen.

Veenstra, H.J. & Winkelmolen, A.M., 1976: Size, shape and density sorting around two barrier islands along the north coast of Holland. *Geol. & Mijnb.* 55, p. 87-104.

Winkelmolen, A.M., 1969: The rollability apparatus. *Sedimentology* 13, p. 291-305.

De zwerfstenen van het Drentse Plateau.

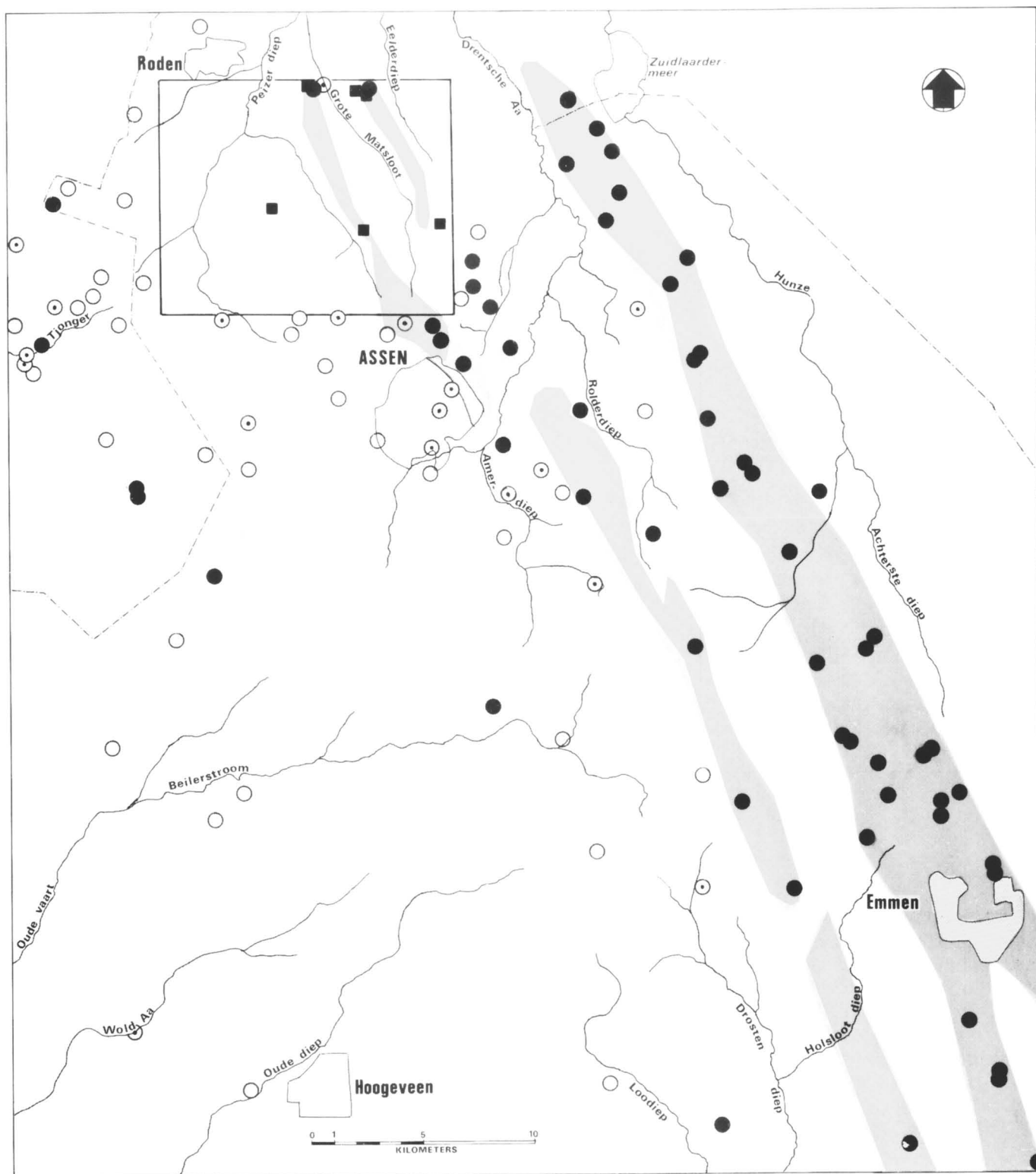
A.P. Schuddebeurs.

Reeds eerder is erop gewezen, dat de zwerfsteengezelschappen op de hoge ruggen in Drenthe duidelijk verschillen van die uit de dalen tussen deze ruggen in (Schuddebeurs 1987). Nu het aantal zwerfsteentellingen in deze provincie tot ruim 200 is gestegen kan een gedetailleerder beeld van dit fenomeen gegeven worden (fig. 1 en 2). Voor het merendeel dezer tellingen zijn de uitslagen reeds eerder gepubliceerd en wel in Schuddebeurs 1955, 1958, 1980a, 1980/1981, 1982, 1987 en in Zandstra 1972, 1974, 1976, 1987. In tabel 1 zijn de uitslagen van nog een zestal nieuwe tellingen verwerkt. Tenslotte zijn de rapporten van alle Nederlandse tellingen, ook van de niet gepubliceerde, aanwezig in de archieven van de Rijks Geologische Dienst te Haarlem.

De in Nederland gebruikte telmethoden zijn reeds vele malen beschreven, o.a. in Schuddebeurs 1955, 1958, 1980a, 1980/1981, 1982 en in Zandstra 1974, 1976, 1983, 1986, 1987. De uitslagen van de tellingen werden veelal met de 4-cijferige Hesse-mannformule op de kaart aangegeven. Nu het net van tellingen zo kleinmazig geworden is zou deze weergave onoverzichtelijk en praktisch onuitvoerbaar worden. De symbolen die door Zandstra (1983, 1987) gebruikt worden voor de 10-groepen telmethode van de Rijks Geologische Dienst nemen minder ruimte op de kaart in en geven niettemin meer details weer. Desondanks is er van af gezien de R.G.D.-telmethode hier toe te passen

omdat bleek, dat het essentiële van de Drentse tellingen eenvoudig met drie symbolen is weer te geven. Doorslaggevend is namelijk steeds het gehalte Oostbaltische gidsgesteenten, afkomstig van de Ålandseilanden, Z.W.-Finland, de Botnische Golf en het gebied van de Rode Oostzeekwartsporfier. Gezelschappen met meer dan 67% Oostbaltische gidsgesteenten zijn op de kaarten fig. 1 en 2 aangeduid met een geheel zwarte cirkel; die met 33 tot 67% door een cirkel met stip en die met minder dan 33% met een open cirkel. In tabel 1 zijn zes voorbeelden uitgewerkt. Op de figuren 1 en 2 zijn de ruggen weergegeven volgens de geomorfologische kaart van de provincie Drenthe. De

meest oostelijke rug, de Hondsrug, is algemeen bekend. Ten westen daarvan en evenwijdig eraan verloopt vanaf Emmen de Schoonoordrug, die naar het noorden overgaat in de Rolderrug met nog een voortzetting ten westen van Vries tussen Matsloot en Eelderdiep, de Eekhoorn. Nog wat westelijker en evenwijdig aan beide vorige ruggen verloopt de Zeyerrug vanaf Deurze en Assen tot dicht bij Peize. Wellicht is de geïsoleerde hoogte bij Noordhorn (Groningen) hiervan nog een voortzetting. Overigens moet men zich van de hoogteverschillen tussen ruggen en dalen geen overdreven voorstelling vormen, want het gaat meestal om slechts enkele meters. Op de ruggen zijn tot nu toe uitsluitend

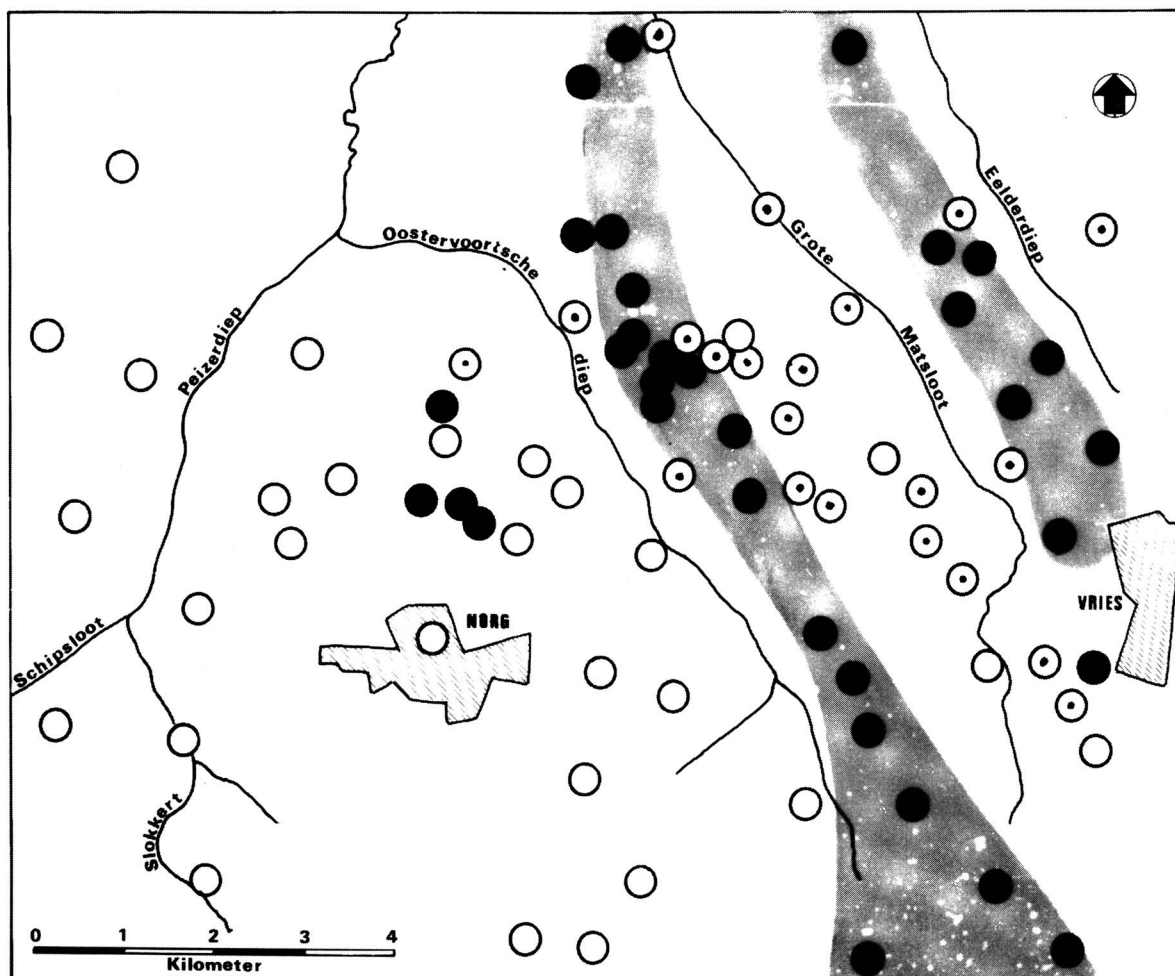


Figuur 1. Het Drentse Plateau. De hoge ruggen zijn met grijs aangeduid. Zie verder de tekst.

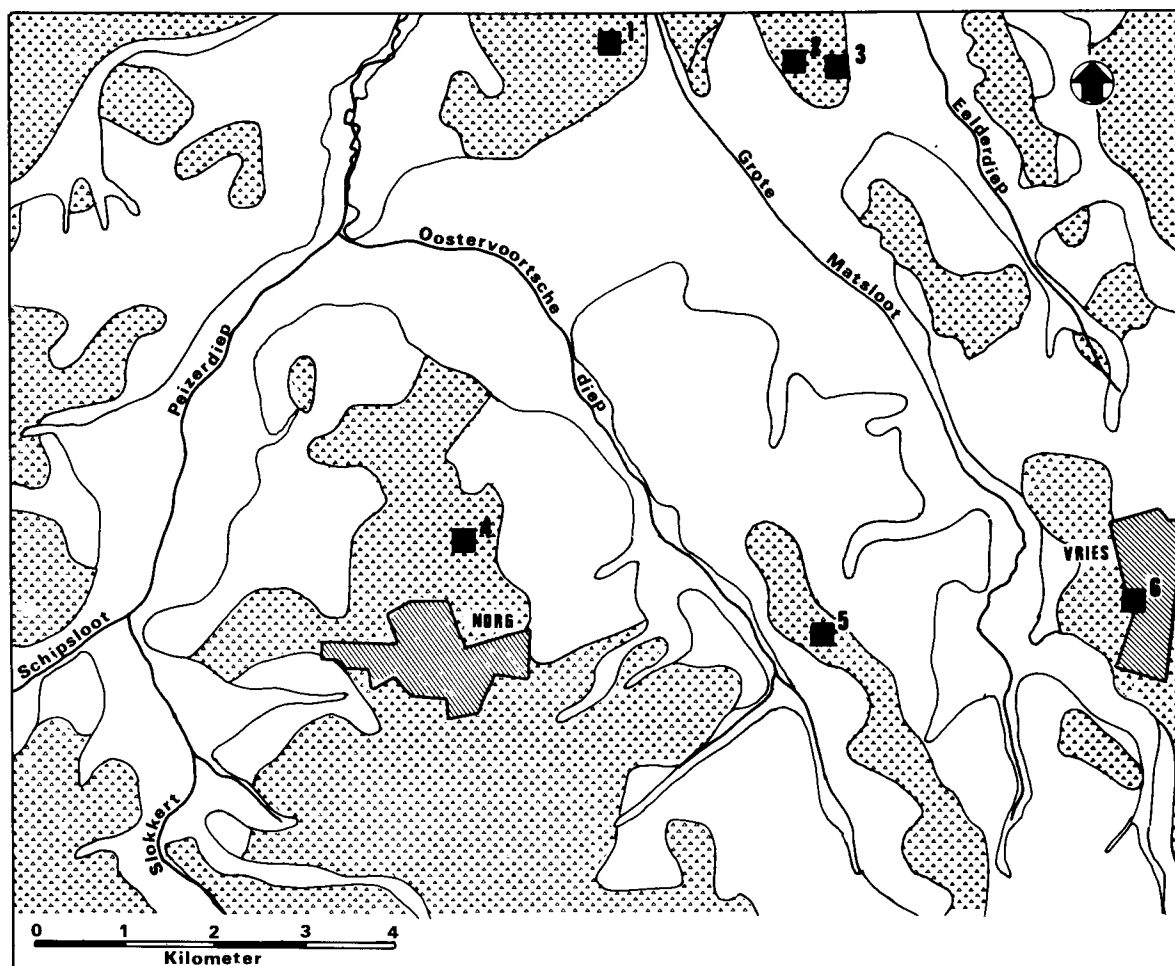
zwerfsteengezelschappen aangetroffen met een hoog gehalte Oostbaltische componenten. Meer dan 90% van de totale telsom is geen uitzondering. Het hoogste gehalte, nl. 98,5% is op de Zeyerrug ten zuiden van Dondaren vastgesteld. Verder is nog een kleine concentratie Oostbaltische gezelschappen gevonden ten noorden van Norg, nabij en op de Looakkers. Ook dit gebiedje ligt wat hoger dan de om-

geving, maar een rug kan men het nauwelijks noemen. Matig Oostbaltische gezelschappen zijn vooral in de dalen tussen de ruggen gevonden en dat binnen een ± 15 km brede strook ten westen van de Hondsrug, maar het duidelijkste tussen Norg en Vries (fig. 2). Verder westelijk zijn Oostbaltische associaties uitzondering en spelen Zuidbaltische met veel gidsgesteenten uit Småland de hoofdrol, vooral in de

provincie Friesland. Deze verschillen zijn te aanzienlijk en te opvallend om als toeval te kunnen worden beschouwd. Overigens is veel van de fossiele grondmorene, het keileem dus, en ook van de stenen zelf door erosie verdwenen. Niet alleen in de beekdalen ontbreekt keileem, maar plaatselijk ook op de ruggen. Soms bleef er alleen een keienvloer bewaard.



Figuur 2. Fragment uit figuur 1.



Figuur 4. Fragment uit de geologische kaart; blad Assen West. xxx = keileem. 1 t/m 6: locaties van boringen.

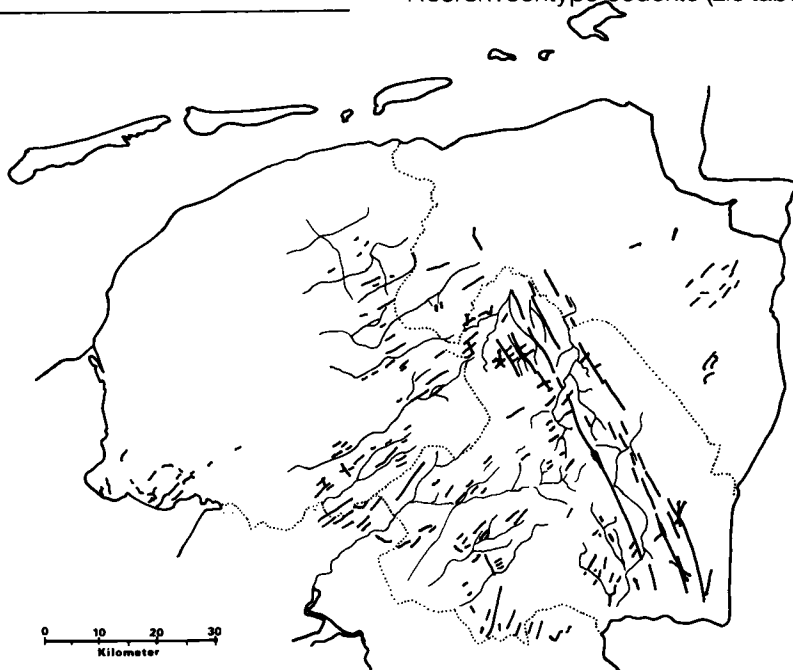
Tabel 1 Kristallijne gidsgesteenten

Plaatsnaam nummer lokatie en Hesemann- formule	Noordscheveld Zeyen 422/9010	Vries t.o.v. manege 420/9000	Vries Zeyerlaar III 415/4240	Langelo t.N.v. Loakkers 419/6130	Vries, Zuur- sche landen 436/2270	Norg Veldweg 416/2260
Gidsgesteenten						
Groep I						
Aland rapakiwi	9	30	6	6	2	5
Aland (apliet-)graniet	53	103	6	19	4	7
Aland granofier	11	1	-	1	-	2
Aland granietporfier	5	14	5	4	2	2
Aland kwartsporfier	-	5	-	-	-	-
Aland porfierapliet	-	2	-	-	-	-
Haga graniet	1	2	-	-	-	-
Prickgraniet	3	6	2	1	1	1
Rapakiwirandfacies(monz.)	-	5	-	-	-	-
Finse biotietrapakiwi	-	-	-	-	-	2
Rode Finse rapakiwigraniet	-	1	1	-	1	-
Pyterliet	-	1	-	1	-	-
Lellainengraniet	1	-	-	-	-	-
Perniögraniet	-	1	-	-	-	-
Rode Finse rapak.gran.porf.	1	2	-	-	-	-
Gneisgraniet Botn. Golf	3	3	-	1	-	1
Botn. Golf porfier	-	1	-	-	-	1
Röddögraniet	-	1	-	-	-	-
Röddögranietporfier	-	-	-	1	-	2
Grijze Revsundgraniet	-	-	-	-	-	1
Angermanland tweegl. gran.	-	2	-	-	-	-
Rode Oostzeekwartsporfier	1	13	-	2	-	-
Totaal groep I	88=	193=	20=	36=	10=	24=
	91,7%	93,7%	35,7%	63,2%	15,8%	20%
Groep II						
Uppsala graniet	-	-	2	-	-	1
Salagraniet	-	-	1	-	-	-
Stockholm graniet	-	-	2	-	-	2
Malingsbogranië	-	-	-	-	-	1
Bredvadporfier	-	-	4	3	3	7
Hedenporfier	-	1	-	-	-	-
Kallbergporfier	-	1	-	-	1	-
Elfdalenporfier	-	1	-	-	-	-
Div. Dalarna veldsp.porfier	1	-	3	-	1	2
Div. Dalarna kwartsporfier	-	2	-	-	-	1
Grönklittporfiriet	-	-	-	1	1	-
Venjanporfiriet	-	-	-	-	1	-
Digerberg tuffiet	-	-	-	-	1	-
Bruine Oostzeekwartsporf.	-	-	2	-	2	4
Totaal groep II	1=	5=	14=	4=	10=	18=
	1,0%	2,4%	25%	7,0%	15,8%	15,6%
Groep III						
Alögraniet	-	-	-	-	-	1
Smålandgraniet, div.	6	6	12	13	24	51
Lönnebergporfier	-	-	1	-	6	2
Kristalzuilensyen.porfier	-	-	-	-	-	1
Smålandporfier, div.	-	-	5	3	4	13
Graversforsgraniet	-	-	-	-	-	1
Bornholmstreepgraniet	1	1	2	-	2	-
Hammergraniet	-	1	-	-	-	-
Bazalt	-	-	2	1	7	5
Totaal groep III	7=	8=	22=	17=	43=	74=
	7,3%	3,9%	39,3%	29,8%	68,3%	64,3%
Groep IV						
Totaal per telling	96	206	56	57	63	115

Twee hoofdrichtingen

Verscheidene auteurs hebben gepoogd het chronologisch verloop van de ijsbedekking te beschrijven. Voor Noord-Nederland werd dit vooral afgeleid uit de morfologie van het landschap. Twee hoofdrichtingen zijn duidelijk, nl. de N.N.W.-Z.Z.O. verloopende Hondsrugrichting en daartegenover het N.O.-Z.W. verloop van beken en minder geprononceerde ruggen in West-Drenthe en aangrenzend Friesland: de Zeven Woudenrichting, zie fig. 3. Hetzelfde ruggen- en dalensysteem met dezelfde hoofdrichtingen zet zich tot diep in West-Duitsland voort. Dit patroon zou door het landschap gemodelleerd zijn, hoewel sommige dalen wellicht al voor de ijsbedekking bestonden. Volgens Ter Wee (1962) kwam het landschap het eerst vanuit het N.N.W. maar de aanvoerrichting zwenkte successievelijk om naar het O.N.O. Ook volgens latere auteurs zo-

als Van den Berg en Beets (1987), Rappol (1987) en Zandstra (1987) zou de beweging van het landschap tussen dezelfde uitersten beperkt gebleven zijn. Meestal wordt van vijf stadia uitgegaan, elk met een eigen richting, maar over de aantallen en volgorde van de stadia en hun richting lopen de meningen uiteen. Voor alle reconstructies die uitgaan van transport uit het N.N.W. geldt, dat er een zeer groot en dik ijsveld in de Noordzee gelegen moet hebben om ijsstromen tot in de Gelderse Vallei en misschien ook via de IJssel en Rijn tot aan Krefeld te kunnen voeden. Volgens Van der Berg en Beets (1987) zijn er voor zo'n ijsveld geen aanwijzingen gevonden. Dit werd mij nog bevestigd door de heer Laban (pers. mededeling). Ook Rappol et al. (1989) namen een vergletsjering in het Noordzeebekken aan, al noemden zij dit speculatief. Maar op een lezing die op 2 september 1989 door de heer Van der Meer gehouden werd tijdens het zwerfsteensymposium op Schokland gaf deze volmondig toe dat hun veronderstelling niet houdbaar is. Volgens Joon et al. (1990) ligt er plaatselijk keileem op de Noordzeebodem ten N.W. van Texel en Terschelling, maar niet verder dan ± 70 km uit de Nederlandse kust. Omdat er geen aanwijzingen zijn voor een groot ijsveld in de Noordzee tijdens het Saalien zal, zo concluderen deze auteurs, het Hondsrugprobleem met de duidelijke N.W.-Z.O. richting opnieuw ter discussie gesteld moeten worden. Volgens Rappol (1984, 1987) bracht landschap eerst uit het NO. een Zuidbaltische morene mee die het Drentse Plateau en Friesland met keileem van het Heerenveentype bedekte (zie tabel 2).



Figuur 3. De hoge ruggen op het basale keileemplateau in Noord-Nederland. Twee verschillende gerichte ijsstromen zijn te onderscheiden, nl. een N.O.-Z.W. richting en een jongere N.N.W.-Z.Z.O. richting. De laatste ijsstroom zou de ruggen van het Hondsrugcomplex gevormd hebben. Naar van den Berg en Beets 1987.

Tabel 2

Herkomstgebieden	Keileemgroep	Keileemtype		Hesemannformule
		alkhoudend	ontkalkt	
<u>Oost-Balticum</u> Rijdschillen, Rijnland, Oostzee Z.W. v. Rijnland, Hondsrug, Rijnland, Hondsrug, Rijnland, Z.W. v. Rijnland.	Assen	Nieuweschot	Emmen	1000, 3010, 3020
		Noordhore	Assen	911, 9020, 7120
	Voorst	Voorst	Emmen	7210
<u>Oostelijk</u> <u>Midden-Balticum</u> Oppland, Stankheim, Oostzee Z.W. v. Rijnland.	Rheenen	onbekend	Emmen	610, 620, 670
		Luchter	Amstelveen	1700, 1800
<u>Westelijk</u> <u>Midden-Balticum</u> Dalarna.		In Heerenveentype belangrijk, soms ook in Rhenentype		
<u>Zuid-Balticum</u> Småland, overig Zuid-Zweden, Bornholm.	Heerenveen	Deventer	Heerenveen	0190, 1180, 1270, 2170
		Losser	Markelo	2260, 2350, 2440, 3250
<u>Zuid-Noorwegen</u> Uslogebied, Skagerrak.	onbekend	onbekend	onbekend	

Vervolgens, zonder dat in dit gebied het ijs verdween, ontstond een ijsbeweging uit het N.W. of N.N.W. die keileem van het Assentype naar het Hondsrugcomplex bracht. Hieruit zou volgen dat overal waar we nog keileem vinden het onderste gedeelte ervan tot het Heerenveentype moet behoren. Maar zo is het niet. Op de eigenlijke Hondsrug liggen weliswaar twee keilemen, nl. onderin het Assentype, veelal bedekt door het Emmentype, maar het Heerenveentype ontbreekt daar over de gehele lengte van ± 50 km. Zeker is, dat het Heerenveentype-keileem in geen enkele ontsluiting of boring op de Hondsrug is aangetroffen. Op het Hooge Veld, d.w.z. op het hoogste punt van de Zeyerrug en op 16 km ten westen van de Hondsrug verzamelde ik in 1982 materiaal van het maaiveld voor telling nr. 246. Van de 176 kristallijne gidsgesteenten bleek 97% van Oostbaltische herkomst te zijn, terwijl er zeer weinig vuursteen aanwezig is. In 1989 werd op deze plaats een ontsluiting gemaakt tot 3,5 m onder het maaiveld. Het bleek, dat het keizand direkt rust op zanden van de Formatie van Eindhoven. Ook hier wijst niets op de aanwezigheid van keileem van het Heerenveentype. Toch ontbreekt die keileem niet overal.

Op mijn verzoek werden op zes plaatsen in Noord-Drenthe (fig. 4) door medewerkers van de Rijks Geologische Dienst handboringen uitgevoerd tot in het preglaciaal. In het sediment-petrologisch laboratorium van de Rijks Geologische Dienst zijn het fijne grind en de zware mineralen uit de keileemonsters onderzocht. De volgende typen zijn vast gesteld:

Boring 1, Peize, Heideweg: alleen type Assen.

Boring 2, Kibbelslag bij Winde: alleen type Assen.

Boring 3, Turfweg, Winde: type Assen rust op het Heerenveentype.

Boring 4, t. Z.O.v. het Schillenveen, Norg: residu van het Assentype ligt op het Heerenveentype.

Boring 5, Noordsche Veld, Negen Bergen, Zeyen: type Emmen rust op type Assen.

Boring 6, zeer waarschijnlijk type-Heerenveen.

Ook hieruit blijkt, dat keileem van het Heerenveentype beslist niet op het gehele Drentse Plateau voorkomt. Met Rappol (1987) ben ik van mening dat er geen aanwijzing is voor een tijdelijke klimaatwijziging of voor een stagneren van de ijsaanvoer met een tijdsbestek van erosie tussen de depositie van de diverse keileemtypen. Maar dat houdt wel in, dat de onderste morene in Drenthe geen geheel gesloten dek was maar veeleer leek op - excusez le mot - een plak gatenkaas. Op veel plaatsen heeft nooit keileem van het Heerenveentype gelegen.

Sommige auteurs, zoals bijv. Rappol (1987) spreken wel over keileem van de Assen-groep maar maken geen onderscheid tussen de beide daartoe behorende keilemen, resp. het Assen- en het Emmen-type. Toch is dit wel dege-lijk van belang. In beide typen domineren Oostbaltische gidsgesteenten, maar in het Emmen-type is dat nog 10 à 20% meer dan in het Assen-type. In het eerstgenoemde type ontbreekt vuursteen nagenoeg of geheel maar in het tweede is tussen 10 en 40% van het totale zwerfsteen bestand vuursteen, berekend uit de fractie zwerfstenen groter dan 25 mm. Keileem van het Emmen-type ligt waarschijnlijk niet alleen over de gehele lengte van de Hondsrug, maar plaatselijk ook bij Schipborg, bij het dorp Vries, op het Hooge Veld bij Winde en

bij Noordhorn (prov. Groningen). Het is dus niet zeldzaam, maar toch minder algemeen dan het Assen-type. Het is zeer opmerkelijk dat in West-Duitsland vanaf de landsgrens tot aan Delmenhorst bij de 176 uit dat gebied bekende tellingen het Assen-type wel, maar het Emmen-type nooit is aangetroffen. K. Richter (1953) stelde in dat gebied wel een aantal overwegend Oostbaltische zwerfsteengezelschappen vast, maar altijd met een flinke portie vuursteen erbij.

Het is een hardnekkig en wijdverbreid misverstand te menen, dat Oostbaltische morenen alleen boven Zuidbaltische voorkomen. Reeds door Ter Wee (1966), Zandstra (1971), Zonneveld (1965) en ook door schrijver dezes (1980, 1981) werd erop gewezen dat het Voorst-type in Friesland meermalen onder het Heerenveentype keileem is aangetoond. In 1987 was dit zeer fraai te zien in een ontsluiting in de Woldberg bij Steenwijk. Waarschijnlijk komt dit meer voor. Aanwijzingen hiervoor zijn af te leiden uit de zwerfsteengezelschappen aan de bovenloop van de Tjonger (zie fig. 1, linksboven). Uit de bedding van deze rivier werd een Oostbaltisch gezelschap opgebag-gerd terwijl op de hogere gronden erlangs Zuidbaltische en gemengde gezelschappen liggen. Overigens komen Oostbaltische gezelschappen ook in Friesland wel aan de oppervlakte voor, zoals in een strook vanaf Ravenswoud bij Appelscha tot voorbij Duurswoude, d.w.z. weinig afwijkend van de Zeven Wouden-richting.

Zulke onderliggende Oostbaltische schollen zou men abnormaal kunnen noemen. Maar dat geldt ook voor het zeer veel voorkomen van een bepaald type gidsgesteente, of juist het ontbreken ervan, in gezelschappen waarin dat type normaliter wel voorkomt.

Hier enkele voorbeelden: In slechts een van de 200 Drentse tellingen werden enkele Tessini zandstenen gevonden terwijl ze in Friesland en Oost-Groningen regelmatig voorkomen. In de D.D.R. tussen Fürstenwalde/Spree en Frankfurt/Oder liggen de velden bezaaid met 'Trebuser Sandstein', waarschijnlijk afkomstig uit de omgeving van Gävle. De muren van vele gebouwen in Trebus, Fürstenwalde a.d. Spree enz. zijn vaak voor meer dan de helft uit deze zwerfstenen opgetrokken. In Nederland vond ik slechts één exemplaar, nl. in het Prov. Museum te Assen. Kortgeleden kwamen er echter verscheidene blokken Trebuser Sandstein voor de dag uit een ontsluiting in de Woldberg bij Steenwijk. Meer vondsten van Trebuser Sandstein zijn mij in Nederland niet bekend, maar wel verscheidene uit Denemarken. In dat land hebben Zandstra en schrijver

in 1988 en 1989 zwerfsteen-onderzoek uitgevoerd. We vonden er veel meer Rödögranieten en Rödögranietporfieren dan in Nederland. Maar daar staat tegenover, dat het enige type Rödögesteente dat in Nederland niet bepaald zeldzaam is, namelijk Rödökwartsporfier met grote cumulofierische veldspaten, in Denemarken niet werd aangetroffen. Iets dergelijks geldt voor de zwerfstenen uit Zuid-West-Finland. In Nederland is het meest voorkomende type daarvan de rode Rapakiwigranietporfier. Pyterliet en Wiborgiet met grote ovoïden komen hier veel minder voor. Maar in Denemarken is dat juist andersom.

Dergelijke 'abnormaliteiten' komen in iedere mogelijke omvang voor, ook in Duitsland in oude en jonge morenen en vermoedelijk ook elders. Als verklaring van zowel dit fenomeen als van de verschillen in de aanwezigheid en de opeenvolging van de diverse keileemtypen ga ik uit van de hypothese, dat het ijs veel, zo niet voortdurend, van snelheid en richting veranderde. Dit doet niets af aan de algemeen aanvaarde opvatting, dat er duidelijke hoofdrichtingen van het landijs geweest zijn die zich over grote afstand tamelijk rechtlijnig hebben voortgezet. Maar in onderdelen moeten er significante verschillen geweest zijn. Afhankelijk van de ijsdikte en de bewegingssnelheid kon het ijs meer of minder eroderen en transporteren. Beide processen zijn minimaal bij stilstand van de gletsjer. Snelheidsverschillen zijn afhankelijk van de ijsdikte, de hellingshoek van het substraat, het min of meer beladen zijn met gesteentepuin en van obstakels in de vorm van vaste rotsen of omringende ijsmassa's. Het ijs beweegt zich in lamellen boven elkaar, die onderling kunnen verschillen in samenstelling, richting en snelheid. Extra sterke erosie heeft opname van abnormaal veel materiaal tot gevolg, terwijl het omgekeerde ook zal voorkomen.

In de Engelse literatuur onderscheidt men drie manieren waarop morene materiaal door het ijs wordt vervoerd, nl.:

- a. subglaciaal, ook wel: 'basal': de eigenlijke grondmorene die direct op het substraat of de gletsjerbedding rust;
 - b. englaciaal: in het ijs, op afstand boven de grondmorene en daarvan gescheiden door zuiver ijs;
 - c. supraglaciaal: boven op het ijs.
- Wat subglaciaal werd opgenomen kan, behalve voorwaarts of opzij, ook omhoog verplaatst worden en zo terecht komen op englaciaal of zelfs op

supraglaciaal niveau. Maar evengoed kan een schol morene of een blok op lager niveau belanden, resp. zelf bedolven worden onder opschuivend ijs. Woldstedt en Duphorn (1974) nemen aan dat Oostbaltische morenen op Zuidbaltisch ijs terecht kwamen tijdens een doodijsfase. De snelheid hoeft echter niet volkomen nul te zijn, als er maar voldoende verschil is. Ook dit proces kan zich in twee hoofdfasen afgespeeld hebben. Tijdens de eerste fase passeerde het ijs vanaf Åland de zuidelijke Oostzeebodem waar gesteenten uit het Krijt door het ijs aangesneden werden. Het nam tevens vrij veel Zweeds materiaal op, hetzij van opzij, hetzij dat dit reeds op de Oostzeebodem aanwezig was. Zo ontstond het keileemtype Assen. Latere ijsmassa's bewogen zich al omhoog, voordat de Krijtgesteenten bereikt waren en bleven zo geheel of nagenoeg zonder vuursteen (Voorst-, Emmen- en Rhenen-groepen). Dergelijke processen moeten op groter en op kleiner schaal voorgekomen zijn, maar evengoed kunnen grote moreneschollen uit elkaar gescheurd zijn en onderin of op halverhoogte in het ijs belanden. Ook met de Zuidbaltische morene (keileem van het Heerenveentype) zal dit het geval geweest zijn. Zo wordt begrijpelijk, dat op het Drentse Plateau geen aangesloten dek Zuidbaltische morene ligt en dat de lacunes erin nu zijn opgevuld met keilemen van de Assengroep, terwijl elders Oostbaltische keileem onder de Zuidbaltische geschoven werd.

Rappol et al. (1989) stelden bij hun onderzoek aan de Woldberg bij Steenwijk vast dat de bovenste vuursteenarme keileem in alle fracties verschilt van die eronder. Zij nemen aan, dat de bovenste keileem op enige hoogte boven de basis van het ijs over een afstand van 1000 km of meer is getransporteerd zonder vermengd te worden met materiaal van meer lokale herkomst. Ehlers (1981) had iets dergelijks reeds betoogd. Hij neemt aan, dat zulk transport englaciaal tot stand kon komen door gereactiveerd ijs dat voortschoof over dynamisch-dood ijs.

Zwerfsteengezelschappen die voor 100% uit een beperkt gebied afkomstig zijn zijn nooit gevonden, maar veelal gaat het om slechts geringe bijmengingen. Dat is de reden dat er zulke duidelijk onderscheidbare keileemtypen zijn. Het op-, resp. over- of langs elkaar schuiven van moreneschollen onderweg moet gebeurd zijn, terwijl de schollen door zuiver ijs van elkaar gescheiden waren en vermenging weinig voorkwam. Deze uiteraard hypothetische voorstelling van zaken houdt ook in, dat het landijs de gezamenlijke morenen als een samenhangend pakket in Drenthe heeft afgezet.

Als hoofdrichting van waar het ijs kwam lijkt het N.O. het meest waarschijnlijk. Zo'n ijsstroom kon tot stand komen zonder dik ijspakket in de Noordzee.

Over het ontstaan en het vervoer van schollen, grote en kleine slierten, schreef ik al eerder (Schuddebeurs 1980/1981). Reeds in 1978 deelde Ehlers mee, dat er althans aan de randen van de pleistocene ijskap in Noord-Duitsland slechts weinig aanwijzingen zijn voor glaciële erosie: het ijs nam daar niet veel materiaal meer op. In de laatste fasen van de ijsbedekking schoven de bewegende delen van het landijs over dood ijs en maakten geen contact met de bodem. Ook Ehlers (1982) vermeldt englaciaal transport van moreneschollen. Stephan (1985) beschrijft keileemschollen in ander-soortige morenen uit het Weichselien bij Heiligenhafen. Onderzoek van recente gletsjers wijst op hetzelfde verschijnsel. Gripp (1929) beschreef verschuivingen van morenemateriaal op het dooiende ijs in Spitsbergen. Kuenen (1948) schreef, dat bovenop het dikke Groenlandijs herhaalde malen grondmorene, dus leem en stenen met gletsjerkraassen, is aangetroffen. Marcussen (1978) zag op het oppervlak van een gletsjer op Spitsbergen twee enkele meters van elkaar verwijderde schuifvlakken die geheel verschillend materiaal naar boven brachten.

Uit tabel 2 blijkt, dat in Nederland geen keileemtypen voorkomen met 40 à 65% Oostbaltische componenten. Toch zijn dat juist de zwerfsteengezelschappen die in de beekdalen gevonden zijn. Gedurende het afsmelten van het ijs spoelden de dalen uit, terwijl materiaal van de hoge ruggen in de dalen terecht kwam. Ook solifluctie tijdens het Weichselien zal hiertoe bijgedragen hebben. De zwerfsteengezelschappen uit de beekdalen zijn een mengsel van de restanten van de drie keilemen die in Drenthe voorkomen. Huisman (1965) deelde mee, dat op het Hooge Veld, dus nabij de grens tussen Norg en Vries, verrassend veel zwerfstenen uit het Oslogebied zouden voorkomen en hij hoopte, dat gesteentetellingen en keileemonderzoek meer licht op deze merkwaardige zaak zouden werpen. Dat het uitgebreide zwerfsteenonderzoek in dit gebied geen enkele aanwijzing voor Huisman's stelling opleverde betoogde ik reeds eerder (Schuddebeurs 1987). Maar ook de uitkomsten van verder sediment-petrologisch onderzoek geven geen steun aan Huisman's beweringen. Het percentage gidsgesteenten uit het Oslogebied is in Drenthe zelfs nog wat geringer dan in overig Nederland. Als er gedurende het derde stadium van het Saalien al

een ijsstroom uit het Oslogebied bestond, dan heeft deze Drenthe niet bereikt.

In Denemarken werd een ijsstroom uit het Oslogebied opgevolgd door een ijsstroom uit het N.O., die gekenmerkt wordt door gidsgesteenten uit het westen van Zuid-Zweden. Rappol et al. (1989) nemen een dergelijke ijsstroom aan die over Denemarken Nederland bereikt zou hebben. Als deze opvatting juist was, zou dat allang gebleken moeten zijn uit het zwerfsteenbestand in Nederland. Het is ook voor zwerfsteenverzamelaars erg jammer, dat dit niet het geval is. Gidsgesteenten als Kristinehamn-, Amal-, Sjögeras-, Bohuslän- en Varberggraniet met bovendien Kröppefjäll-, Järbo- en Tössögneis, Vaggerydsyeniet en vooral granaatamfiboliet zijn in Nederland nog zeldzamer als die uit het Oslogebied. Ook als we de moeilijke herkenbaarheid van de meeste dezer gidsgesteenten in acht nemen lijkt de kans op een ijsstroom uit westelijk Zuid-Zweden uiterst gering.

Van den Berg en Beets (1987) schrijven, dat de verspreiding van de kristallijne gidsgesteenten zoals die door Zandstra (1987) werd geschetst slechts voor een deel in hun theorie past. N.m.m. gelden deze bezwaren niet voor de hierboven gegeven hypothese. Hier staat echter tegenover dat de geomorfologische problemen zoals de Zeven Wouden- en Hondsrugrichting er niet mee opgelost zijn. Omdat deze morfologie zich tot ver buiten het Drents Plateau uitstrekt, zal ook West Duitsland veel intensiever in het onderzoek betrokken moeten worden. Voor Noord-Rijn-Westfalen wordt daaraan gewerkt door Zandstra (publicatie in voorbereiding).

Dankwoord

Bij het veldwerk voor vele zwerfsteentellingen hielpen de heren H. Jager, Woltega; J.A. de Jong, Drachten en F. de Jong uit Roden. Veel hulp werd ontvangen van medewerkers van bureau Noord van de Rijks Geologische Dienst te Oosterwolde. De heer M.W. ter Wee stond mij toe gebruik te maken van de nog niet gepubliceerde bladen Assen Oost en Assen West van de geologische kaart van Nederland. De handboringen tot in het preglaciaal werden uitgevoerd door de heren J. H. A. Bosch, B. Kleinstra en M.A. Smakman. Het sediment-petrografisch onderzoek van de keileemmonsters verzorgde de heer A.W. Burger van de R.G.D. te Haarlem. De heer J. Zandstra, eveneens te Haarlem, leverde kritiek op het manuscript en stelde enkele verbeteringen voor. De heer M.A. Smakman verrichtte het tekenwerk. Mevrouw K. van Schalkwijk-von

Henning het typen en de heer H.L. Pijlman, Assen, vertaalde de samenvatting in het Duits.

Hen allen hartelijk dank.

Samenvatting

Op het z.g. Drentse Plateau in Noord Nederland verlopen evenwijdig aan elkaar een aantal weinig hoge ruggen, waartussen beken of rivieren stromen. De richting dezer ruggen, die tot het Hondsrugcomplex gerekend worden, is bij benadering N.N.W.-Z.Z.O. Op de ruggen zijn alleen duidelijk tot zelfs extreem Oostbaltische zwerfsteengezelschappen gevonden, sommige met, andere nagenoeg zonder vuursteen, resp. uit het keileemtype Assen of uit het keileemtype Emmen. Onder de Oostbaltische morenen ligt - echter lang niet overal - een Zuidbaltische morene (keileemtype Heerenveen). Waar die ontbreekt ligt de Oostbaltische morene direkt op preglaciale afzettingen. Omdat er geen aanwijzingen zijn voor een tussentijdse erosie, is aangenomen dat de totale morene in een keer werd afgezet, voor een deel 'subglaciaal' maar gedeeltelijk ook 'englaciaal'. De zwerfsteengezelschappen in de dalen behoren niet tot een bepaald keileemtype. Ze bevatten één- à tweederde Oostbaltische gidsgesteenten en moeten vooral glacio-fluviatiel gevormd zijn, maar solifluctie zal ook een rol gespeeld hebben. Er zijn geen aanwijzingen gevonden voor ijsstromen uit het Oslogebied of uit westelijk Zuid-Zweden. Als hoofdrichting van het landijs is N.O.-Z.W. het meest waarschijnlijk, terwijl de veronderstelling van een ijsstroom uit het N.N.W.-Z.Z.O. volgens de Hondsrugrichting niet aanneemelijk is. Er is geen verklaring gegeven voor het parallelle verloop van de ruggen en dalen op het Drentse Plateau en evenmin voordat van die in West-Drenthe en Friesland, resp. de Hondsrugrichting en de Zeven Woudenrichting.

Zusammenfassung.

Auf dem sog. drenthischen Plateau in den nördlichen Niederlande verlaufen parallel eine Anzahl ziemlich niedrige Hügelketten, zwischen denen Bäche oder Flüsse strömen. Die Richtung dieser Hügelketten, die zum Hondsrugcomplex gerechnet werden, ist ungefähr NNW-SSO. Auf diesen Hügelketten sind ausgesprochen ostbaltische bis sogar extrem ostbaltische Geschiebegemeinschaften gefunden worden, einige mit, andere fast ohne Feuerstein, aus dem Geschiebelehmtypus Assen bzw. aus dem Geschiebelehmtypus Emmen. Unter den ostbaltischen Moränen liegt - aber bei weitem nicht überall - eine südbaltische Morä-

ne (Geschiebelehmtypus Heerenveen). Wo diese fehlt, liegt die ostbaltische Moräne unmittelbar auf präglazialen Ablagerungen. Da es keine Hinweise für eine zwischenzeitliche Erosion gibt, hat man angenommen, daß die ganze Moräne auf einmal abgelagert worden ist, zum teil 'subglacial' aber zum teil auch 'englacial'. Die Geschiebegemeinschaften in den Tälern gehören nicht zu einem bestimmten Geschiebelehmtypus. Sie enthalten ein bis zwei Drittel ostbaltische Leitgeschiebe und müssen vor allem glazio-fluviatil gebildet worden sein, aber Solifluktion mag auch eine Rolle gespielt haben.

Es gibt kein hinweise für Eisströme aus dem Oslogebiet oder aus dem westlichen Teil von Südschweden. Als Haupttrichtung des Inlandeises ist NO-SW am wahrscheinlichsten, während die Annahme eines Eisstroms NNW-SSO wegen der Hondsrugrichtung nicht einleuchtet.

Der parallele Verlauf der Hügelketten und Täler auf dem drenthischen Plateau wurde ebensowenig begründet wie der in West-Drenthe und Friesland, die Hondsrugrichtung bzw. die Zevenwoudenrichtung.

Adres auteur:
Hofstukken 114
9407 LD Assen

Literatuur

- Berg, M.W. van den, en D.J. Beets, 1987: Saalian glacial deposits and morphology in the Netherlands. In: J.J.M. van der Meer, ed. Tills and Glaciotectonics, pp 235-251. Rotterdam.
- Ehlers, J., 1978: Vor dem Eisrand abgelagerte Sedimente. Beispiele aus dem nördlichen Niedersachsen. Mitteilungen aus dem Geol. Paläont. Inst. der Univ. Hamburg, 48, pp 17-32. Hamburg.
- Ehlers, J., 1981: Some aspects of glacial erosion and deposition in North-Germany. Annals of Glaciology 2, pp 143-146.
- Gripp, K., 1929: Glaciologische und geologische Ergebnisse der Hamburgischen Spitzbergen-Expedition 1927. Abh. Naturw. Verein Hamburg XXII, pp 147-249. Hamburg.
- Huisman, H., 1965: Een ekeriet vondst in Drenthe. Grondboor en Hamer 19, pp 62-63. Oldenzaal.
- Joon, B., C. Laban en J.J.M. van der Meer, 1990: The Saalian glaciation in the Dutch part of the North Sea. Geologie en mijnbouw 69, pp 151-158.
- Kuening, Ph. H., 1948: De kringloop van het water, pp 1-408. Den Haag.
- Marcussen, I., 1978: Über die Verwendbarkeit von Geschieben in Grundmoränen als Hilfsmittel der Stratigraphie. Der Geschiebesammler 12, Heft 2-3, pp 13-20. Hamburg.

- Rappol, M., 1984: Till in southeast Drenthe and the origin of the Hondrug complex. *Eiszeitalter und Gegenwart* 34, pp 7-27. Öhringen.
- Rappol, M., 1987: Saalian till in the Netherlands: A Review. In: J.J.M. van der Meer, ed: *Tills and Glaciotectonics*, pp 3-21. Rotterdam.
- Rappol, M. en S. Haldorssen, P. Jørgensen, J.J.M. van der Meer en H.M.P. Stoltenberg, 1989: Composition and origin of petrographically-stratified thick till in the northern Netherlands and a Saalian glaciation model for the North Sea basin. *Meded. Werkgroep Tertiaire en Kwartaire Geologie* 26(2), pp 31-64. Leiden.
- Richter, K., 1953: Klimatologische Verschiedenartigkeit glazialer Vorstossphasen Norddeutschlands. *Act. IV INQUA congres*, pp 1-11. Rome Pisa.
- Schuddebeurs, A.P., 1955: Mededelingen over drie gesteentetellingen en enige opmerkingen betreffende de Oostzeeporfieren en hun verspreiding. *Grondboor en Hamer*, pp 60-64. Oldenzaal.
- Schuddebeurs, A.P., 1958: Inventarisatie van zwerfstenen bij Norg. *Grondboor en Hamer*, pp 163-166. Oldenzaal.
- Schuddebeurs, A.P., 1980a: Over enkele Noordnederlandse zwerfsteengezelschappen. *Grondboor en Hamer*, pp 51-64. Oldenzaal.
- Schuddebeurs, A.P., 1980/1981: Die Geschichte im Pleistozän der Niederlande. *Der Geschiebesammler* 14, 2/3/4, pp 91-198. Hamburg.
- Schuddebeurs, A.P., 1982: Zwerfsteentellingen in Noord-Nederland. *Meded. Werkgroep Tertiaire en Kwartaire Geologie* 19, pp 81-108. Leiden.
- Schuddebeurs, A.P., 1987: De verspreiding van gidsgesteenten uit het Oslogebied en begeleidende zwerfstenen. *Grondboor en Hamer*, pp 112-134. Oldenzaal.
- Stephan, H.-J., G. Schlüter en Ch. Kabel, 1982: Stratigraphical problems in the glacial deposits of Schleswig-Holstein.
- Stephan, H.-J., 1985: Exkursionsführer Heiligenhafener 'Hohes Ufer'. *Der Geschiebesammler* 18, pp 83-99. Hamburg.
- Wee, M.W. ter, 1962: The Saalian glaciation in the Netherlands. *Med. van de Geologische Stichting N.S.* 15, pp 57-76. Maastricht.
- Wee, M.W. ter, 1966: Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1 : 50.000. *Blad Steenwijk Oost*, pp 57-76. Maastricht.
- Wee, M.W. ter, 1979: Toelichtingen bij de geologische kaart van Nederland 1 : 50.000. *Emmen west (17 W) en Emmen Oost (170)*, pp 1-218. Haarlem.
- Woldstedt, P. en K. Duphorn, 1974: Norddeutschland und angrenzende Gebieten im Eiszeitalter, pp 1-500. Stuttgart.
- Zandstra, J.G., 1971: Keileem en zwerfstenen in de Zuidwesthoek van Friesland. *It Beaken. Tijdschrift van de Fryske Akademy* 33/1, pp 13-51.
- Zandstra, J.G., 1972: Notities over heidegronden en hun ontginning en twee nieuwe zwerfsteentellingen in Drenthe. *Grondboor en Hamer*, pp 7-18. Oldenzaal.
- Zandstra, J.G., 1974: Over de uitkomsten van nieuwe zwerfsteentellingen en een keileemtype-indeling in Nederland. *Grondboor en Hamer*, pp 95-108. Oldenzaal.
- Zandstra, J.G., 1976: Sedimentpetrografische Untersuchungen des Geschiebelehrs von Emmerschans (Drenthe, Niederlande). *Eiszeitalter und Gegenwart* 27, pp 30-52. Öhringen.
- Zandstra, J.G., 1983: A new subdivision of crystalline Fennoscandian erratic pebble assemblages (Saalian) in the Central Netherlands. *Geologie en Mijnbouw* 62, pp 455-469.
- Zandstra, J.G., 1987: Explanation in the map 'Fennoscandian crystalline erratics of Saalian age in the Netherlands'. In: J.J.M. van der Meer, ed: *Tills and glaciectonics*, pp 127-132. Rotterdam.
- Zandstra, J.G., 1988: Noordelijke kristallijne gidsgesteenten, pp. 1-469. Leiden.
- Zandstra, J.G.: Paragraaf in toelichting bij de geologische kaart van Nederland 1 : 50.000. *Assen west en Assen oost (12 West en 12 Oost)*. In druk.
- Zonneveld, J.I.S., 1965: Tussen de bergen en de zee. pp 1-285. Amersfoort.
- Lijst: Gegevens van tellingen van noordelijke kristallijne zwerfstenen in Duitsland, oostelijk tot Delmenhorst en Gütersloh. *Uitg. Rijks Geologische Dienst. Intern rapport.*

Opvallende verschijningsvormen van mineralen in zwerfstenen.

J. Koolhaas

De liefhebbers van mineralen zijn in het algemeen voor de uitbreiding van hun verzameling aangewezen op vindplaatsen in het buitenland. Voor degenen die niet alleen geïnteresseerd zijn in fraaie kristallen biedt ook het eigen land en met name de noordelijke zwerfsteengebieden, een aantal gesteenten met verschijningsvormen van mineralen, die het nader bekijken waard zijn. Mineralen die mede iets vertellen over de omstandigheden tijdens het ontstaan van het gesteente. Met enkele voorbeelden wil ik dit toelichten.

Bij een zandzuigerij in de nabijheid van Assen kwam onlangs een gneis (afm. 50 x 40 x 35 cm) aan het licht, waarin een groot aantal granaatjes (almandien) opviel met daartussen muscoviet en wat amfibool. Het voorkomen van vooral de almandien wijst erop dat we hier te maken hebben met een zgn. paragneis, een metamorf gesteente dat onder invloed van hoge druk en temperatuur ontstaan is uit een kalkhoudend sediment. Dit sediment, dat op zijn beurt door erosie uit een ander gesteente (sedimentair of kristallijn?) is ontstaan moet na de afzetting onder in-

vloed van tektoniek diep in de aardkorst terecht gekomen zijn en onder inwerking van de daar heersende hoge druk en temperatuur zijn omgezet tot gneis. Na opheffing en weg erodering van de bovenliggende gesteentelagen is het bewuste gesteentebrok door het landijs richting Nederland getransporteerd. Kortom: deze steen heeft een zeer bewogen geschiedenis achter de rug.

Een lid van de amfiboolfamilie werd gevonden in een steen afkomstig uit Drachten, afm. (14 x 9 x 8 cm), in de

vorm van aktinoliët (straalsteen) in een gneis. Hoewel het meestal ontstaat in hydrothermaal omgezette magmatische (en dan meest basische) gesteenten, komt het mineraal ook voor in contact-metamorphe gesteenten. Hier dus in een gneis.

De aanwezigheid van een enkel granaatje wees erop dat we ook hier te maken hebben met een paragneis. De waaivormig uitstralende aktinoliët-naalden zorgen voor een opvallend uiterlijk van deze steen. Een ander interessante vondst was een steen uit Ee-