

TELLINGEN VAN NOORDELIJKE KRISTALLIJNE GIDSGESTEENTEN IN DE ACHTERHOEK EN ZUIDELIJK OVERIJSSSEL EN OPMERKINGEN OVER DE DEPOSITIEGEBIEDEN VAN HET LANDIJS TIJDENS HET SAALIEN IN NEDERLAND

J.G. Zandstra *

INLEIDING

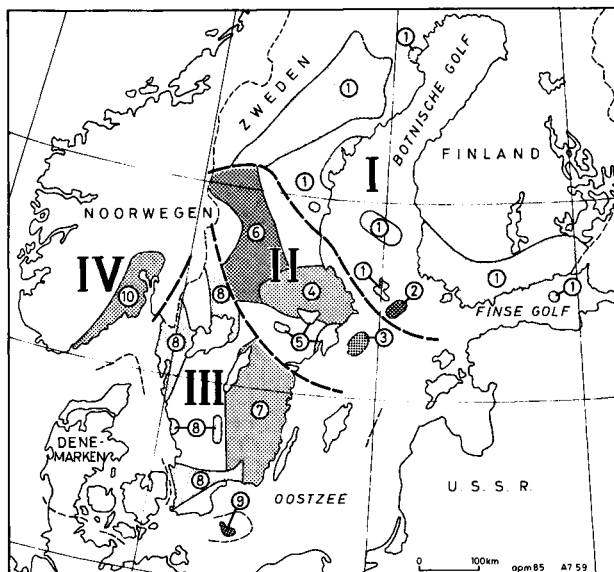
In zijn in 1891 te Leiden verschenen proefschrift met als titel 'Bijdrage tot de kennis der verspreiding onzer kristallijne zwervelingen' attendeert de in Zutphen geboren JACOBUS LODEWIJK CONRADUS SCHROEDER VAN DER KOLK de lezer op een interessante waarneming: 'Toen ik in de omstreken van Groenlo in het afgelopen jaar de talrijkheid en de verspreiding der granieten onderzocht, scheen het uit negentien tellingen, die ik tot dat doel verrichtte, te blijken, dat over een uitgestrektheid van ongeveer 10 K.M. twee strooken van zeer verschillend granietgehalte in de N.N.O. richting aan elkaar grensden. Daar het beloop der strooken weinig of niet van de verheffing van den bodem afhankelijk scheen te wezen, zou ook dit verschijnsel het best door landijs verklaard worden, en tot de bepaling der richting, waarin dit zich bewoog, kunnen dienen'.

Bovenstaand citaat maakt duidelijk dat er aan het eind van de vorige eeuw in de Achterhoek nog terreinen waren waar een systematische ver-

kenning van de zwerfsteeninhoud en een bestudering van stroombanen van het landijs mogelijk waren. Helaas vermeldt SCHROEDER VAN DER KOLK geen kwantitatieve gegevens, waardoor zijn mededeling aan waarde inboet. Merkwaardig genoeg verrichtten bekende latere auteurs van tellingen van kristallijne zwerfstenen als MILTHERS, LIGTERINK, VAN DER KLEIJ, VAN DER LIJN en SCHUDDEBEURS hier geen onderzoek en een telling van DE WAARD (1945) ten zuiden van Winterswijk kon, mede door de zeer lage telsom, in de bestaande leemte niet voorzien. Toch moet dit gebied nog lang, zeker tot in de jaren vijftig van deze eeuw (we herinneren aan de grote heideontginningen) voor kwantitatief zwerfsteenonderzoek zeer geëigend zijn geweest.

In de jaren 1982-1985 werd door de Rijks Geologische Dienst een negental tellingen van kristallijne gidsgesteenten in de Achterhoek uitgevoerd; deze analyses van gedurende het Saalien door landijs aangevoerd materiaal worden hierna te zamen met nieuwe tellingen bij Stok-

Fig. 1: Indeling van de herkomstgebieden
I-IV Volgens HESEMANN-methode
1-10 Volgens RGD-methode



* Rijks Geologische Dienst,
Postbus 157, 2000 AD Haarlem

kum, Usselerveen, Losser en Enschede in Overijssel en vier gepubliceerde tellingen te Netterden, Varsselder, Enschede en Borken (Dld.) besproven. Het doel van het onderzoek was drieërlei:

- Het vaststellen van het zwerfsteenaanvoergezelschap
- Het vergelijken van de uitkomsten met andere delen van Nederland
- Het onderscheiden van ijsdekken op grond van de verspreiding van de zwerfsteengezelschappen (depositiegebieden = 'strooivelden')

METHODE VAN ONDERZOEK

Vanaf het begin van de jaren dertig (VAN DER LIJN 1932) is bij tellingen van kristallijne gidsgesteenten in grote lijnen van de methode HESEMANN (1930a, b) gebruik gemaakt. Bij deze werkwijze worden van een zekere locatie circa 100 gidsgesteenten vanaf 2.5 cm systematisch verzameld en gedetermineerd en daarna op basis van vier herkomstgebieden in Fennoscandiavië ingedeeld; deze gebieden zijn het Oost-, Midden- en Zuid-Balticum en Zuid-Noorwegen (I, II, III en IV; zie fig. 1). Voor de eerste nieuwe telling, op een akker tegenover de Grote Steen in het Woold, liet zich voor deze herkomstgebieden respectievelijk 19.3, 47.0, 32.5 en 1.2% berekenen. De Hesemann-formule (HF) laat zich nu bepalen door de genoemde percentages op hele tientallen af te ronden (20; 50; 30; 0), deze getallen door tien te delen en de verkregen cijfers achter elkaar te plaatsen; zo ontstaat voor de analyse bij de Grote Steen HF 2530. Voor wat de

Hesemann-methode betreft wordt volstaan met bovenstaande karakteristiek en met een verwijzing naar SCHUDEBEURS (1981) en SCHUDEBEURS & ZANDSTRA (1983).

Op de Rijks Geologische Dienst te Haarlem zijn vanaf 1967 tellingen volgens de Hesemann-methode uitgevoerd; het leidde tot een uitbreiding van het aantal herkomstgebieden, door opdeling, tot tien (fig.1; tab. I; ZANDSTRA 1983a) en een uitwerking van de resultaten voor het Gooi, Utrecht, de Veluwe en het rivierengebied bij Arnhem en Nijmegen (ZANDSTRA 1983b). Bij dit tiengroepensysteem blijft de berekening van de Hesemann-formule een onderdeel van de bewerking (tab. V).

De aanleiding tot de onderscheiding van deelgebieden vormt met name gebied II van HESEMANN, waarin het oostelijke Midden-Balticum (OMB: groep 3 met Bruine Oostzeeporfier, groep 4, Uppland en groep 5, Stockholm en omgeving) en het westelijke Midden-Balticum (WMB: groep 6, Dalarna) verenigd zijn. In zwerfsteengezelschappen vertonen het OMB en het WMB tegengestelde tendenzen en daarom is het beter om in uitwerkingen groep 3 + 4 + 5 van groep 6 te scheiden. Het voorbeeld (tab. II) illustreert dat twee tellingen met dezelfde HF binnen groep II zeer verschillend van samenstelling kunnen zijn.

Voor de presentatie van de uitkomsten van de tellingen op verspreidingskaarten dient een cirkellegenda, die, voor de overzichtelijkheid, de gegevens van niet meer dan vijf, gecombineerde, herkomstgebieden bevat. Het OMB en het WMB zijn uiteraard gescheiden gehouden; verder is van het OMB groep 5 op kaartjes buiten beschouwing gelaten omdat Stockholmgraniet als

Tabel I: De herkomstgebieden van noordelijke zwerfstenen.

HESEMANN 1930	RIJKS GEOLOGISCHE DIENST (ZANDSTRA, 1983b)		
I Oost-Balticum	1	Oost-Balticum	Oost-Balticum
	2	Oostzee Z van Åland	
II Midden-Balticum	3	Oostzee ZW van Åland	Oostelijk Midden-Balticum
	4	Uppland	
	5	Stockholm; Örebro; Mälär	
	6	Dalarna	Westelijk Midden-Balticum
III Zuid-Balticum	7	Småland en omgeving	Zuid-Balticum
	8	Overig Zuid-Zweden	
	9	Bornholm	
IV Zuid-Noorwegen	10	Zuid-Noorwegen	Zuid-Noorwegen

Tabel II: Twee tellingen met dezelfde Hesemann-formule (HF) en een verschillend gedrag van het oostelijk Midden-Balticum (groepen 3 + 4 + 5) tegenover het westelijk Midden-Balticum (groep 6).

295 Meddo, Valkeniersbult (dit artikel)				152 Weurt bij Nijmegen (ZANDSTRA 1983b)			
I	19%	1	19%	I	19%	1	19%
		3 + 4 + 5	9%			3 + 4 + 5	27%
II	29%	6	20%	II	31%	6	4%
III	52%	7 + 8 + 9	52%	III	50%	7 + 8 + 9	50%
IV	-%	10	-%	IV	-%	10	-%
HF 2350		Gesteentecombinatie 15		HF 2350		Gesteentecombinatie 5	

gidsgesteente mogelijk minder betrouwbaar is (elders in Zweden en Finland komen verwante typen voor). Het fijn- en gelijkkorrelige hoofd-type van Stockholmgraniet (fig. 8) is echter zeer kenmerkend. Voor Nederland kunnen op deze wijze 35 gesteentecombinatie-klassen worden onderscheiden (tab. III); voor aangrenzend Duitsland komen daar door de hogere gehalten aan Zuidnoorse gesteenten nog 17 bij (niet op de tabel aangegeven).

De tien herkomstgebieden zijn verschillend van omvang (fig. 1); mede daardoor is het aantal typen gidsgesteente voor het ene gebied veel hoger dan voor het andere. Elk gebied heeft wel een of meer typen geleverd met een opvallend uiterlijk en een goede herkenbaarheid in het veld; we herinneren aan rhombenportier (groep 10). We zouden dergelijke verklikkers de kensoorten kunnen noemen. Het zou te ver voeren alle onder de noemer kensoort vallende gidsgesteenten hier te noemen en toe te lichten; we volstaan met een afbeelding van één markante kensoort per gebied (fig. 2, 4, 6 t/m 9, 11 t/m 14). Voor een petrologische beschrijving van de gekozen voorbeeld-typen wordt naar de zwerfsteenboeken van HESEMAN, VAN DER KLEIJ en VAN DER LIJN verwezen.

UITKOMSTEN VAN DE NIEUWE TELLINGEN VOLGENS DE HESEMAN- METHODE

De inventaris van de nieuwe tellingen in de Achterhoek en zuidelijk Overijssel is op tab. IV vermeld. De formules 1360, 2250, 2350 (3×), 2530, 3330, 3340, 4330 en 4340 geven aan, dat

het aandeel van zwerfstenen uit HESEMAN's herkomstgebieden I, II en III nogal wisselt; gebied IV, Zuid-Noorwegen, is te verwaarlozen. De tellingen bij Stokkum (HF 1280) en Losser (HF 2170) onderscheiden zich door een sterke dominantie van groep III.

Telgroep I beloopt in de Achterhoek maximaal 39%; deze hoge waarde werd op het Masterveld, de meest oostelijke verkenningplaats in de betreffende streek, vastgesteld. Masterveld is ook de omgeving met de meeste rapakivitypen van het Finse vasteland; Finse rapakivigraniet, Finse viborgiet en pyterliet zijn als subgroep kwantitatief alleen in deze telling van enige betekenis. De locatie Usselerveen in Overijssel, eveneens met een relatief oostelijke ligging, is met 35% ook tamelijk rijk aan Oostbaltisch materiaal.

Met een aandeel van 48% heeft voorts telling 142 langs de Knalhatteweg bij Enschede een sterk Oostbaltische inslag. Het in 1971 uitgevoerde onderzoek aan materiaal uit nieuwe bermsloten betrof stenen uit groengrijze keileem en keizand boven de keileem. De keileem bevatte weinig of niet verweerde, fris uitzijnde zwerfstenen; de wel hoofdzakelijk uit dit materiaal bestaande telling 70 werd eerder gepubliceerd (HF 3340 van fractie > 4.5 cm, ZANDSTRA 1974; tab. V). Het keizand bevatte uitsluitend sterk verweerde, niet vergruisde, meest kleine zwerfstenen met een dikke witte verweringskorst; in de aparte telling 142 van 'stenen' van 3-4.5 cm is voornamelijk dit sterk gebleekte bestand ondergebracht (HF 5230, tab. V). Het hogere aandeel van Oostbaltische zwerfstenen in het keizand wordt gezien als het randeffect van een ijslob van een jonger ijsdek met zeer veel ra-

Herkomstgebieden				Gesteente- combinaties
1+2	3+4	6	7+8+9	
%	%	%	%	
15	50			1
	35-50			2
	25-35			3
		15	25-45	4
25			45-60	5
		15-30		6
	15-25	30	25-45	7
		15	25	8
25-35				9
		15	25-45	10
35-45				11
		30	25-45	12
			45-60	13
			25-45	14
25	15	15-30	45-60	15
			60-75	16
			45-60	17
		15	60-75	18
			75	19
			25-45	20
		30	25	21
			25-45	22
25-35		15-30		23
			45-60	24
			25-45	25
		15	45-60	26
	15		60-75	27
		30		28
			25	29
		15-30		30
35-45			25-45	31
		15	45-60	32
				33
				34
45-65				35
65				36
				37
				38
				39
				40
				41
				42
				43
				44
				45
				46
				47
				48
				49
				50
				51
				52
				53
				54
				55
				56
				57
				58
				59
				60
				61
				62
				63
				64
				65
				66
				67
				68
				69
				70
				71
				72
				73
				74
				75
				76
				77
				78
				79
				80
				81
				82
				83
				84
				85
				86
				87
				88
				89
				90
				91
				92
				93
				94
				95
				96
				97
				98
				99
				100
				101
				102
				103
				104
				105
				106
				107
				108
				109
				110
				111
				112
				113
				114
				115
				116
				117
				118
				119
				120
				121
				122
				123
				124
				125
				126
				127
				128
				129
				130
				131
				132
				133
				134
				135
				136
				137
				138
				139
				140
				141
				142
				143
				144
				145
				146
				147
				148
				149
				150
				151
				152
				153
				154
				155
				156
				157
				158
				159
				160
				161
				162
				163
				164
				165
				166
				167
				168
				169
				170
				171
				172
				173
				174
				175
				176
				177
				178
				179
				180
				181
				182
				183
				184
				185
				186
				187
				188
				189
				190
				191
				192
				193
				194
				195
				196
				197
				198
				199
				200
				201
				202
				203
				204
				205
				206
				207
				208
				209
				210
				211
				212
				213
				214
				215
				216
				217
				218
				219
				220
				221
				222
				223
				224
				225
				226
				227
				228
				229
				230
				231
				232
				233
				234
				235
				236
				237
				238
				239
				240
				241
				242
				243
				244
				245
				246
				247
				248
				249
				250
				251
				252
				253
				254
				255
				256
				257
				258
				259
				260
				261
				262
				263
				264
				265
				266
				267
				268
				269
				270
				271
				272
				273
				274
				275
				276
				277
				278
				279
				280
				281
				282
				283
				284
				285
				286
				287
				288
				289
				290
				291
				292
				293
				294
				295
				296
				297
				298
				299
				300
				301
				302
				303
				304
				305
				306
				307
				308
				309
				310
				311
				312
				313
				314
				315
				316
				317
				318
				319
				320
				321
				322
				323
				324
				325
				326
				327
				328
				329
				330
				331
				332
				333
				334
				335
				336
				337
				338
				339
				340
				341
				342
				343
				344
				345
				346
				347
				348
				349
				350
				351
				352
				353
				354
				355
				356
				357
				358
				359
				360
				361
				362
				363
				364
				365
				366
				367
				368
				369
				370
				371
				372
				373
				374
				375
				376
				377
				378
				379
				380
				381
				382
				383
				384
				385
				386
				387
				388
				389
				390
				391
				392
				393
				394
				395
				396
				397
				398
				399
				400
				401
				402

Locatie	Ensch.	Ussel.	Loss.	Gr. St.	Vrag.	Rek. I	Rek. II	Mast.	Meddo	Rek. III	Liev.	Stok.	Groe.
Nummer van de telling	142	175	249	261	279	292	293	294	295	297	298	324	339
<u>Telgroep I</u>													
Ålandrapakivi/-graniet	13	15	7	7	42	13	10	20	11	3	16	5	13
Ålandkwarts-/granietporfier	5			3	6	2	2	7	5		3	1	4
Prickgraniet					4			3	1				
Finse rapakivigraniet					1			7			2		
Finse viborgiet								1					
Finse pyterliet			1	3				1		1	2		
Monzon.randfacies v. rapak.					3								
Botnische Golf-gneisgraniet								1					
Botnische Golf-kwartsporfier				1									
Rödökwartsporfier											3		1
Ångermanland-tweeglimm.gran.		1						1					1
Ragundagraniët					1	1							
Ragunda-sferolietporfier	1			1						1			
Grijze Revsundgraniet								2	1				
Rode Oostzeeporfier	2	8	1	1	8		1	3	1				2
<u>Telgroep II</u>													
Bruine Oostzeeporfier	2	3		6	9	3	3	4	7	2	4	4	1
Uppsalagraniët				1	3		1	2	2		6	3	
Overige Upplandgranieten			1		1				1				1
Stockholmgraniet	2	2	1	1	2	1							2
Stockholm-vlekkengraniet					1								
Fellingsbrograniet					1								
Dalarnagraniëtgroep				7	2	2	1	2				1	2
Bredvadporfier	6	3		13	12	13	5	9	8	7	2	3	4
Hedenporfier					1								
Rode Särnaporfier				1	1		1						
Kallbergporfier				2	1						1		
Elfdalenporfiergroep		1			1	1		3	2		1		1
Overige Dalarnaporfierien		4	1	1	12	5	6	3	4	4	7	1	4
Grönklittporfieriet				3	6	4	3	7	6	2	2	1	2
Venjanporfieriet			1	3	4		1	1			1		1
Digerbergtuiffiet		5	1	1	1	2	1					1	
Astuf van Idkerberg									1				
<u>Telgroep III</u>													
Filipstadgraniet									1				
Loftahammergeisgraniet					1				1				
Rode Graversforsgraniet					1								
Smålandgraniet	8	16	28	20	44	37	34	34	42	26	21	64	39
Smålandporfier		5	5	7	18	5	5	2	6	2	2	6	6
Smålandignimbriet									1				
Blekingegraniët													1
Bazalt van Schonen		1									2		
Bornholmgraniëtgroep	3	3	8		4			3	4	1			1
<u>Telgroep IV</u>													
Rhombenporfier	1	1		1			1						
Telsom totaal	43	68	55	83	191	89	76	117	106	49	75	90	86
% Telgroep I	48.8	35.3	16.4	19.3	34.0	18.0	17.1	39.3	18.9	10.2	34.7	6.7	24.4
% Telgroep II	23.2	26.5	9.1	47.0	30.4	34.8	28.9	27.4	29.2	30.6	32.0	15.6	20.9
% Telgroep III	25.6	36.7	74.5	32.5	35.6	47.2	52.7	33.3	51.9	59.2	33.3	77.7	54.7
% Telgroep IV	2.3	1.5		1.2			1.3						
HESEMANN-formule	5230	4340	2170	2530	3340	2350	2350	4330	2350	1360	3330	1280	2250

Tabel IV: Gesteente-inventaris van nieuwe tellingen in de Achterhoek en zuidelijk Overijssel. Zie voor locaties fig. 3 en Aanhangsel.

Tabel V: Procentuele samenstelling van de tellingen in de Achterhoek en omgeving, volgens de tiengroepenmethode.

Herkomstgebieden		Nr. en locatie																
		249	324	252	260	292	293	295	297	339	261	279	298	294	175	D 79	70	142
		Losser, groeve Osse	Stokkum	Varsselder	Netterden	Rekken I	Rekken II	Meddo, Valkeniersbult	Rekken III	Groenlo, Wissinck	Woold, Grote Steen	Vragender, Schaarsheide	Lieveelde, Vragender Veld	Winterswijk, Masterveld	Usselerveen, Rutbeek	Borken	Enschede, Knalhutweg	Enschede, Knalhutweg
I	1 Oost-Balticum	14	7	33	26	18	16	18	10	22	18	30	35	36	23	68	32	45
	2 Zuid van Åland*)	2			1		1	1		2	1	4		3	12		2	4
II	3 Zuidwest van Åland**)		4	5	1	3	4	7	4	1	7	5	5	3	4		5	4
	4 Uppland	2	3	1			1	2		1	1	2	8	2			1	
	5 Stockholm en omgeving	2				1				2	1	2			3		9	4
	6 Dalarna	5	8	9	9	31	24	20	27	17	38	21	19	22	20	5	15	15
III	7 Småland en omgeving	60	78	47	54	47	53	48	57	53	33	34	30	31	32	27	22	19
	8 Bohuslän, Blekinge, Schonen									1			3		1		2	
	9 Bornholm	15		5	9			4	2	1		2		3	4		12	7
IV	10 Zuid-Noorwegen						1				1				1			2
HESEMANN-formule		2170	1280	3250	3160	2350	2350	2350	1360	2250	2530	3340	3330	4330	4340	7130	3340	5230
Gesteentecombinatie-klasse		19	19	26	27	13	15	15	15	15	12	23	23	30	30	35	36	36
Zwerfsteen-aanvoergezelschap		D				E 1				E 2				F				

*) met Rode Oostzeeporfier

**) met Bruine Oostzeeporfier

 kenmerkende gesteentegroep

De zelfstandige opvoering van Rode Oostzeeporfier (fig. 4) levert alleen voor Usselerveen een opmerkelijk hoog aandeel van 12%; de rol van Bruine Oostzeeporfier (fig. 6) en gesteenten van Uppland en Stockholm is gering. Gelet op het in verhouding tamelijk kleine areaal, dat Dalarna in Zweden inneemt, is het aandeel van zwerfstenen uit dit herkomstgebied op negen locaties in de Achterhoek en te Usselerveen (17-38%) bepaald aanzienlijk; de hoogste waarde betreft de telling op een akker nabij de Grote Steen in het Woold.

Småland is in de meeste zwerfsteengezelschappen in Nederland met enkele tientallen procenten van de telsom vertegenwoordigd; dergelijke gehalten zijn daardoor niet kenmerkend voor een bepaalde associatie. Småland heeft als gebied van herkomst blijkbaar continu, in de meeste ijsstromen, invloed op de samenstelling van de gesteentelast uitgeoefend; het landijs met een extreem Oostbaltisch startpunt vormt een van de weinige uitzonderingen op deze regel (zwerfsteengezelschap G, zie hierna). Tab. V bevat voorts negen tellingen, waarin Småland als leverantiegebied sterk naar voren komt, in het bijzonder te Stokkum en Losser; dergelijke hoge waarden (45-80%) worden wel karakteristiek voor een bepaald zwerfsteengezelschap beschouwd; we komen hier nog op terug. De invloed van Zuid-Zweden en Bornholm op de samenstelling is meestal gering; de te verwaarlozen

bijdrage van Noors materiaal werd reeds vermeld.

ZWERFSTEEN-AANVOER-GEZELSCHAPPEN VAN NEDERLAND

De studie van de kristallijne gidsgesteenten dient vooral om een antwoord te krijgen op de vraag of verschillende, wellicht naast en tegelijk, maar deels ook na elkaar gearriveerde landijsmassa's kenmerkende zwerfsteengezelschappen hebben achtergelaten; zo ja, dan is een dergelijk onderzoek een goed hulpmiddel bij de reconstructie van de gebeurtenissen tijdens de vergletsjering. In de jaren dertig (VAN DER LIJN 1932) is een begin gemaakt met de inventarisatie; thans zijn we zover dat met circa 300 bruikbare tellingen enig inzicht in de samenstelling is verkregen.

In totaal laten zich zeven zwerfsteen-aanvoergezelschappen, A t/m G, onderscheiden; B en E zijn in subassociaties op te splitsen (tab. VI). De zwerfsteenbestanden zoals we ze aantreffen kunnen als zodanig uit Fennoscandiavië met het ijs zijn meegevoerd; andere mogelijkheden zijn een ontstaan als gevolg van dooreenmenging in het landijs tijdens het lange transport of na de afsmelting van het ijs. Welke van deze drie omstandigheden voor het zwerfsteenbestand op een te onderzoeken plaats aan de orde is laat zich ge-

Tabel VI: Karakteristiek van de gezelschappen van kristallijne noordelijke gidsgesteenten in Nederland (in procenten).

	Herkomstgebieden				Kwantitatief relatief belangrijke gidsgesteenten	Hoofdvoorkomens van de aanvoergezelschappen
	1 + 2	3 + 4	6	7		
G	> 75				Ålandrapakivi, Ålandplietgraniet; Rode Oostzeeporfier; (Finse rapakivigroep)	Midd.-Drente, Hondsrug, Oost-Gron., oost. Twente
F	45-75	15%			Als bij G	Als boven
E 2	zeer variabel: nihil tot 45%	nihil tot max. 15%	> 15	< 45	Dalarnaporfier, Smålandgraniet, (Smålandporfier)	Noord- en Oost-Ned. (o.m. de Achterhoek)
E 1			> 15	> 45	Dalarnaporfier, Smålandgraniet, (Smålandporfier)	Noord- en Oost-Ned. (o.m. de Achterhoek)
D			< 15	> 45	Smålandgraniet, Smålandporfier, (Bornholmgraniet)	West-, Noord- en Oost-Nederland
C			< 15	< 45	Smålandgraniet, (Smålandporfier), (Bornholmgraniet)	Als boven
B 2			< 15		Bruine Oostzeeporfier, Uppsalagraniet; (Smålandgraniet)	Rivierengebied Doesburg-Arnhem-Nijmegen
B 1		15-25	> 15		Bruine Oostzeeporfier, Uppsalagraniet, Dalarnaporfier, (Smålandgraniet)	Utrecht, Veluwe, Gooi
A	< 25	> 25	< 15		Bruine Oostzeeporfier, Oostzeesyenietporfier, Uppsalagraniet, (Stockholmgraniet)	Als boven

woonlijk niet eenvoudig vaststellen; het is het gevolg van de meestal verre van ideale geologische situatie op de tellocatie, die een akker, een zandzuigerij, een groeve, een bouwput of een wegcunet kan zijn. Gelukkig blijkt in de praktijk dat het met de aanslagen op de samenstelling van het oorspronkelijk door het ijs geleverde zwerfsteen-gezelschap wel meevalt; waar een aanzienlijke lokale menging door latere invloeden (solifluctie, riviervtransport) is opgetreden blijkt deze trouwens vaak, boven verwachting, goed te herkennen (o.m. de subassociatie B 2 in tab. VI). Het schema van deze tabel geeft een indicatie voor het procentuele aandeel van de herkomstgebieden, onder vermelding van een of meer kenmerkende, frequent in relatief hoge tot extreem hoge gehalten voorkomende typen gidsgesteente.

Het verbinden van vaste percentages van de samenstellende componentgroepen aan de afzonderlijke gezelschappen is uiteraard kunstmatig; de gletsjers hebben bij opname van stenen in Fennoscandinavië bepaald geen afgestemde dosering nagestreefd en overschrijdingen van de gehanteerde getallen zijn dus mogelijk.

ZWERFSTEEN-AANVOER-GEZELSCHAPPEN IN DE ACHTERHOEK EN OMGEVING

Uit het overzicht op tab. V blijkt dat op de onderzochte locaties in de Achterhoek sprake is van de relatief Dalarna-rijke gezelschappen E 1 en E 2; in het Usselerveen is de samenstelling identiek. Stokkum in het noordwesten (fig. 3) en Losser (NO van Enschede, niet op fig. 3) bevat ten gezelschap D, met zeer veel zwerfstenen uit

Smaland; zuidelijk van Terborg komt meer Oostbaltisch materiaal voor, maar ook hier gaat het om (een variant van) D en verder naar het zuidwesten, bij Moyland in Duitsland, eveneens (BRAUN 1978, ZANDSTRA 1983b). Vanuit de oostelijke Achterhoek naar het oosten gaand komen we bij locaties met veel Oostbaltische gesteenten. Telling 294 op het Masterveld is daar een voorpost van, evenals telling 142 langs de Knalhatteweg ZO van Enschede, die wegens de afwijkende maat van de stenen op een zijspoor is gerangeerd (zie ook par. 3). NO van Enschede, te Driland bij Gronau, is de zwerfsteeninhoud extreem Oostbaltisch (HF 9010; gesteentecombinatie 35; gezelschap G; ZANDSTRA in VAN DER BERG & DEN OTTER, in voorbereiding); naar het zuiden bevat een locatie bij Borken in Duitsland gezelschap F (inventaris naar brief van HESE-MANN dd. 26-5-1978).

Uit het voorgaande blijkt dat in de oostelijke Achterhoek de gezelschappen E 1 en E 2 algemeen zijn en dat aan de west- en noordkant locaties met gezelschap D voorkomen. Aan de oostkant worden de gezelschappen F en G aangetroffen; op fig. 3 zijn de grenzen tussen de drie gebieden bij benadering aangegeven. Gewapend met de kennis van de zwerfsteeninhoud is het in theorie mogelijk de gebieden van depositie van gelijktijdige of opeenvolgende landijsmassa's op grond van verschillen in de aard van de gesteentelading te traceren. De Achterhoek op zichzelf is daar echter veel te klein voor; daar komt bij dat het net van waarnemingen ongelijk is en dat in het gebied ten westen van de 'hoogterrasrand' Aalten-Groenlo zelfs niets van de samenstelling van de zwerfstenen (in de wat diepere ondergrond) bekend is. Voor de bespreking van de

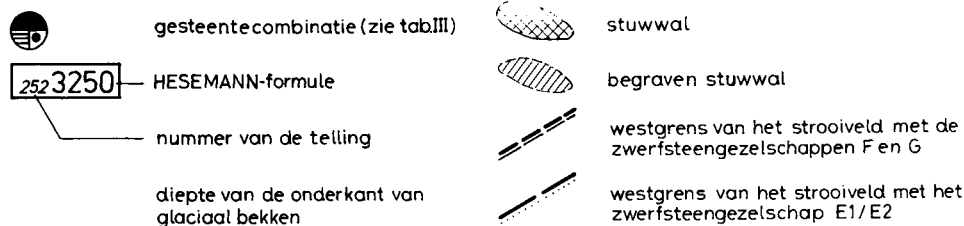
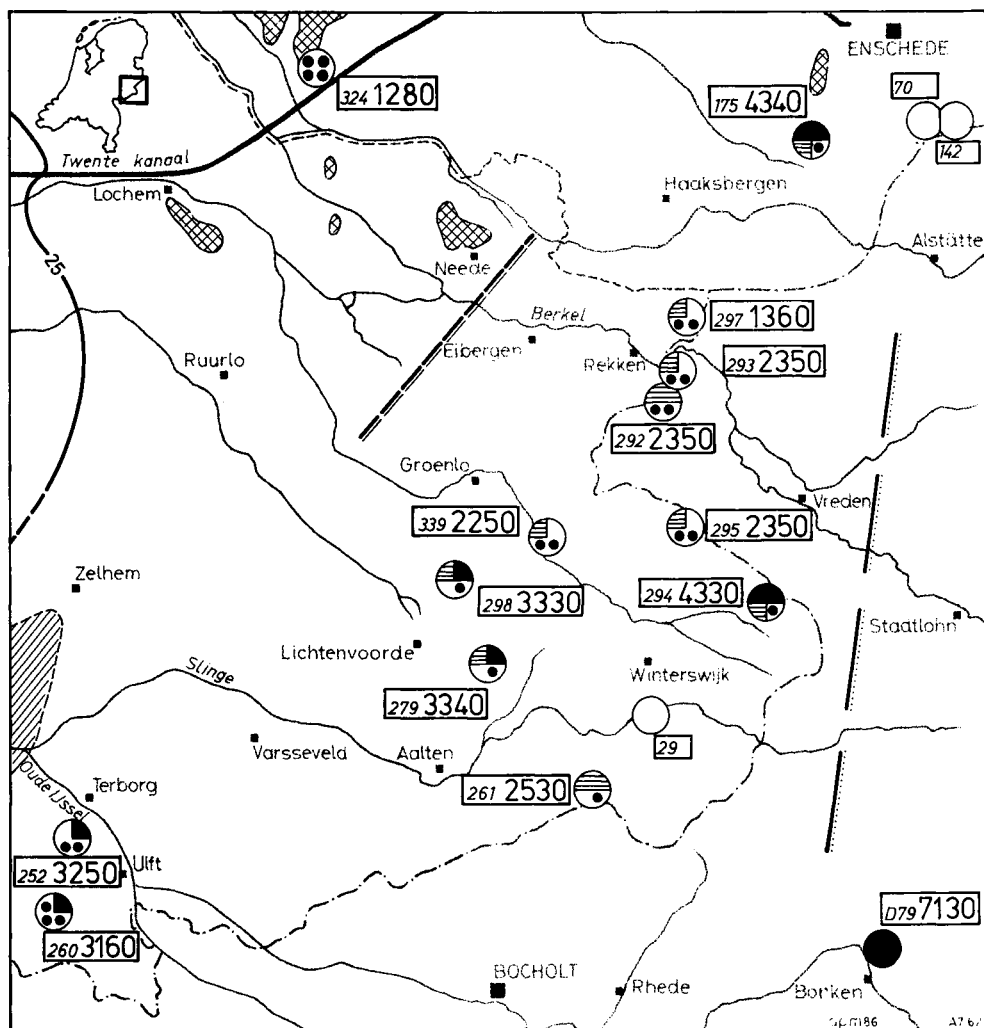


Fig. 3: Locatiekaartje.

transportrichtingen van het landijs en van de strooigebieden tijdens de verschillende vergletsjersstadia wordt daarom van het gehele eertijds met landijs bedekte deel van Nederland uitgegaan (zie hierna).

KEILEEMINDELING

De keileem van het Saalien in Nederland wordt op basis van veldkenmerken, conservatietoestand, korrelgrootteopbouw en petrologische

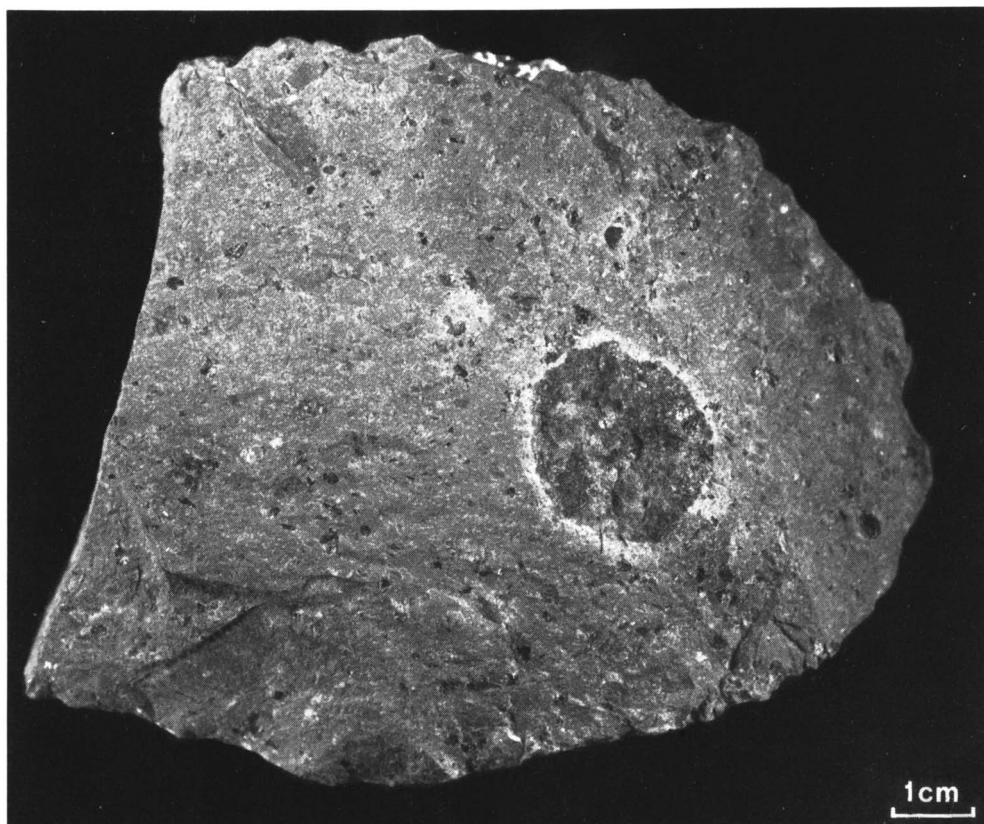


Fig. 4: Herkomstgebied 2. *Rode Oostzeekwartsporfier*. (breukvlak; met basisch insluitsel). Nij Beets (Fr.). Foto F. Willemsen.

Tabel VII: Keileemindeling.

Keileem-Groep			Keileem-Type		
	HF*)	RGD comb. *)	Kalkhoudend	Ontkalkt	% Vuur- steen**)
Assen	10.000, 9010, 8110, 7120	34, 35	Nieuweschoot	Emmen	0 - 2
			Noordhorn	Assen	6 - 14
Voorst	7210	34, 35	Voorst	Oudemirdum	geen
Heerenveen	1180, 2170, 2260, 2350, 2440, 3250	12, 15, 16, 18, 23	Deventer	Heerenveen	6 - 20
			Losser	Markelo	4 - 8
Rhenen	0910, 0820, 1720, 1630	1, 2	onbekend	Rhenen	max. 3
			Lunteren	Amersfoort	3 - 7

*) voorbeelden (zie tab. III)

**) fractie 3-5 mm

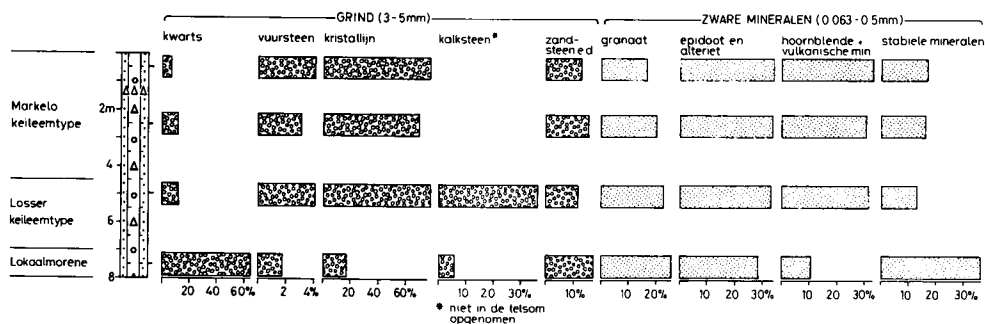


Fig. 5: Samenstelling van de keileem te Markelo.

eigenschappen (zwerfsteen-, grind- en zware mineraleninhoud) in vier groepen verdeeld. In iedere keileemgroep worden een of meer kalkhoudende en ontkalkte keileemtypen onderscheiden; de eerste opzet van deze indeling (ZANDSTRA 1974) werd later gecompliceerd (ZANDSTRA 1983c; tab. VII). Al deze keileem te zamen wordt tot de Formatie van Drente gerekend.

In de oostelijke Achterhoek en zuidelijk Overijssel is alleen de Heerenveen-Groep aangetoond (zie ook hierna); meestal gaat het daarbij om het ontkalkte Markelo-Type, dat <10 (vaak 3-6%) vuursteen bevat. Waar de keileem een aanzienlijke dikte heeft vindt naar beneden een geleidelijke of tamelijk abrupte overgang plaats naar het kalk- (en kalksteen-) houdende Losser-Type. Verder is de keileem in bovengenoemd gebied niet zelden door plaatselijk uit de ondergrond opgenomen bestanddelen (tertiaire afzettingen en Formatie van Sterksel/Enschede) beïnvloed. Uiteraard heeft onderzoek van zand en grint uit dergelijke verontreinigde keileemvoorkomens voor het door ons gestelde doel, definiëring van keileemtypen, geen zin.

Een voor analyse gunstig moment (25 juni 1976) deed zich voor in het enkele km N van Stokkum (fig. 3, noordelijk van het kaartje) gelegen groevencomplex Winterkampen tussen Rijssen en Markelo. Weliswaar zijn ook hier overgangen naar een lokaalmorene, schollen tertiair materiaal en zandlaagjes in het keileemprofiel niet zeldzaam, maar op de plaats van bemonstering, een 40 m lange en 10 m brede tot 7.50 m diep uitgegraven put, kwamen dergelijke voor het onderzoek storende afwijkingen niet voor. De ongelaaide, zeer homogene keileem bevat op 1.50 m diepte een niveau met totaal verweerde, met de schop doorsteekbare zwerfstenen, zoals door ons eerder in groeve Mees en Kremer te Emmerschans was waargenomen. De keileem boven het stenenniveau was lichtgroen-grijs; beneden 1.50 m veranderde de kleur geleidelijk via bruin-grijs en donker-grijs in grijszwart. De kalkgrens lag op circa 4.50 m onder het kei-

leemoppervlak. De onderkant van de keileem werd door de exploitant op 8.00 m aangenomen.

De boven toegelichte locatie bij Markelo leverde zwerfsteengezelschap D (ZANDSTRA 1983b). Het aanvullende grind- en zware mineralenonderzoek bevestigt, dat hier onder het traject met het Markelo-Type het Losser-Type aanwezig is (fig. 5). Hierbij wordt ter verduidelijking aangekend, dat het lage gehalte aan kwarts en vuursteen en de mineralogische samenstelling kenmerkend zijn voor de genoemde keileemtypen. De lokaalmorene onderin de sectie onderscheidt zich door het hoge kwartsgehalte, het lage percentage hoornblende en het relatief grote aandeel van stabiele mineralen; deze samenstelling is het effect van opname van zand en grind uit een oostelijke rivierafzetting. Voor een onderzoek van de keileem in deze groeve op een plaats met een meer complex lithologische opbouw wordt verwezen naar RAPPOL & STOLTENBERG (1985).

VERGLETSJERINGSFASEN UIT DE LITERATUUR

De chronologie van de gebeurtenissen tijdens de landijsbedekking is in Nederland in hoofdzaak uit de morfologie, de onderlinge relatie en opbouw van stuwwallen, sandrafzettingen en glaciële bekkens (Midden- en Oost-Nederland) en de morfologie van het landschap (Noord-Nederland) afgeleid. Een vijf stadia-constructie werd algemeen als grondslag gebruikt, maar over de volgorde van de vijf acties van het landijs lopen de meningen uiteen (TER WEE 1962; JELGERSMA & BREEUWER 1975; MAARLEVELD 1981). Een der vragen is of het landijs reeds in de eerste fase de meest zuidwestelijke en zuidelijke positie innam en bij iedere volgende fase een geringere uitbreiding had; voorstanders van zo'n constructie verbinden de stuwwalvorming in het algemeen aan tijden van betrekkelijke stilstand van het ijs gedurende een trapsgewijze recessie

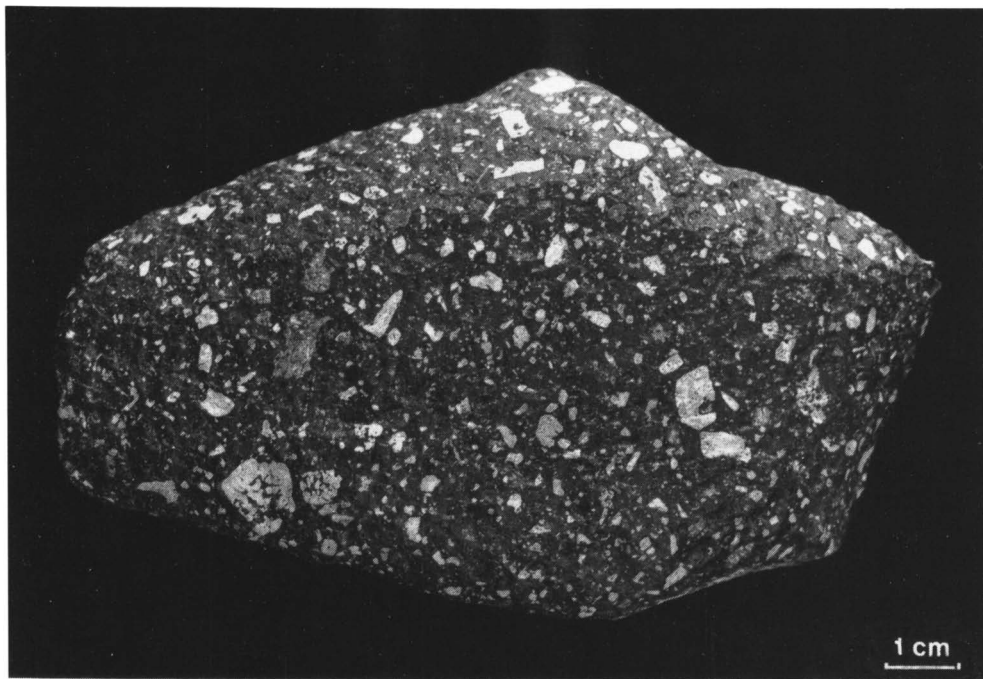


Fig. 6: Herkomstgebied 3. *Bruine Oostzeekwartsporfier*. Huizen (NH). Foto F. Willemsen.

('terugtrekking'). Anderen zien in de vorm van glacigene ruggen, o.m. in Oost-Groningen en Zuidwest-Friesland, een aanwijzing dat ook 'oprukkend' ijs een modellerende invloed op, in de meeste gevallen reeds aanwezige, stuwzones of andere morfologische obstakels heeft uitgeoefend (EDELMAAN & MAARLEVELD 1958; ZONNEVELD 1975). Het laatste zou zelfs kunnen betekenen dat eerst het landschap van Noord-Nederland vergletsjerd raakte, dat daarna min of meer stilstand en stuwwalvorming volgden (gordel Texel-Wieringen-ZW Friesland-Steenwijk) en dat het ijs daarna deze lage stuwwallen overreed om ten slotte, na dit 'Drenthestadium', in het 'Amersfoort-stadium' de meest zuidwestelijke positie in te nemen (BROUWER 1950).

In Duitsland wordt voor de stuwzone van de 'Rehburger Phase' tussen Hannover en Ootmarsum algemeen aangenomen dat deze hoogten overreden zijn; een veelzeggend gegeven is dat de heuvels plaatselijk met ongestuwde keileem bedekt zijn. Het ontbreken van keileem in de verschubde afzettingen van de stuwwallen zelf is eveneens interessant; het betekent dat de stuwving voor het ijs uit heeft plaatsgevonden. De overrijding vond korte tijd later plaats, zonder dat het tot langdurige stilstand of recessie kwam. Het ijs zou aansluitend, in de Hamelner (= Kettwiger) Phase tot in het Roergebied zijn doorgedrongen;

het verplaatste zich in zuidwaartse richting (K.D. MEYER 1980, 1983; H.H. MEYER 1983). VAN DER WATEREN (1985) komt voor een deelgebied van de Rehburger Phase-stuwzone, de Dammer Berge, tot dezelfde conclusie en verbindt daaraan, dat het ontstaan van de stuwwallen en de overrijding waarschijnlijk een doorlopend proces hebben gevormd.

De invloed van de resultaten van tellingen van kristallijne gidsgesteenten op de meningsvorming over de stadia van vergletsjering is, sinds het onderzoek in 1932 een aanvang nam, continu maar niet opvallend. Een van de oorzaken is de ongelijke verdeling van de tellingen over het gebied, terwijl ook de vondstomstandigheden (meestal de bouwvoor van akkers) te wensen overlaten. Een poging tot reconstructie van de gebeurtenissen voor gedeelten van het gebied met behulp van kristallijne zwerfsteentellingen werd meerdere keren ondernomen (THOME 1959; ZONNEVELD 1957; ZANDSTRA 1983b, 1983c). De sterke uitbreiding van het aantal tellingen van de laatste jaren vormt de aanleiding de huidige visie hierna toe te lichten.

IJSMASSA'S EN DEPOSITIEGEBIEDEN IN NEDERLAND

Uitgaande van de zwerfsteengezelschappen A t/m G (tab. VI) is het mogelijk de verschillende

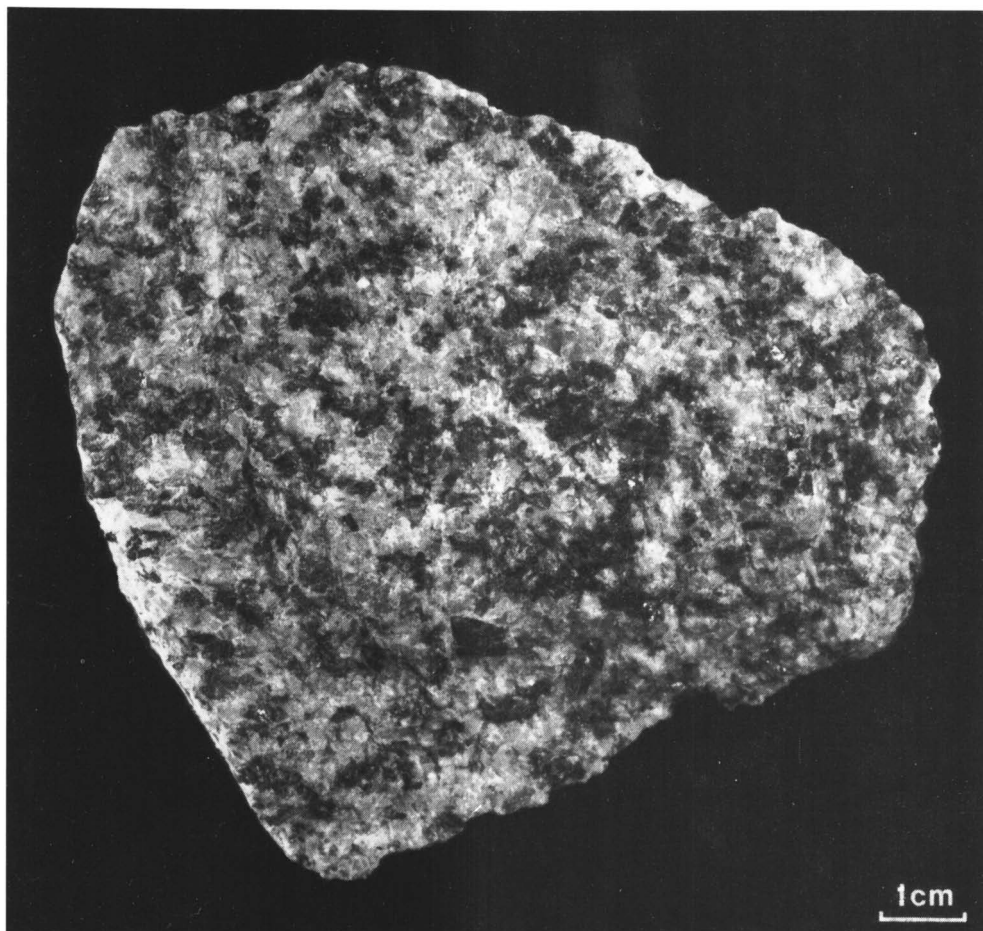


Fig. 7: Herkomstgebied 4. *Uppsala-graniet* (breukvlak). Huizen (NH). Foto F. Willemsen.

depositiegebieden ('strooivelden') van het landijs te onderscheiden; het hierna volgende overzicht geeft daarvan een indruk. Voorts wordt enige aandacht besteed aan de aanvoerrichtingen en de chronologie van de ijsmassa's.

De ijsmassa met veel Bruine Oostzeeporfier (het strooiveld met de zwerfsteengezelschappen A en B 1)

Het ontstaan van het stuwwallenlandschap aan weerszijden van de Gelderse Vallei en het Bekken van Otterlo wordt in verband gebracht met ijslobben, die vanuit deze laagten lateraal en frontaal stuwing veroorzaakten om ten slotte de gevormde hoogten ten dele te bedekken (MAARLEVELD 1981). Het landijs drong dit gebied vanuit het NW tot NNW binnen en bereikte via de Gelderse Vallei nog net de Betuwe (fig. 30 in VERBRAECK 1984); de door dit ijs na afsmelding achtergelaten keileem behoort tot de Rhenen-Groep (tab. VII; ZANDSTRA 1983b, 1983c). De

kenmerkende samenstelling van het strooiveld, met veel Bruine Oostzeeporfier (fig. 6) en Uppsala-graniet, (fig. 7) is alleen in Midden-Nederland (ZW- en N-Veluwe, Utrecht, Gooi) teruggevonden.

In het algemeen wordt de ijsbedekking in Utrecht en op de westelijke Veluwe, vooral op grond van de morfologie en de interne structuur van de stuwwallen, als de eerste vergletsjeringsfase (of als onderdeel daarvan) opgevat. Vanuit de zwerfsteenkunde is daar ook veel voor te zeggen. Zo is in het gebied waar het ijs doorheen kwam voor het de Gelderse Vallei binnendrong (de Kop van Noord-Holland) geen keileem van de Rhenen-Groep aangetoond, terwijl de Heerenveen-Groep verspreid door het hele gebied aanwezig is. Verder pleit voor een vroege passage naar het ZW dat materiaal van het strooiveld van deze ijsmassa bovenop de pleistocene hoogten van Texel en Wieringen vermengd

is met de zwerfsteengezelschappen E 1 en E 2. Genoemde hoogten worden opgevat als rudimenten van lage stuwwallen van vergletsjeringsfase d (TER WEE 1962), zoals ook in Zuidwest-Friesland en bij Steenwijk worden aangetroffen. Gelet op de oppervlaktevormen van sommige langs deze lijn voorkomende stuwwallen kan

overrijding door landijs, mocht hiervan sprake zijn, alleen door een uit het NO aangrijpende druk zijn veroorzaakt.

Volledigheidshalve wordt geattendeerd op de aanwezigheid van enig materiaal van het ijsdek met veel Bruine Oostzeeporfier in de ondergrond van het rivierengebied in de omgeving van Nij-

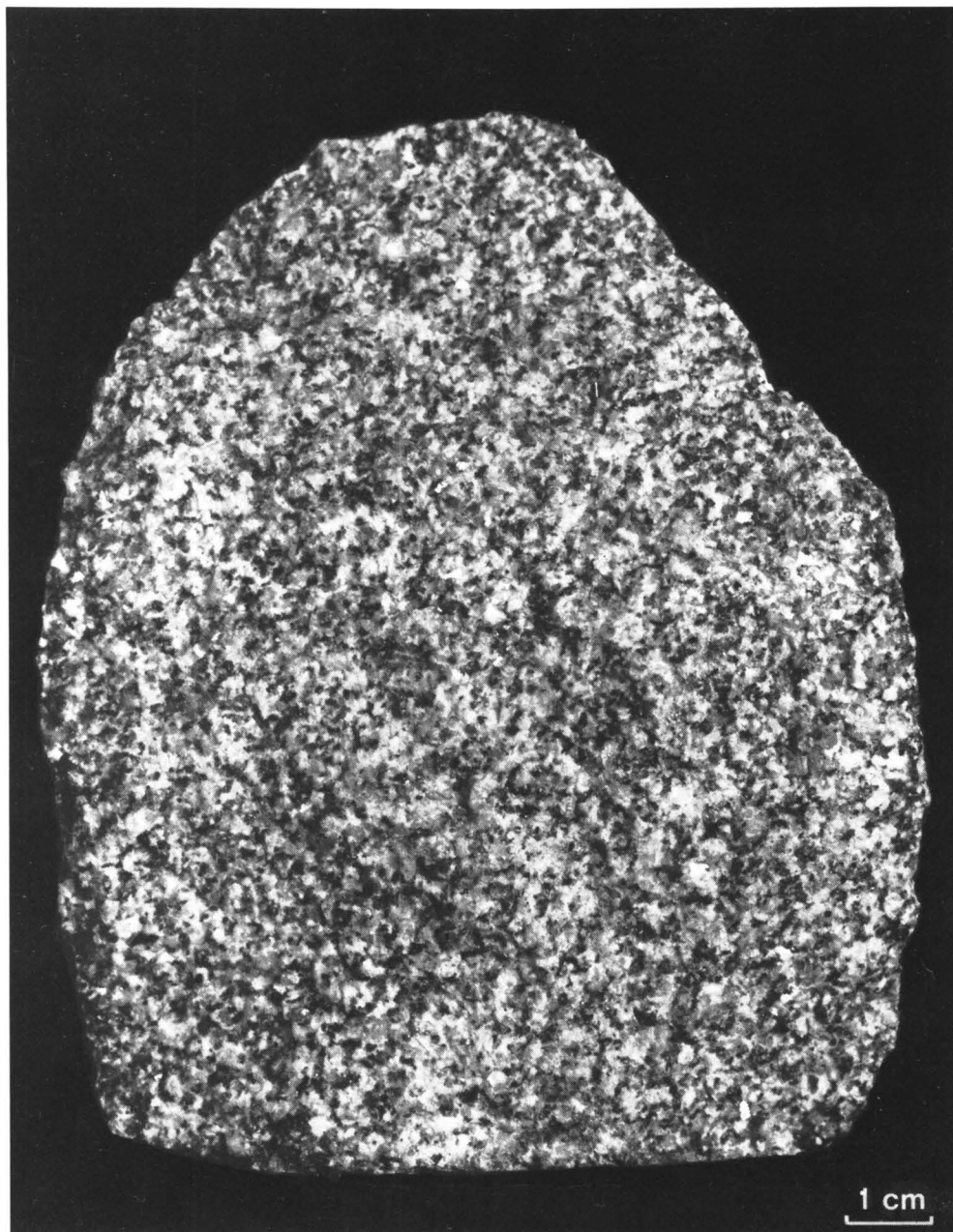


Fig. 8: Herkomstgebied 5. *Stockholmgraniet* breukvlak). Soest (Utr.). Foto F. Willemsen.

megen en Arnhem (zwerfsteengezelschap B 2; tab. V en VI; ZANDSTRA 1983a, 1983b). Hier dient zich de vraag aan of het ijs in de vroegste fase wellicht zelfs tot Nijmegen is doorgestoten.

RAPPOL & STOLTENBERG (1985) en RAPPOL (1985) stellen daarentegen de ijsbedekking van de Gelderse Vallei en omgeving in een tijdsbestek dat als 'jongere fase' wordt aangeduid; eveneens tijdens de jongere fase zou in Noordoost-Nederland een rapakivirijk gezelschap, door een andere ijsmassa, zijn aangevoerd en gedeponeerd in de Assen-Keileemgroep (zie hierna). In de 'oudere fase' zou de ijsbedekking met Zuidzweeds materiaal (Småland-graniet) hebben plaatsgevonden.

De ijsmassa met zeer veel Smålandgraniet (het strooiveld met zwerfsteengezelschap D, en ± C)

Het is duidelijk dat het landijs met zeer veel Zuidzweeds gesteenten geografisch de grootste omvang heeft gehad. De naar het zuiden vloeiende ijsmassa heeft zich tijdens deze hoofdvergletsjeringsfase over West-, Noord- en Oost-Nederland en in Midden-Nederland tot in de Gelderse Vallei en het Bekken van Otterlo uitge-

breid. In de oostelijke Achterhoek zijn nog geen sporen van dit strooiveld geconstateerd, maar vermoedelijk heeft het ijsdek met veel Småland-graniet dit gebied wel bedekt. Voorts drong het ijs vanuit het NO lobvormig door tot bij Bergharen en de Over-Betuwe en tot Groesbeek (VERBRAECK 1975). De keileem behoort tot de Heerenveen-Groep.

Aan deze ijsbedekking is veel stuwwalvorming verbonden; de stuwwallen van de oostelijke en zuidelijke Veluwe, de Over-Betuwe en het Rijk van Nijmegen en de meeste stuwwallen van Oost-Nederland, o.a. van het Montferland, zijn toen ontstaan. In de oostelijke Achterhoek is de invloed van het ijs op de ondergrond te verwaarlozen; kleinschalige stuwingsverschijnselen beperken zich daar in hoofdzaak tot de 'hoogterrasrand' van Bocholt over Aalten en Groenlo naar Eibergen (DE VRIES 1952). De nietigheid van dergelijke vervormingen doet vermoeden dat deze terreintrede niet vanuit de laagte, uit het NW of W, door landijs is overstroomd.

De stuwwalgordel van de 'Rehbürger Phase' tussen Hannover en de Ems kreeg gestalte en werd overreden; het landijs breidde zich aanslui-

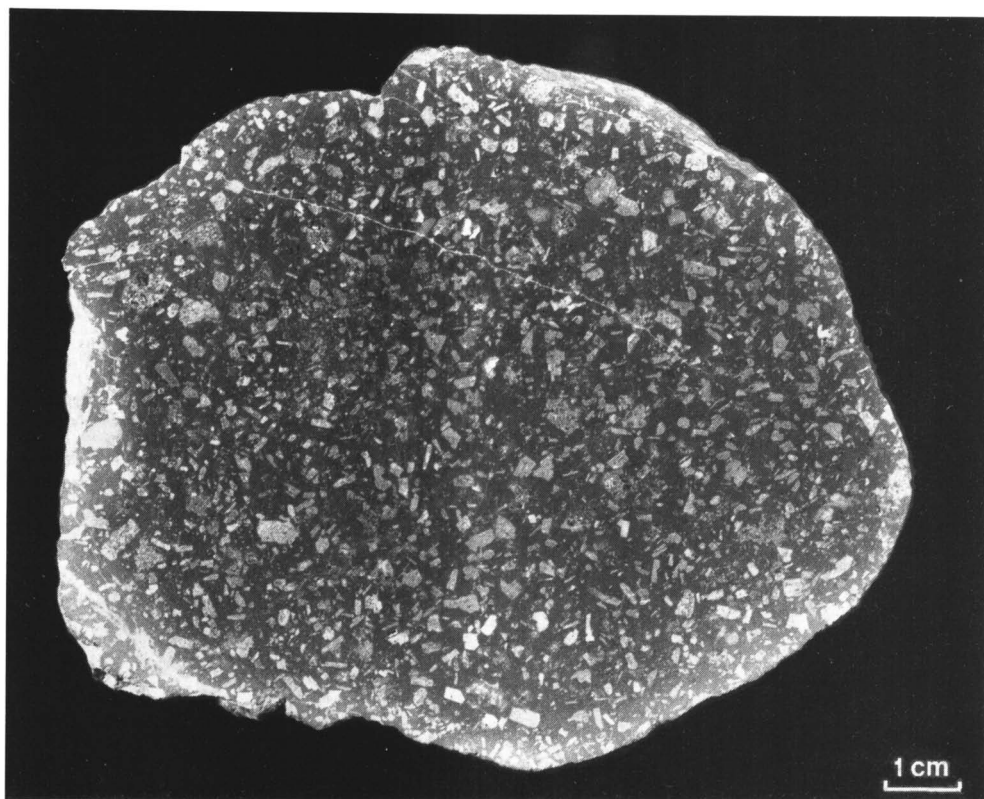


Fig. 9: Herkomstgebied 6. *Grönklittporfiriet* (zaagvlak). Werpeloh (Dld.). Foto F. Willemsen.

tend naar het zuiden uit, tot in het Rijn- en het Roergebied.

In Nederland zijn de gedurende de uitbreiding van dit ijs ontstane terreinvormen voor het merendeel afgedekt of verloren gegaan als gevolg van een hernieuwde ijsbedekking (zie hierna). De vorm van enkele kleinere ruggen, laagten en meren met een noord-zuid-as in Zuidwest-Friesland en beoosten Leeuwarden is nog ongeveer het enige dat, behalve de zwerfsteeninhoud, aan de ijsmassa met zeer veel Smalandgraniet herinnert. In dit verband is het vermeldenswaard dat ook gletsjerklassen in de Noricumzandsteen onder de keileem in groeve Osse te Losser op een N-Z verloop van de ijsbeweging wijzen (RÖMER 1981).

Samenvattend: het gaat hier om de ijsmassa met de grootste uitbreiding en de grootste dikte (ook van de bijbehorende keileem).

De ijsmassa met veel Dalarnaporfier (het strooiveld met de zwerfsteengezelschappen E 1 en E 2)

In de voor Groningen, Friesland en Drente tweede vergletsjeringsfase vloeide het landijs in zuidwestelijke richting; de terreinvormen, een systeem van evenwijdige dalen en smalle repen plateau, aan de voorkant begrensd door tongbekkens met een omranding van lage stuwwallen, laten zich in de Zevenwouden, bij Steenwijk, in het Gaasterland en op het Koudumer Hoog goed herkennen (fase d, naar TER WEE 1962). Het strooiveld en resten ervan zijn met name bekend van Noordwest-Drente, Zevenwouden, Gaasterland, Koudumer Hoog, Wieringen (en Texel), Oost-Twente en de oostelijke Achterhoek; incidenteel komen de gezelschappen E 1 en E 2 ook op andere plaatsen voor. De keileem heeft de eigenschappen van de Heerenveen-Groep. De gesteentehoud is nog steeds rijk aan Zuidzweeds materiaal, maar E 1 en E 2 onderscheiden zich van gezelschap D door het grotere aandeel van het relatief kleine herkomstgebied Dalarna. Voor zover bekend bleven het IJsseldalgebied, de oostflank van de Veluwe, het

Montferland en omgeving en het Rijndal zuidelijk van de Achterhoek buiten bereik van deze ijsmassa. De stroomrichting in de oostelijke Achterhoek was ongeveer ZW; de uitkomsten van een meting van de lengtes van stenen in de keileem bij Ratum (RAPPOL 1985) is hiermee in overeenstemming. De in de inleiding gememooreerde waarneming aan keibanen pleit voor een ZZW stroomrichting.

Speciale aandacht verdient het NO-ZW verlopende begraven geulsysteem van de Achterhoek (vergelijk fig. 4 in ERNST et al. 1970). De hoofdtak van dit stelsel kruist bij Huppel de landsgrens en loopt N langs Winterswijk en Z langs Aalten naar Dinxperlo. Bij Miste reikt deze tak tot 131.70 m onder de huidige oppervlakte. De opvulling bestaat in hoofdzaak uit fluvioglaciale zanden; het grind onder in dit bijna 100 m dikke laagpakket bestaat voor de helft uit noordelijk morenegruis en voor het overige uit lokaal omgewerkt materiaal van de Formatie van Enschede/Sterksel (fig. 10). Keileem komt niet voor. Een telling van de kristallijne gidsgesteenten was niet mogelijk; gelet op de richting van de geul is aan te nemen dat de depressie door de ijsmassa met veel Dalarnaporfier is aangelegd en ten slotte met zand is opgevuld.

De zwerfsteengezelschappen E1 en E2 blijken gewoonlijk in keizand voor te komen.

De ijsmassa met zeer veel rapakivi (het strooiveld met de zwerfsteengezelschappen G, en ± F)

De voor Noordoost-Nederland derde vergletsjeringsfase bracht het ijs in Oost-Groningen (Slochteren, Hellum), West-Groningen (Noordhorn), Midden- en Noord-Drente, op de Hondsrug en in Oost-Twente en aangrenzend Duitsland. Een klein veld lag voorts in de driehoek Wijnjewoude-Haule-Allardsoog in de Friese Zevenwouden. Incidenteel komt ook zuidelijk van de genoemde gebieden keileem of een zwerfsteenbestrooiing met zeer veel rapakivi voor. De keileem bezit de kenmerken van de Assen-

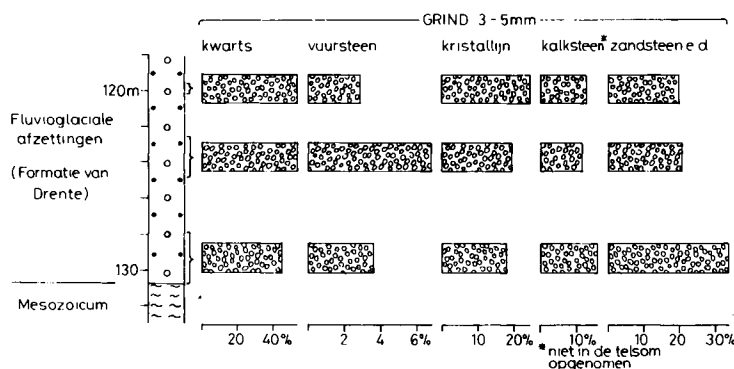


Fig. 10: Samenstelling van het grind in proefboring T (RGD-archiefnr. 41 E/77) N van Miste bij Winterswijk.

Groep. De gelobde westgrens kruist bij Enschede de grens met Duitsland. Het is aantrekkelijk deze westgrens naar het zuiden, over Gronau, Alstätte en Borken (fig. 3) tot in het Roergebiet bij Duisburg door te trekken. We dienen hier voorzichtig mee te zijn. De aanwezigheid van een zeer rapakivirijke zwerfsteenassociatie voor Noordrijn-Westfalen wordt doorgaans met een oudere ijsbedekking, gedurende het Elsterien, in verband gebracht (HESEMANN 1949, 1956). THOME (1959, 1983) spreekt zich eveneens voor een vergletsjering zowel gedurende het Elsterien als het Saalien uit en ook KLOSTERMANN (1985) besluit op morfologische gronden tot een ijsbedekking in beide ijstijden.

De hoofdstroomrichting in Nederland is stellig naar het zuiden. Voor de Hondsrug gaat RAPPOL (1983, 1984) uit van ZZO; reeds in

1902 was DUBOIS hem daarin voorgegaan. Schrijver rekent voor Drente ook Z of ZZW tot de mogelijkheden, maar blijft dan 'zitten' met de opmerkelijk rechtlijnige NNW-ZZO as in de morfologie van dit gebied. Voor Oost-Twente en aangrenzend Duitsland wordt een zuidelijke stroomrichting aangehouden (ZANDSTRA, in VAN DER BERG & DEN OTTER, in voorbereiding).

De laatste ijsmassa in Oost-Groningen

De laatste uitbreiding van het ijs in Nederland beperkt zich tot het gebied van Oost-Groningen (fase e, naar TER WEE 1962). De stuwzone aan de voorkant van de zich naar het WZW uitbreidende ijsmassa werd mogelijk tijdens dezelfde fase overreden, maar het ijs bereikte het Drents Plateau niet meer. Van de samenstelling van de

Fig. 11: Herkomstgebied 7. *Emarpporfier*. Rode Klif (Fr.). Foto F. Willemsen.



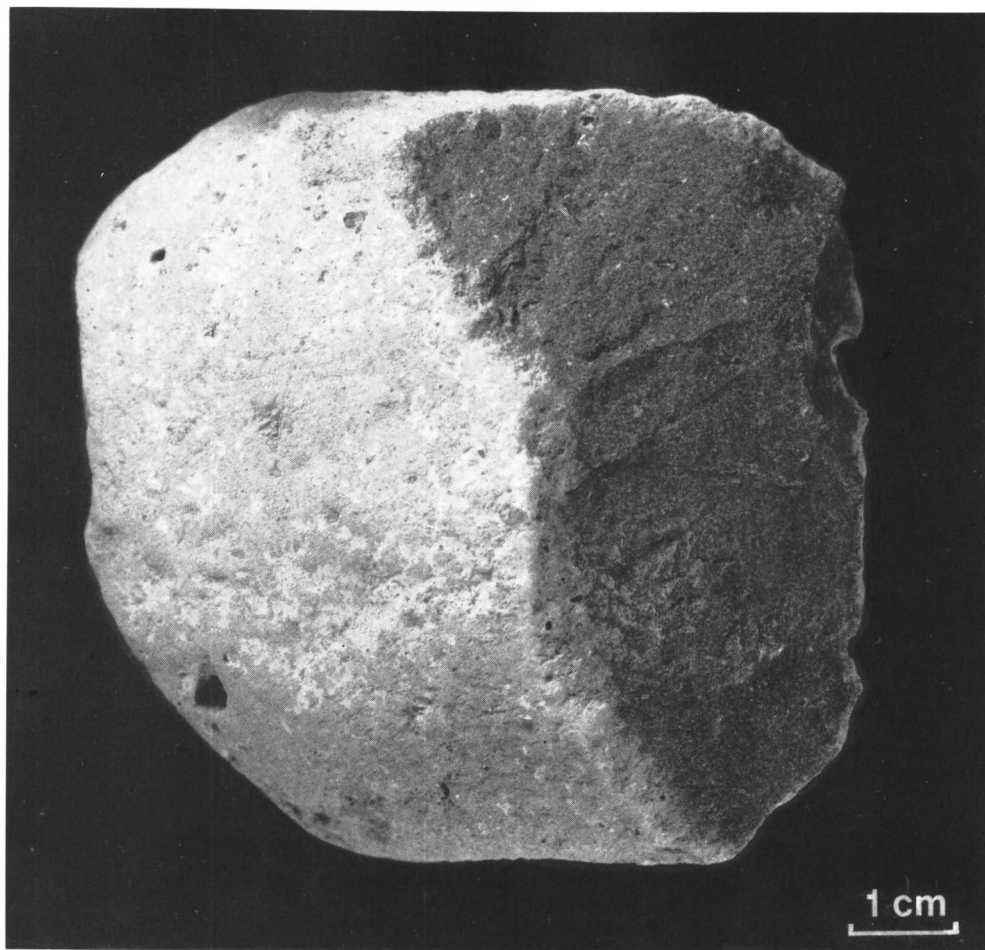


Fig. 12: Herkomstgebied 8. *Bazalt van Schonon* (verweringskorst en breukvlak). Schoonloo (Dr.). Foto F. Willemsen.

zwerfstenen is niets bekend. De keileem die als deklaag op de lage stuwwallen ligt, dateert voornamelijk uit oudere fasen, o.m. uit de fase met het zeer rapakivirijke ijsdek (Hellum, Slochteren, Noordbroek) en uit de fasen met zeer veel Smalandgraniet resp. veel Dalarnaporfier.

OPMERKINGEN

De hierboven geschetste chronologie en stroomrichting van ijsmassa's beantwoordt aan een theoretisch ideaalbeeld. Lokaal kan de aanvoerrichting sterk van de aangegeven hoofdas zijn afgeweken, met name in gelobde randgebieden en waar het ijs aanzienlijke dalen volgde. Een voorbeeld vormt het IJsseldal, waarin een Smalandgraniet-rijke ijsmassa weliswaar naar het zuiden stroomde, maar tegelijk een grote laterale druk kon uitoefenen: naar het westen

(oostelijke Veluwestuwwal) en, minder bekend, naar het oosten (Sallandstuwwal, naar BURCK 1950; Nijverdal en Archemerberg, naar DE JONG 1955), zuidzuidoosten (Montferland, naar VAN HEEK 1952) en zelfs naar het noorden (stuwwal van de zuidelijke Veluwe). Hoewel we van fasen uitgaan is de vergletsjering feitelijk een doorlopend proces geweest; de deglaciatie-intervals van enige betekenis zijn niet geconstateerd.

De stuwwalvorming werd bevorderd door het preëxisterende reliëf (door differentiële klink ontstane laagten in Noord-Nederland, rivierdalen in Midden-Nederland en glacigene bekkens), dat vaak ook ten gevolge had dat de stroomsnelheid van het ijs, bij een grotere dikte, werd afgeremd. De aanleg van de stuwwallen in Midden- en Oost-Nederland vond plaats bij een positieve (voorwaartse) verplaatsing van het ijsfront; bij

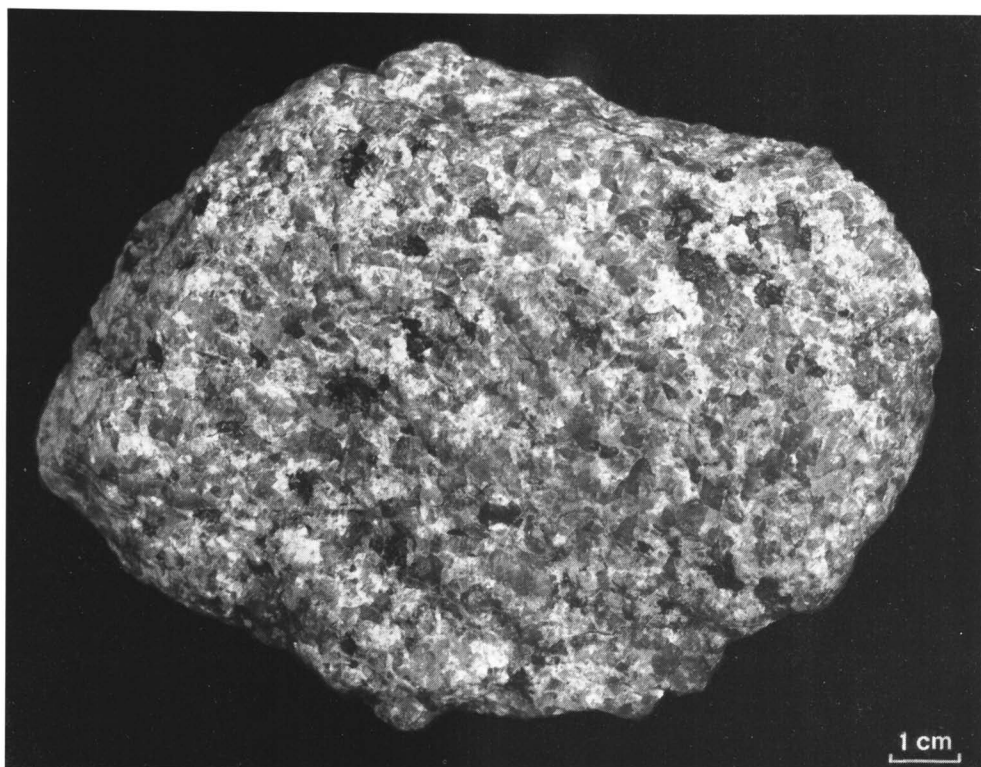


Fig. 13: Herkomstgebied 9. *Hammergraniet*. IJsselmeer, nabij Oude Zeug. Foto F. Willemsen.

een recht front gebeurde dat aan de voorkant en bij een gelobd front ook zijdelings. Bij overrijding van een stuwzone zal soms opnieuw, minder ingrijpend, vervorming zijn opgetreden. De strooivelden van de verschillende landijsmassa's overlappen elkaar gedeeltelijk; menging van twee of meer zwerfsteen-aanvoergezelschappen kan daar het gevolg van zijn. Voorts dient terdege rekening te worden gehouden met het effect van rijdende gletsjers en door het dragende ijs geassimileerde, losgeraakte delen van vooruitgeschoven lobben van een andere ijsmassa. Binnen het strooiveld van het dragende ijs kunnen daardoor geïsoleerde plekken met een gemengde of een geheel afwijkende, te 'jonge' zwerfsteeninhoud voorkomen.

We kunnen hier niet geheel voorbijgaan aan de complete, in bevroren toestand uit Fenno-scandinavië met het landijs aangevoerde keileemschollen. De vooral door het onderzoek van DE WAARD (1949) in de Noordoostpolder bekende karmijnrode, kleirijke schollen met een Oostbaltisch zwerfsteengezelschap (Voorts-Groep, naar ZANDSTRA 1974, 1983b; tab. VII) zijn in het veld goed aan de habitus te herkennen; deze vette, gewoonlijk kalkrijke keileem vertoont geen overgangen naar de normale, sterk

zandige keileemtypen. De Voorst-Groep is alleen in Noord-Nederland aangetoond (ZANDSTRA 1976). Het is mogelijk dat ook schollen met de hoedanigheid van de omringende keileem, met een niet met de omgeving overeenkomend zwerfsteengezelschap, voorkomen; dergelijke meestal niet meer als keikeemschollen te herkennen insluitsels zullen uiteraard eveneens de vaste samenstelling van het strooiveld lokaal verstoren.

Tot slot een chronologisch overzicht, in hoofdlijnen, van het verloop en de uitwerking van de vergletsjering in Nederland mede op basis van de zwerfsteentellingen.

1. Landijs in West- en Midden-Nederland. De ijslob in de Gelderse Vallei reikt tot Opheusden in de Betuwe. Ontstaan van stuwwallen aan weerszijden van de Gelderse Vallei en het bekken van Otterlo, voorts aan de voorkant van het Gelderse Vallei-Bekken bij Opheusden.
2. Hoofdvergletsjering van Noord-, West- en Oost-Nederland; ijs in de Over-Betuwe (Valburg-Bekken). Vorming van de stuwwallen van de zuidelijke en oostelijke Veluwe, Rijk van Nijmegen, Montferland en Overijs-

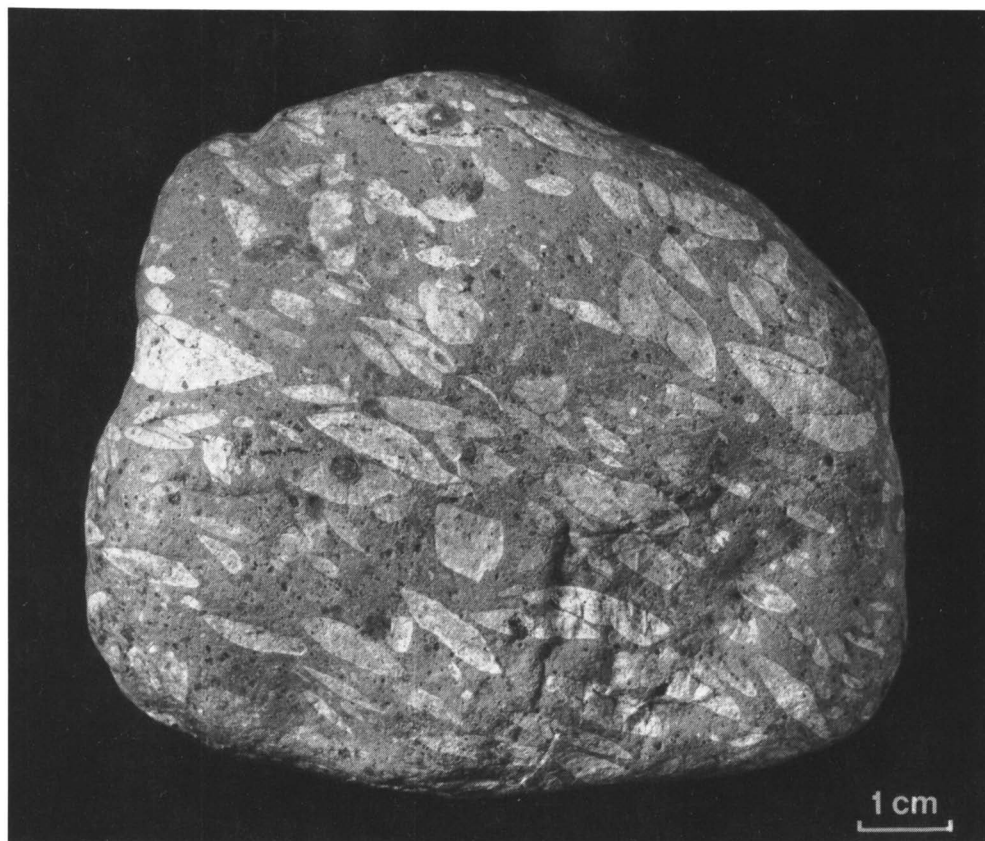


Fig. 14: Herkomstgebied 10. *Rhombenporfier*. Truust, Jutland (Dk.). Foto F. Willemsen.

sel. Uitbreiding van deze ijsmassa en stuwwalvorming in Midden-Nederland beperkter en minder zuidelijk gesitueerd dan bij 1 hierboven. In Duitsland tot in het Roergebied. Aanleg van de stuwwallen van de 'Rehburger Phase', ook in Nederland (Ootmarsum-Urk-Hoorn-Alkmaar).

3. Invloed 'nieuwe' landijsmassa in Noord-Nederland, Texel, Wieringen, Oost-Twente en oostelijke Achterhoek. Geen belangrijke stuwwalvorming, wel veel afbraak. Ontstaan stuwwone Texel-Wieringen-Gaasterland-Steenwijk en deze mogelijk overreden.
4. Landijs uitsluitend in Noordoost-Nederland en Oost-Twente. Geen belangrijke nieuwe stuwwalvorming, wel vervormingen van ondergrond.
5. Landijs alleen in Oost-Groningen. Ontstaan stuwwone en deze mogelijk overreden en vervormd.
6. Door afsmelting verdwijnt het ijs definitief uit Nederland.

DANKBETUIGINGEN

De schrijver wil graag de volgende personen bedanken voor hun medewerking: ir. B.P. Hageman, Directeur van de Rijks Geologiosche Dienst, voor de toestemming om dit artikel te publiceren; dr. W.H. Zagwijn en drs. M.M. Fischer voor het lezen van het manuscript; drs. E.A. van de Meene, Hoofd van District Midden + Oost van de Rijks Geologische Dienst en zijn medewerkers, de heren C. den Otter, C. van Houten en W.J.B.M. Bootink voor interesse, c.q. daadwerkelijke hulp bij de tellingen; drs. G.H.J. Ruegg, tipgever voor de meeste locaties en deelnemer aan het veldwerk op enkele locaties in de Achterhoek, en de heer A.W. Burger voor de gewaardeerde discussie en assistentie in het veld; mevr. R. Jouini voor het typen van het manuscript, de heer P. Marselje voor het vervaardigen van de tekeningen en de heer F. Willemsen voor de verzorging van de fraaie foto's.

SUMMARY

From the southern part of the Eastern Netherlands thirteen new counts of crystalline Fennoscandian indicator pebbles (Saalien) are described. A recently published ten-groups-subdivision of the pebble inventory based on the area of origin is explained and put into practice. The results in the newly investigated part of the country together with earlier work in The Netherlands and adjacent Western Germany made it possible to distinguish various areas as the effect of one inland-ice cap.

LITERATUUR

- BERG, M. VAN DER & C. DEN OTTER: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Almelo Oost (28 O) en Denekamp (29). Rijks Geologische Dienst, Haarlem; in voorbereiding.
- BRAUN, F.J., 1978: Geschiebekundliche und mineralisch-petrologische Besonderheiten im Endmoränen-Stauchwall von Moyland bei Kalkar/Ndrh. Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. 28, 325-333.
- BROUWER, A., 1950: De glaciene landschapstypen in Noord-Nederland. Tijdschr. K.N.A.G. 67, 20-32.
- BURCK, H.D.M., 1950: De bewegingsrichting van het landijs in oostelijk Midden-Nederland. Sporen der IJstijd. Publ. 8 Ned. Geol. Ver., 34-43.
- EDELMAN, C.H. & G.C. MAARLEVELD, 1958: Pleistozen-geologische Ergebnisse der Bodenkartierung in den Niederlanden. Geol. Jahrb. 73, 639-684.
- ERNST, L.F., N.A. DE RIDDER & J.J. DE VRIES, 1970: A geohydrological study of East Gelderland (Netherlands). Geol. Mijnbouw 49, 457-488.
- HEEK, J.H.A. VAN, 1952: De ijzerkuilen van het Montferland. Publ. 12 Ned. Geol. Ver., 230-234.
- HESEMANN, J., 1930a: Wie sammelt und verwertet man kristalline Geschiebe? Sitz. ber. Geol. Landesanst. Berlin 5, 188-196.
- HESEMANN, J., 1930b: Statistische Geschiebeuntersuchungen. Zeitschr. Geschiebeforschung 6, 158-162.
- HESEMANN, J., 1949: Über die Geschiebeverteilung im Jungdiluvium und geschiebekundliche Hinweise auf eine zweimalige Vereisung Nordwestdeutschlands. Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 101, 79-85.
- HESEMANN, J., 1956: Elster- und Saale-Eiszeit in Westfalen und anschließendem Rheinland nach ihrer Geschiebeführung. Neues Jb. Geol. Paläontol., Mh. 2, 49-54.
- JELGERSMA, S. & J. BREEUWER, 1975: Toelichting bij de kaart glaciële verschijnselen gedurende het Saalien, 1:600.000; in: ZAGWIJN, W.H. & C.J. VAN STAALDUINEN (red.): Toelichting bij geologische overzichtskaarten van Nederland. Rijks Geologische Dienst, Haarlem, 93-103.
- JONG, J.D., DE, 1955: Geologische onderzoeken in de stuwwallen van oostelijk Nederland. I. Archemerberg en Nijverdal. Meded. Geol. Stichting NS 8, 33-58.
- KLOSTERMANN, J., 1985: Versuch einer Neugliederung des späten Elster- und Saale-Glazials der Niederrheinischen Bucht. Geol. Jahrb. Reihe A, 83, 42 pp.
- LIJN, P. VAN DER, 1932: Die Ergebnisse einer quantitativen Geschiebestimmung bei Amersfoort (Niederlande). Zeitschr. Geschiebeforschung 8, 179-184.
- MAARLEVELD, G.C., 1981: The sequence of ice-pushing in the Central Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst 34, 2-6.
- MAARLEVELD, G.C., 1983: Ice-pushed ridges in the Central Netherlands; in: J. EHLERS (ed.): Glacial deposits in North-West Europe. Balkema, Rotterdam, 393-397.
- MEYER, H.H., 1983: Untersuchungen zur Landschaftsentwicklung des Stauchendmoränenzuges Kellenberg-Hoher Sühn. Jahrb. Geogr. Ges. Hannover, 245 pp.
- MEYER, K.-D., 1980: Zur Geologie der Dammer und Fürstenauer Stauchendmoränen (Rehburger Phase des Drenthe Stadiums). Festschr. Gerhard Keller. Wenner, Osnabrück, 83-104.
- MEYER, K.D., 1983: Saalian end moraines in Lower Saxony; in: J. EHLERS (ed.): Glacial deposits in North-West Europe. Balkema, Rotterdam, 335-343.
- RAPPOL, M., 1983: Glacigene properties of till. Studies in glacial sedimentology from the Allgäu Alps and the Netherlands. Publ. Fys.-Geogr. Bodemk. Lab., Univ. Amsterdam 34, 225 pp.
- RAPPOL, M., 1984: Till in southeast Drente and the origin of the Hondsrug complex, the Netherlands. Eiszeitalter u. Gegenwart 34, 7-27.
- RAPPOL, M., 1985: Enkele nieuwe resultaten en een overzicht van het onderzoek naar de aard van steenoriëntatie in keileem. Grondb. Hamer 39, 88-97.
- RAPPOL, M. & H.M.P. STOLTENBERG, 1985: Compositional variability of Saalian till in The Netherlands. Boreas 14, 33-50.
- RÖMER, J.H., 1981: Groeve Osse te Losser. Staringea 4, p. 3.
- SCHROEDER VAN DER KOLK, J.L.C., 1891: Bijdrage tot de kennis der verspreiding onzer kristallijne zwerfelingen. Proefschrift Leiden, 96 pp.
- SCHUDEBEURS, A.P., 1981: Die Geschiebe im Pleistozän der Niederlande. Sonderdruck. Der Geschiebesammler 1980-1981. Tevens in afleveringen van dit periodiek 13-3/4 1980 t.e.m. 15-3, 1981.
- SCHUDEBEURS, A.P. & J.G. ZANDSTRA, 1983: Indicator pebble counts in the Netherlands; in: J. EHLERS (ed.): Glacial deposits in North-West Europe. Balkema, Rotterdam, 357-360.
- THOME, K.N., 1959: Eisvorstosz und Fluszregime an Niederrhein und Zuiderzee im Jungpleistozän. Fortschr. Geol. Rheinld. Westf. 4, 197-246.

THOME, K.N., 1983: Gletschererosion und akkumulation im Münsterland und angrenzenden Gebieten. N. Jb. Geol. Paläont. Abh. 166, 116-138.

VERBRAECK, A., 1975: Ice-pushed ridges in the eastern part of the Netherlands River Area. Geol. Mijnbouw 54, 82-84.

VERBRAECK, A., 1984: Toelichtingen bij de Geologische Kaart van Nederland 1:50.000. Tiel West (39 W) en Tiel Oost (39 O). Rijks Geol. Dienst, Haarlem, 335 pp.

VRIES, E. DE, 1952: Het Hoogterras in het oosten van de Graafschap. Publ. 11 Ned. Geol. Ver., 177-181.

WAARD, D. DE, 1945: Overzicht en resultaten van het geologische onderzoek omtrent de aanwezigheid van verschillende zwerfsteenassociaties in het Nederlandsche glaciële Pleistoceen. Geol. Mijnbouw 7, 44-45.

WAARD, D. DE, 1949: Glacigeen Pleistoceen. Een geologisch detailonderzoek in Urkerland (Noordoostpolder). Verhand. Ned. Geol. Mijnb. Gen.; Eerste stuk Geol. Serie 20, 70-246.

WATEREN, D. VAN DER, 1985: Glaciële tektoniek en sedimentologie van de Dammer en Fürstenauer Berge. Samenvatting voordracht Stuwvalsymposium te Wageningen. Geomorf. en Sedimentol. Kring KNGMG, 1 pp.

WEE, M.W. TER, 1962: The Saalian glaciation in the Netherlands. Meded. Geol. Stichting NS 15, 57-76.

ZANDSTRA, J.G., 1974: Over de uitkomsten van nieuwe zwerfsteentellingen en een keileemtypenindeling in Nederland. Grondb. Hamer 28, 95-108.

ZANDSTRA, J.G., 1976: Sedimentpetrographische Untersuchungen des Geschiebelehms von Emmerich (Drenthe, Niederlande) mit Bemerkungen über eine Typeneinteilung der Saale-Grundmoräne. Eiszeitalter u. Gegenwart 27, 30-52.

ZANDSTRA, J.G., 1983a: Noordelijke kristallijne gidsgesteenten uit een zuigput te Bemmelen (Betuwe). - Grondb. Hamer 37, 55-59.

ZANDSTRA, J.G., 1983b: A new subdivision of crystalline Fennoscandian erratic pebble assemblages (Saalian) in the Central Netherlands. Geol. Mijnbouw 62, 455-469.

ZANDSTRA, J.G., 1983c: Fine gravel, heavy mineral and grain size analyses of Pleistocene, mainly glaciogenic deposits in the Netherlands: - in: J. EHLERS (ed.): Glacial deposits in North-West Europe. Balkema, Rotterdam, 361-377.

ZONNEVELD, J.I.S., 1975: Zijn de noordnederlandse stuwwallen overreden of niet? Berichten Fys. Geogr. Afd. Rijksuniv. Utrecht 9, 3-14.

AANHANGSEL

LOCATIEGEGEVENS VAN DE NIEUWE TELLINGEN (zie tab. IV)

- No. 142: *Enschede, Knalhutweg*. HF 5230 - Topogr. krt.bl. 34 F (1:25.000), coörd. 259.10/467.35. Materiaal van 3-4.5 cm. Keizand boven de keileem.
- No. 175: *Usselerveen, Rutbeek*. HF 4340 - Topogr. krt.bl. 34 F (1:25.000), coörd. 245.200/466.325. Perceel met afgraving oost. van de Meddelerweg. Stenen uit de keienvloer op de keileem, ca. 1.5 m onder het maaiveld.
- No. 249: *Lossen, groeve Osse*. HF 2170 - Topogr. krt.bl. 29 C (1:25.000), coörd. 264.60/477.15. Zwerfstenen uit de lokaalmorene.
- No. 261: *Winterswijk, Grote Steen*. HF 2530 - Topogr. krt.bl. 41 E (1:25.000), coörd. 244.50/437.70. Zwerfsteenbestrooiing op akker van de heer H.J. te Winkel, Woold 157. Ondergrond bestaat uit tertiaire leem.
- No. 279: *Vragender, Schaarsheide*. HF 3340 - Topogr. krt.bl. 41 B (1:25.000), coörd. 239.65/443.07. Zwerfsteenbestrooiing op ingezaaid grasland van boer 'De Koekoek'. Lokaalmorene.
- No. 292: *Rekken I*. HF 2350 - Topogr. krt.bl. 34 G (1:25.000), coörd. 247.50/456.00. Zwerfstenen uit teelaarde boven de keileem.
- No. 293: *Rekken II*. HF 2350 - Topogr. krt.bl. 34 G (1:25.000), coörd. 248.30/456.20. Steenhopen langs pad, afkomstig uit teelaarde.
- No. 294: *Winterswijk, Masterveld*. HF 4330 - Topogr. krt.bl. 41 F (1:25.000), coörd. 252.05/445.95. Zwerfstenen uit akker, met keileem op 0.5 m diepte.
- No. 295: *Meddo, Valkeniersbult*. HF 2350 - Topogr. krt.bl. 41 E (1:25.000), coörd. 248.40/449.20. Zwerfstenen uit akker van de gebroeders Rosier, Meddo 220. Ondergrond is tertiaire leem.
- No. 297: *Rekken III*. HF 1360 - Topogr. krt.bl. 34 G (1:25.000), coörd. 248.80/458.40. Stenen op pad; afkomstig van akker van de heer Wolf.
- No. 298: *Lievelde, Vragender Veld*. HF 3330 - Topogr. krt.bl. 41 B (1:25.000), coörd. 238.00/446.90. Zwerfstenen uit akker.
- No. 324: *Stokkum (Ov.)*. HF 1280 - Topogr. krt.bl. 34 B (1:25.000), coörd. 231.63/469.20. Zwerfstenen uit de keileem van een nieuwe sloot in een ruilverkavelingsgebied.
- No. 339: *Groenlo, Erven Wissink*. HF 2250 - Topogr. krt.bl. 40 E (1:50.000), coörd. 242.20/448.90. Steenhoop op erf van boerderij; afkomstig van akker.