

ZWERFSTEENTELLINGEN IN NOORD-NEDERLAND

door

A.P. Schuddebeurs

Norg

Zwerfsteentellingen in Noord-Nederland (Counts of glacial erratics in the Northern part of the Netherlands). – Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol., 19(3), pp. 81-108, 8 tab., 5 fig., Leiden, September 1982.

Results of 36 Hesemann counts held in the Northern part of the Netherlands are reported. They confirm previous counts in this area, namely the occurrence of distinctly different assemblages of erratic boulders, while on the other hand mutually similar associations are sometimes spread out over tens of kilometres.

In a few places crystalline indicator boulders are found in stringers as well as floelike masses of till of a type different from those in their immediate vicinity.

The erratic boulder counts are considered to be of little chronostratigraphic value and have local significance only. Some kilometres South of Norg two parts of a glacial erratic boulder were found separately in ground moraine. Both had been transported by inland ice, one part one kilometre away from the other along a line N 15° W – S 15° E.

Previously an identical propulsion direction of the inland ice in this area was assumed on geomorphological grounds.

A.P. Schuddebeurs, Dennenlaan 2, 9331 CK Norg, The Netherlands.

Inhoud: Inleiding, p. 82

Verklaring van de gebruikte afkortingen en tabellen, p. 82

Vindplaatsen, p. 83

De hoeveelheden stenen in de verschillende keileemtypen, p. 90

De invloed van de verwerking op de uitkomsten van zwerfsteentellingen, p. 91

Toelichting bij de gevonden Hesemann-formules, p. 92

Schollen keileem en slierten, p. 92

De bewijskracht van zwerfsteentellingen, p. 94

Over het ontstaan van de verschillen in zwerfsteeninhoud, p. 95

De voortbewegingsrichting van het landijs in Nederland, p. 95

Dankzegging, p. 99

Literatuuroverzicht, p. 107

INLEIDING

In de afgelopen twee jaar werden op 36 plaatsen in Noord-Nederland zwerfsteentellingen uitgevoerd. De uitkomsten daarvan worden hier meegedeeld. Tot op zekere hoogte bevestigen deze nieuwe gegevens de vroegere, ook die van andere auteurs. Tevens maakt het steeds dichter wordende net van tellingen het mogelijk bepaalde aspecten duidelijker te herkennen dan voorheen mogelijk was.

Eerder (zie Schuddebeurs, 1980-1981) werd aangetoond, dat:

- er duidelijk verschillende zwerfsteen gezelschappen in Nederland voorkomen;
- soms over tientallen kilometers nagenoeg dezelfde associaties optreden;
- in keilemen van oost-baltische oorsprong veel meer stenen voorkomen en bovendien een twee maal zo hoog percentage kristallijne gidsgesteenten dan in keilemen waarin Zweedse gidsgesteenten domineren;
- er slierten (gids-)gesteenten en schollen afwijkende keileem voorkomen;
- gewoonlijk bepaalde typen zwerfstenen, hetzij kristallijne of sedimentaire, elkaar vergezellen.

Ook aan het onderzoek naar de bewegingsrichting van het landijs in Nederland is enige aandacht besteed.

VERKLARING VAN DE GEBRUIKTE AFKORTINGEN EN TABELLEN

Door de Rijks Geologische Dienst, Haarlem (RGD) is een lijst opgesteld van gegevens van tellingen van noordelijke kristallijne zwerfstenen in Nederland. De in dit artikel gebruikte nummers komen overeen met die van de RGD. De tellingen nr. 200, 209, 211 en 215 worden hier niet behandeld omdat schrijver dezes daaraan geen bijdrage leverde.

Bij de vermelde coördinaten is altijd een gemiddelde opgegeven, omdat soms uit vrij lange ontsluitingen materiaal werd verzameld.

TA = totaal aantal zwerfstenen per telling.

K:Z:V = procentuele verhouding van de kristallijne, zandsteen- en vuursteen-zwerfstenen. In de meeste gevallen is deze verhouding berekend uit het totaal aantal gevonden zwerfstenen, maar soms werd volstaan met een steekproef uit een paar honderd zwerfstenen of werd alleen een Hesemann-telling verricht. In beide laatste gevallen is dat bij de locatiebeschrijving vermeld. Vanzelfsprekend zijn dan geen gegevens beschikbaar voor de tabellen kristallijne, c.q. sedimentaire zwerfstenen.

HF = Hesemann Formule.

Tabel 2 vermeldt de kristallijne zwerfstenen met inbegrip van de gidsgesteenten.

In tabel 3 worden de meest voorkomende sedimentaire zwerfstenen genoemd. Om de breedte van deze tabel te beperken zijn enkele weinig voorkomende typen niet in de tabel maar bij de locatiebeschrijving vermeld. Zover daartoe aanleiding was, werden daar ook enkele kenmerken of het herkomstgebied van zulke zeldzamere vondsten beschreven. In tegenstelling tot eerdere publicaties is nu geen opgave gedaan van gangkwarts. Het tellen daarvan heeft als controle wel zin, als er honderden stuks op een plaats voorkomen. Dat duidt er dan op, dat door de gletschers ouder fluviatiel materiaal werd opgenomen of dat het er kryoturbaat werd bijgemengd. In die fluviatiele sedimenten komen weleens noordelijke gidsgesteenten voor, maar zo weinig, dat de uitslag van de tellingen er

niet door beïnvloed kan zijn, tenzij er honderden gangkwartsen aanwezig zijn. Zuiver noordelijke gezelschappen bevatten geen grovere gangkwarts.

In de tabellen 4 t/m 8 worden de kristallijne gidsgesteenten opgesomd en de berekende HF's aangegeven.

DE VINDPLAATSEN

Nr. 194. Donkerbroek-Petersburg, coörd. 211.700/561.700, TA 2022, K:Z:V = 37:15:48. Grijs keileem in bouwput voor ligboxenstal. Er werd een stuk verkiezeld hout gevonden van geel-witte kleur. Zulke zwerfstenen kunnen uit de bruinkoolgebieden van oostelijk Duitsland komen, maar ook uit het Tertiair of Krijt van de Oostzeebodem.

Nr. 195. Oldeberkoop, coörd. 202.60/550.120, TA 1620, K:Z:V = 42:26:32. Grijs keileem in bouwput voor ligboxenstal.

Nr. 196. Finsterwolde-Goldhoorn, coörd. 266.850/580.000, TA 1641, K:Z:V = 45:28:27. Grijs keileem boven potklei in sloten rondom een aardgasput van de Nederlandse Aardolie Mij (N.A.M.).

Nr. 197. Langezwaag-de Plasse, coörd. 196.350/558.050, Keizand en grijs keileem in nieuw gegraven sloot. Er zijn alleen kristallijne zwefstenen voor een Hesemanntelling verzameld.

Nr. 198. Katlijker Schar, coörd. 198.050/550.150, TA 1896, K:Z:V = 37:21:42. Grijs keileem en keizand in nieuwe sloot van ruilverkaveling.

Nr. 199. Ter Idzard, coörd. 197.650/547.650, TA 2454, K:Z:V = 38:26:36. Twee nieuwe sloten aan weerszijden van een weg ontsloten weinig grijs keileem maar vooral kleizand. Er werd een chiasma zandsteen gevonden. Als herkomstgebied van dit type zwerfsteen wordt Småland en Kalmarland genoemd.

Nr. 201. Langezwaag-Hegedijk, coörd. 185.630/556.450, TA 1856, K:Z:V = 45:20:35. Een nieuwe sloot leverde keizand en grijs keileem op.

Nr. 202. Helling, coörd. 251.050/584.700, TA 2295, K:Z:V = 50:20:30. Ruilverkavelingssloot om N.A.M.-gasput met grijs keileem. Er werd een vuursteen met groene korst gevonden.

De herkomstgebieden van de Noord-Nederlandse vuursteen zijn voor het overgrote deel de krijtlagen van Zuid-Zweden, Denemarken en het westelijk deel van de Oostzee. In het Tertiair zouden de vuurstenen uitgespoeld zijn, waarbij als eluvium een restleem met veel vuursteen ontstond. Mede omdat men in de jaren dertig en veertig vrijwel nooit krijtkalkzwerfstenen vond, werd aangenomen dat vrijwel al onze vuursteen-zwerfstenen tot dat eluvium behoord hadden. Een deel van die eluviale vuursteen zou op de zeebodem glaukoniet opgenomen hebben, vandaar de groene korst. Ook is verondersteld, dat alle vuurstenen met groene korst uit het Danien stammen, maar Van der Lijn (1973) is daar niet zo zeker van. Als zwerfsteen zijn ze zeldzaam, in Sellingerbeetse daarentegen zijn ze algemeen, vooral in de zandzuigerij van Fa. De Boer. Daar wordt groen getint zand gezogen en behalve vuursteen zijn er ook zandstenen en zelfs Thüringerwoud porfieren met groene korst te vinden. De groenkleuring van die stenen voltrok zich dus daar ter plaatse.

Nr. 203. Roderweg Norg, nabij de N.A.M.-gasput in het Hoogeveld, coörd. 229.200/567.750. Er werden alleen kristallijne zwerfstenen verzameld voor een Hesemanntelling uit het Beuningen Complex, dat ontsloten was in de geul voor een aardgasleiding. Zie fig. 3.

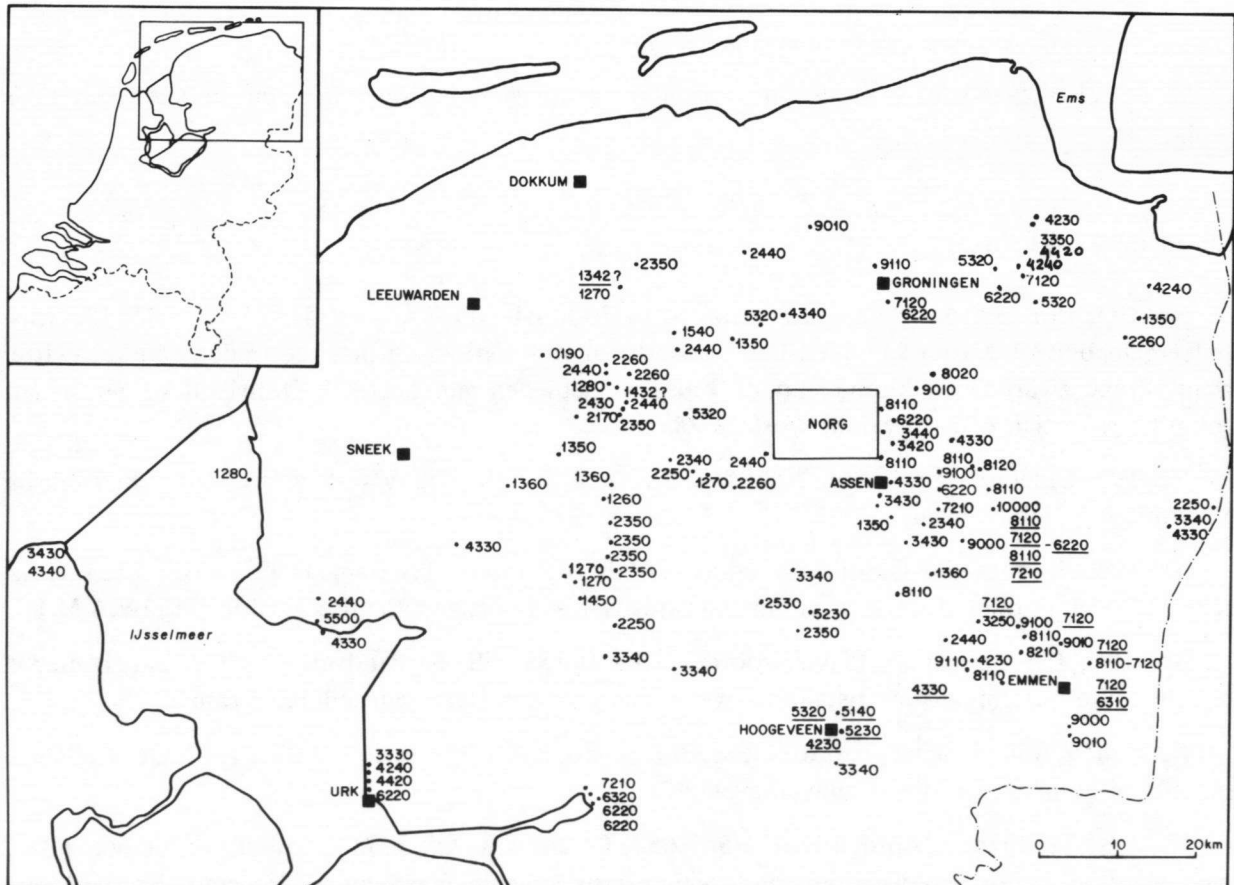


Fig. 1. Overzicht van Hesemann-tellingen in Noord-Nederland, bijgewerkt tot eind 1981. Onderstreept: plaats niet nauwkeurig bekend. Voor Norg, zie fig. 2.

Fig. 1. Survey of Hesemann counts in the Northern part of the Netherlands, updated till the end of 1981. Underlining indicates: localities not accurately known. Re Norg, see Fig. 2.

Nr. 204..Hellum nabij Siddebuursterveen, coörd. 252.500/583.850, TA 2856, K:Z:V = 48:25:27. Grijs keileem, maar vooral keizand, onder dekzand en veen ontsloten in een ± 2 m diepe nieuwe sloot.

Nr. 205. Oldeholtgade, coörd. 200.550/544.550, TA 2203, K:Z:V = 35:25:40. Keizand met zeer verweerde stenen uit nieuwe sloot binnen ruilverkavelingsgebied.

Nr. 206. Donkerbroek-Heereweg, coörd. 213.450/558.150, TA 1857, K:Z:V = 33:24:43. Grijs keileem uit bouwput voor ligboxenstal.

Nr. 207. Steenberg, coörd. 223.500/568.150, TA 2786, K:Z:V = 43:24:33. Keizand en weinig keileem uit geul voor N.A.M.-gasleiding.

Nr. 208. Amerika-Norg, coörd. 220.250/567.650, TA 3843, K:Z:V = 47:19:34. Keizand en grijs keileem aan de oever van de zandzuigerij van Fa. Jager, Midwolde Leek. Er werd een cementkwartsiet (vroeger zoetwaterkwartsiet of bruinkoolkwartsiet geheten) met wortelgangen gevonden uit de omgeving van Szczecin (v/h Stettin) of het aangrenzende Oostzeegebied.

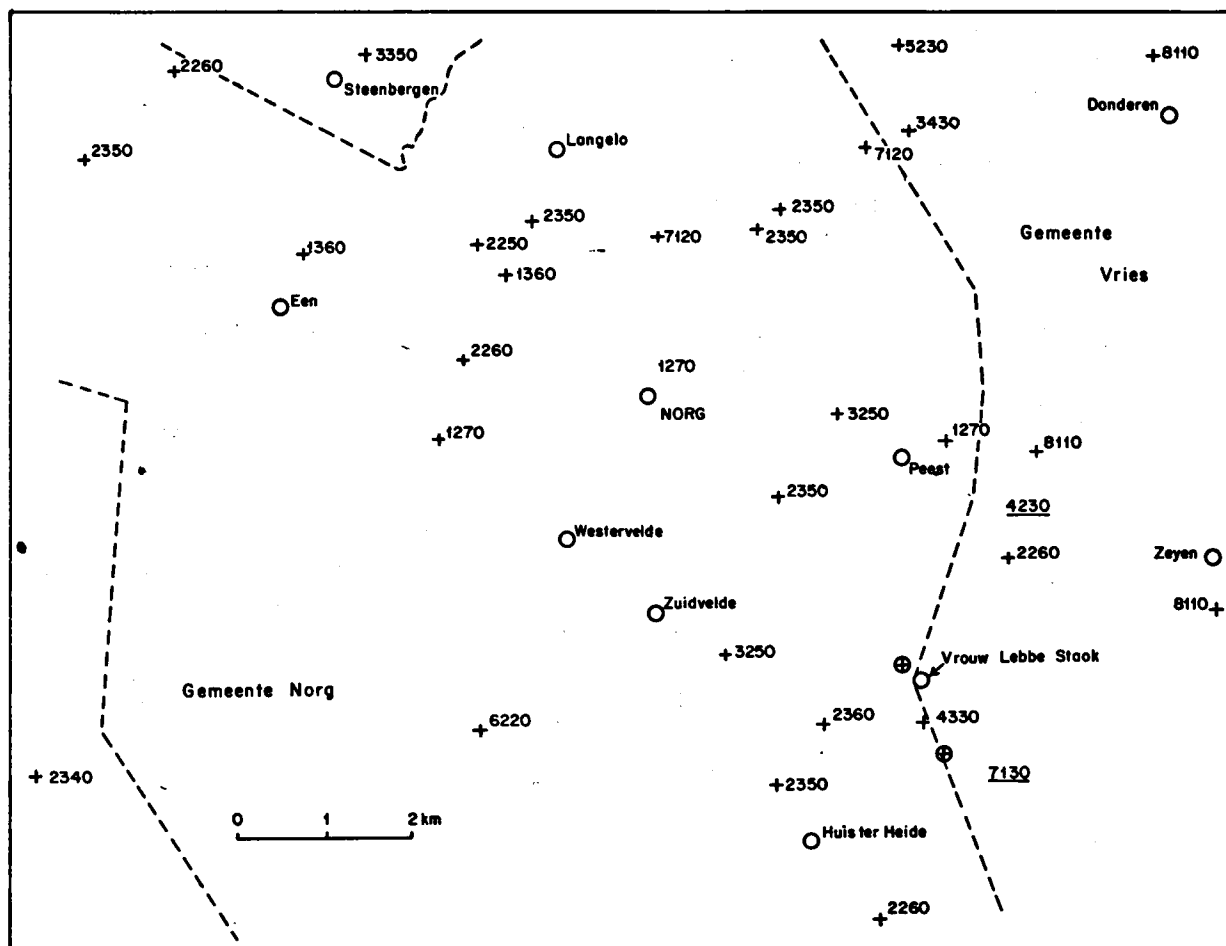


Fig. 2. Hesemann-tellingen in Norg en omgeving, bijgewerkt tot eind 1981. Onderstreept: telplaats niet nauwkeurig bekend. ⊕: vindplaatsen van de in Fig. 4 afgebeelde zwerfstenen.

Fig. 2. Hesemann counts in Norg and vicinity, updated till the end of 1981. Underlining: location of count only approximately known. ⊕: localities of boulders shown in Fig. 4.

Nr. 210. Koelenweg-Norg, Coörd. 229.040/559.050. Er werden alleen kristallijne zwerfstenen verzameld voor een Hesemanntelling. De stenen komen uit een diepgeploegd veld en zijn met de aardappelrooimachine uitgezeefd.

Nr. 212. Slochteren, coörd. 250.300/581.950, TA 3546, K:Z:V = 42.36.22. Nieuwe sloten voor ruilverkaveling ten O. van de weg Slochteren-Noordbroek. Ontsloten was donkergrijs keileem.

Uit tabel 1 blijkt, dat van de in dit artikel behandelde tellingen alleen déze een noemenswaard aantal palaeozoïsche kalkstenen en dolomieten opleverde.

Bijna al deze zwerfsteentypen komen ook in het Groninger keileem regelmatig voor.

Fig. 3. Reconstructie Hoogveld, Norg, telling 203 (zeer schematisch).

1. eolische fase gedurende een der stadialen (Vroeg-Saalien); zand, fijn, oppervlakte kaal.
2. toename begroeiing gedurende Bantega- of Hoogeveen-interstadiaal; zand, fijn, humus, bruingrijs.
3. bodemvorming nog gedurende bovengenoemd interstadiaal; vorming dunne witte A-laag (= uitspoelingslaag) en daaronder enige verbruining (inspoelings- of B-laag).
4. herstel eolische sedimentatie, kort daarop gevolgd door
5. kryoturbate vervorming vanaf bovenkant 4; de gemarmerde structuren monden aan de onderkant soms uit in een vorstspleet: koud en droog (vorstspleetvormig) werd dus gevolgd door koud en nat (gemarmerde structuren), beide in een stadiaal van Vroeg-Saalien.
6. eolische fase gedurende stadiaal van Vroeg-Saalien; fijn zand accumulatie ($\pm$ horizontaal gelaagd).
7. als bij 6; zeer droog, harde wind; accumulatie van fijn zand, deels met "snoertjes" fijn kwartsrijk, lydiet- en porfierhoudend, voor een deel geëoliseerd oostelijk grind.
 Het landijs bedekt Noord-Nederland (Midden-Saalien) en laat grondmorene achter met vuursteen en veel oostbaltisch kristallijn.
 HIAAT Vermoedelijk dunne laag.
 Gedurende Eemien verwerking van dunne keileemlaag (plantendek, bodemvorming).
8. op z'n vroegst gedurende Laat-Emien tot en met Vroeg-Weichselien totale afbraak keileempakket en vorming keizand. Deze afzetting, die tot de Formatie van Eindhoven behoort, is alleen nog, vervormd, terug te vinden in kryoturbate slurven en tierlantijnen; vervorming gedurende Vroeg-Weichselien.
9. droge fase met veel erosie, vorming stenenvloer, elders juist accumulatie (Beuningen Complex).
10. eolische fase gedurende (hoofdzakelijk Laat-)Weichselien en vorming dekzand met spoor zeer fijn zand.
11. bouwvoor.

Fig. 3. Reconstruction of the Hoogveld, Norg, Count 203 (very schematic).

1. Eolic phase during one of the Early Saalian stades; sand, fine; surface barren.
2. Increasing vegetation during Bantega or Hoogeveen interstade; sand, fine, humic, greyish brown.
3. Soil formed during interstade mentioned under 2. A thin white A-horizon formation i.e. an eluviation layer, under which some discoloration toward brown: an illuviation or colour B-horizon.
4. Recovery eolic sedimentation, shortly followed by
5. Cryoturbatic disformation from top of 4; the marbled structure sometimes end in a frostcrack at the bottom: so cold and dry (frost crack formation) was succeeded by cold and wet (marbled structures), both during an Early Saalian stade.
6. Eolic phase of Early Saalian stade; accumulation of fine sand, more or less horizontally layered.
7. As in 6; very dry, strong wind; accumulation of fine sand, in parts with strings of fine gravel, rich in quartz containing Lydian stone and porphyry and partly wind blown Eastern gravel.
 The inland ice covers the Northern part of the Netherlands (Mid Saalian) and deposits ground moraine with flint and many crystalline erratics of Eastern Baltic origin. Supposedly a thin layer.
 HIATUS During the Eemian weathering on thin layer of till (vegetation cover, soil forming).
8. From the late Eemian at the earliest till the Early Weichselian complete destruction of till and forming of clayless sand with boulders. This deposit, part of the Eindhoven Formation can only be traced transformed into cryturbatic protuberances and curlicues; transformation during Early Weichselian.
9. Dry phase with a lot of erosion, shaping of a gravelly layer, yet elsewhere accumulation (the Beuningen complex).
10. Eolic phase during – mainly Late – Weichselian and coversand forming with traces of very fine gravel.
11. Ploughed layer.

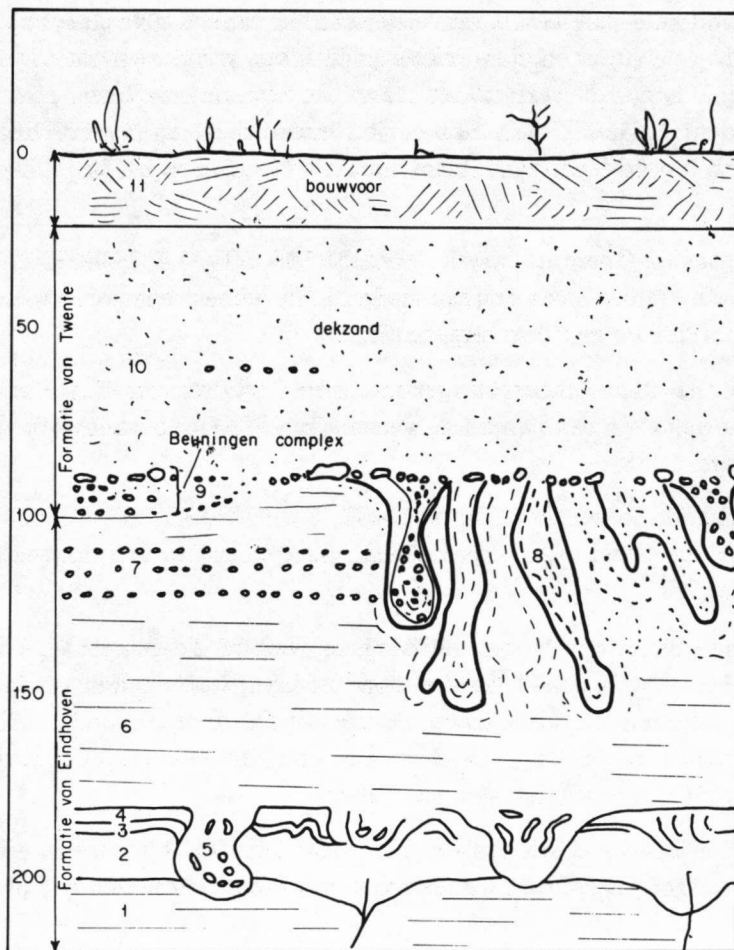


Fig. 3
(onderschrift
zie p. 86)

	1 rode <i>Orthoceras</i> -kalk (nautiloïde)
	1 <i>Palaeoporella</i> -kalk (kalkalg)
Ordovicium	2 <i>Mastopora</i> (kalkalg)
	1 Baksteenkalk
	7 <i>Vermiporella</i> (kalkalg)
grens Orovicium-Siluur	5 stuks
	1 <i>Favosites</i> (spons)
	2 <i>Chonetes</i> (branchiopode)
Siluur	5 <i>Beyrichia</i> (ostracode)
	1 <i>Leperditia</i> (sterk gedolomitiseerd) (ostracode)
	7 overig Siluur
	4 dolomiet
Devoon	1 verkiezeling
(problematica)	16 stuks

Tabel 1. Palaeozoische kalkstenen en dolomieten uit telling nr. 212 te Slochteren.

Table 1. Paleozoic limestones and dolomits from count nr. 212 at Slochteren.

Drie glaukoniethoudende kalkstenen zijn weliswaar in tabel 3 als palaeozoïsch opgevoerd, maar gezien hun habitus, de vele vuurstenen en enkele krijtkalken van deze locatie kunnen ze ook wel uit het krijt afkomstig zijn. Een stuk vezelcalciet stamt uit Eocene astuflagen zoals voorkomen in het Skagerrak, de zeebodem en ten Z. van Skåne, in Denemarken en Noord-Duitsland. Ze zijn ook bekend uit boringen in Noord-Nederland, maar niet als zwerfsteen uit het kalkrijke Groninger keileem.

Nr. 213. Egbertsgaasten-Opeinde, coörd. 199.500/569.500, TA 2340, K:Z:V = 52:21:27. Het keileem ligt onder de waterspiegel van een zandzuigerij. De stenen liggen geconcentreerd op plaatsen waar de persbuis uitmondde en zijn daar uitgezeefd.

Er werden 22 Eocene siderietconcreties gevonden en 7 pyrietconcreties. Deze locatie ligt slechts enkele km ten N. van de haven van Drachten, waaruit in 1958 honderden pyrietconcreties opgebagd zijn (Schuddebeurs, 1958).

Nr. 214. Wolvega-Zuid, coörd. 197.300/542.400, TA 3284, K:Z:V = 35:24:40. Nieuwe sloten ten O. van de weg Wolvega-Steenwijk. Grijs keileem, maar meer keizand. Er werd een vuursteen met groene korst gevonden.

Nr. 216. Vries-Norg, akker ten N. van de Bongveenweg bij de gemeentegrens, coörd. 229.500/568.900, TA 3328, K:Z:V = 31:28:41. Stenen door aardappelrooimachine van akker verzameld. Er werd een Faxekalk gevonden met de koralen *Dendrophyllia faxensis* Beck, 1837 en *Smilotrochus faxoensis* Forchhammer & Steenstrup, 1863, verder vele Bryozoa en kokerwormen. Een tweede, kleinere zwerfsteen komt waarschijnlijk ook van Fakse.

Nr. 217. Hoogeveen-Linde, akker, coörd. 225.850/518.500. Alle stenen zijn met de hand van een akker geraapt en daarna gezeefd. Een steekproef met 640 zwerfstenen gaf als K:Z:V verhouding 21:17:64.

Nr. 218. Zuidvelde-Norg, coörd. 227/700/562.100. De stenen zijn door aardappelrooimachine van een diepgeploegde weide verzameld. De kristallijne zwerfstenen zijn uit de hoop gezocht om een Hesemanntelling te verkrijgen.

Nr. 219. Tijnje, coörd. 194.700/560.820, TA 3089, K:Z:V = 33:27:40. Grijs keileem in een nieuwe sloot voor ruilverkaveling. Een verkieselde kalksteen bevat verscheidene fossielen waarvan alleen een ostracode nog als zodanig herkenbaar is.

Nr. 220. Norg, 1 km ten NW van Huis ter Heide, coörd. 227.750/560.600. Keizand in een nieuwe sloot. Er werden alleen kristallijne zwerfstenen verzameld.

Nr. 221. Opeinde-De Kletten, coörd. 220.120/570.500. Er werden alleen kristallijne zwerfstenen verzameld.

Nr. 222. Rolde, ten O. van het dorp, coörd. 240.550/557, TA 2047, K:Z:V = 59:25:16. Ruilverkavelingssloot. Onder de bouwvoor ligt bruin keizand op bruin keileem, dat naar onder overgaat in groengrijs keileem. Het ontsloten profiel is 0,75 tot 1,4 m hoog en over de gehele lengte en hoogte sterk kryoturbaat. Er werd een chiasmazandsteen gevonden.

Nr. 223. Buitenpost, coörd. 205.-/585.200, TA 2369, K:Z:V = 48:24:28. Nieuwe vijver uitgegraven aan westzijde van het dorp. Onder 1 à 1,5 m dekzand ligt maximaal 0,4 m keizand op grijs keileem. Er werd een chiasmazandsteen gevonden.

Nr. 224. Wapserveen, coörd. 209.350/536.600, TA 1779, K:Z:V = 21:17:62. Sterk verweerde stenen met de hand van akker verzameld.

Nr. 225. Oosterwolde, coörd. 214.900/566.250, TA 1149, K:Z:V = 51:16:33. Twee bouwputten naast elkaar voor waterzuiveringsinstallatie van Provinciale Waterstaat. Onder 0,5 m geroerde grond ligt 0,6 m dekzand en keizand, dan volgt 1,2 m grijs keileem op Formatie van Eindhoven. Het profiel is tot op 1,5 m diepte kryoturbaat, maar de onderste keileem ligt ongestoord. In deze onderste keileem werden 12 granieten en gneizen met groot biotietgehalte gevonden die alle geheel of tot dicht aan een vaste kern verpulverd waren.

Nr. 226. Vries/Norg, aan de gemeentegrens bij de Vrouw Lebbe Stoak, coörd. 229.750/561.250, TA 2789, K:Z:V = 37:33:30. Zie Fig. 3. Keizand en grijs keileem.

Nr. 227. Zeijerveld-Oude Norgerweg, zandgroeve, coörd. 230.780/563.500, TA 2016, K:Z:V = 45:21:29. Onder de bouwvoor zijn over enkele meters lengte enig dekzand en daaronder een snoer horizontaal liggende stenen als een Beuningen Complex ontsloten. Daaronder liggen zanden van de Peelo Formatie. Wat verder naar het NO en naar het ZW komen allengs keizanden tot 1 m dikte op grijs keileem voor de dag die dus uitwiggan in de richting van het Beuningen Complex.

Nr. 228. Erica I, bouwput voor tunnel in verkeersweg, coörd. 258.800/527.480, TA 1630, K:Z:V = 80:17:3. De stenen werden uit het profiel gegraven, waarbij ook enkele medewerkers van de Rijks Geologische Dienst behulpzaam waren. Deze telling bevat alleen stenen uit het keizand.

Nr. 229. Erica II, als loc. nr. 228, TA 189, K:Z:V = 73:15:12. Voor deze telling werden alleen stenen gegraven uit de onderste lagen van het tot 3 m dikke keileem. Plaatselijk is dat keileem over de gehele dikte bruin, dan meer gevamd, wat verder ook wel geheel grijs. Zandlenzen van enkele dm tot m lengte komen voor, gedeeltelijk van bovenaf via vorstspelen en andere kryoturbate invloeden omlaag gewerkt, maar waarschijnlijk werd ook zand opgenomen uit de onder liggende Peelo Formatie, dit volgens persoonlijke mededeling van de heer J.G. Zandstra (RGD, Haarlem).

In het profiel zijn over de gehele hoogte biotietrijke, geheel verbrijzelde zwerfstenen aanwezig. Het aantal stenen per m³ keileem is aanmerkelijk geringer dan wat voor een oost-baltisch gezelschap als dit normaal genoemd kan worden: ondanks veel graafwerk werden slechts 189 zwerfstenen verzameld. Bijna de helft van deze stenen vertoonde holle oppervlakken, concave breuken dus, zoals we die elders alleen bij vuurstenen of zeer dichte kwartsieten vinden. Het komt mij voor dat al deze verschijnselen wijzen op uitzonderlijk hoge druk, waaraan het complex was blootgesteld.

Nr. 230. Eenerstukken-Norg, coörd. 222.750/566.550, TA 3098, K:Z:V = 38:25:37. Er werd een chiasmazandsteen gevonden.

Nr. 231. Westerlee, coörd. 573.650/262.650. Een steekproef met 476 zwerfstenen gaf als K:Z:V verhouding 31:36:33. De stenen zijn gedeeltelijk met de aardappelrooimachine, gedeeltelijk ook met de hand geraapt van een akker in het Westerleese Veen. Deze akker ligt bijna 5 m boven de omgeving. In een omtrek van enkele km is dit de enige plaats waar (grijs) keileem en potklei door de ploeg omhooggebracht wordt. Zie fig. 5.

Nr. 232. Elderslo-Rolde, coörd. 238.600/554.500, TA 1297, K:Z:V = 33:31:35. Nieuwe sloot aan zuidzijde van de autoweg Assen-Gieten, waarin wat keileem en vooral keizand ontsloten en kryoturbaat met elkaar vermengd zijn.

Nr. 233. Oudehaske, coörd. 187.550/553.350, TA 2770, K:Z:V = 51:21:28. Zandzuigerij. De stenen zijn uitgezeefd op de plaats waar de persbuis eindigde. Keileem is niet waargenomen. Er wer-

den een chiasmazandsteen, een spongoliet en een eocene siderietconcretie gevonden. Bovendien werden 50 zwerfstenen op de zeef aangetroffen die afkomstig zijn van het Leisteenplateau langs de Rijn. Er werden 33 zandige, meestal mica bevattende, grijze palaeozoïsche zandstenen geteld; verder enkele lydieten en radiolarieten en brokken melkwitte gangkwarts tot 9 cm groot en 400 gram gewicht. Die zuidelijke zwerfstenen bewijzen een oude Rijnloop. Dit is in overeenstemming met het onderzoek van Cnossen & Zandstra (1965), die niet ver van Oudehaske op ongeveer -22,5 m N.A.P. Rijn-afzettingen vonden. Zij rekenden die afzetting toen tot de Formatie van Vianen, die nu Formatie Urk II wordt genoemd. Op wat hoger niveau en ruwweg gezien dwars over die oude Rijnloop toonden deze auteurs het oerstroomdal van de Boorne aan, dat zeer waarschijnlijk nabij Bakkeveen ontstond als smeltwaterstroompje vóór het oprukkende ijsfront. Dit pleistocene dal zal wel wat uitgediept en verbreed zijn door het oprukkende landijs.

Gedurende het afsmelten ontstond een diep erosiedal, waarin nu geen keileem meer aanwezig is. Er bleef grover zand achter met dezelfde zwerfstenen als in het gehele Oostelijk deel van Friesland gevonden worden.

DE HOEVEELHEDEN STENEN IN DE VERSCHILLENDE KEILEEMTYPEN

De Drenten weten al heel lang dat op de ene plaats binnen het "Olde Landschap" veel meer stenen in het keileem zitten dan op de andere. Bieleman (1980) gaf een rapport uit 1809-1810 weer van de Drentse landdrost, gericht aan Koning Lodewijk Napoleon. Hierin worden als mogelijke exportartikelen de Drentse keien genoemd, die vooral in grote hoeveelheden en als grote blokken in de schultambten Emmen en Odoorn en om Valthe en Weerdinge voorkwamen. Omstreeks 1960 vertelde een oude boer in Eext mij, hoe hij als jonge boerenzoon samen met twee arbeiders een stuk heide met de spade moest ontginnen. Dat hield ook het verzamelen van alle keien en blokken in. De verkoop daarvan dekte ruimschoots de ontginningskosten!

Zulke hoeveelheden stenen vinden we alleen daar, waar het zwerfsteengezelschap duidelijk van Oostbaltische herkomst is, m.a.w. als het eerste cijfer van de HF een 6 of meer is. Dat is langs de gehele Hondsrug het geval, maar daar buiten alleen plaatselijk. Zie fig. 1 en 2. Als het zwerfsteengezelschap van overwegend Zuid-Zweedse herkomst is, bevat 1 m³ van dat keileem ongeveer een tiende of nog minder van de hoeveelheid stenen die uit 1 m³ oostbaltisch keileem komt. Bovendien kunnen we in oostbaltische gezelschappen rekenen op een ongeveer twee maal zo hoog percentage gidsgesteenten als in Zweedse. Zie tabel 2, laatste kolom. Die verschillen heb ik wel vastgesteld door de stenen te tellen uit gelijke hoeveelheden gezeefd keileem, maar ze zijn ook af te leiden uit de tijd die met het verzamelen gemoeid is. B.v. telling nr. 222 bij Rolde leverde 1200 kristallijne zwerfstenen op met HF 9100, berekend uit 230 gidsgesteenten. We verzamelden ze met z'n tweeën binnen twee uren. Maar in Buitenpost moesten we met z'n viereen bijna een dag verzamelen om 115 gidsgesteenten met HF 2350 uit een totaal van 1141 kristallijne zwerfstenen te oogsten. Men bedenke echter, dat er ook in de zwerfstenengeologie geen regels zonder uitzondering zijn. Bij de locatiebeschrijving van telling nr. 229, Erica II, is al opgemerkt dat het oostbaltische keileem daar uitzonderlijk weinig stenen bevat.

De grote verschillen in de hoeveelheden stenen per m³ keileem zijn te wijten aan het feit dat glimmerrijke gesteenten veel minder bestand zijn tegen de verbrijzelende werking van het kilometers dikke, voortstuwende landijs dan glimmerarme gesteenten. Daarbij komt, dat in Zweden veel meer glimmerrijke gesteenten voorkomen dan in ZW-Finland en op de Alands-eilanden. Reeds eerder (Schuddebeurs, 1980-1981) droeg ik voor deze stellingen argumenten aan. Ook Virkkala (1958)

merkte in Finland op, dat glimmerrijke gesteenten geen lang transport doorstaan en veel eerder totaal verbrijzeld zijn dan glimmerarme stollingsgesteenten.

DE INVLOED VAN DE VERWERING OP DE UITKOMSTEN VAN ZWERFSTEENTELLINGEN

Behalve de verbrijzelende werking die het voortstuwende landijs op de steneninhoud ervan uitoefende, zijn er zowel gedurende het afsmelten van het ijs als daarna andere eroderende krachten werkzaam geweest. Metersdikke glaciale afzettingen zijn dikwijls geheel ontkalkt, hoewel de vele vuurstenen erin bewijzen dat er oorspronkelijk ten minste krijtkalk aanwezig was. Het grondwater loste de kalk op, daarmee gepaard ging transport van fijne slibdeeltjes, die zich konden afzetten in de vroeger door kalksteen ingenomen ruimten. Dat had reeds enige concentratie van grover zand en stenen in de bovenste lagen tot gevolg. Er is ook veel zand via smeltwaterdalen vervoerd, terwijl onder bepaalde omstandigheden ook veel fijn materiaal eolisch naar elders verdween. Dat had tot gevolg dat we nu veelal keizand op het keileem vinden. Waar de grondmorene dun was, bleef slechts een keiensnoer over. (Fig. 3).

In het keizand zijn de stenen als regel sterker verweerd dan in het onderliggende leem. Van de kristallijne zwerfstenen worden allereerst de veldspaten, vooral de calcium bevattende plagioklaas, aangetast. Dat kan tot volledige desintegratie van de gesteenten leiden, zodat het percentage kristallijne zwerfstenen daalt. Zie hiervoor ook Veenstra (1963: 35-37). Maar al eerder kunnen veel kristallijnen tot onherkenbaar aangetast en verkleurd zijn.

Daarom zijn in keizand minder gidsgesteenten herkenbaar dan in keileem. Frappant is nu, dat maar heel kleine verschillen gevonden worden in de HF's als de gezelschappen uit keizand en uit direct eronder gelegen keileem gescheiden geteld worden. Blijkbaar zijn de stenen door het smeltwater nauwelijks verplaatst en zijn alle typen gidsgesteenten ongeveer even sterk aangetast.

Een enkele maal bleek dat vooral grofkristallijne zwerfstenen – met hele grote veldspaten dus! – door deze aantasting geheel ontbraken. Er worden dan relatief veel dichte en fijnkorrelige zwerfstenen gevonden, zoals porfieren en helleflinten. Zo'n telling levert dan een gezelschap op, dat sterk afwijkt van wat op die plaats normaal mag heten.

Er zijn meerdere pogingen gedaan om de mate van verwerking van een zwerfsteengezelschap in cijfers uit te drukken. Zo is wel gezegd, dat de verhouding kristallijn: vuursteen een uitstekende maatstaf zou zijn. We kennen echter ook vuursteenloze keilemen.

De K:Z:V-verhoudingen zeggen wel iets, maar doorslaggevend zijn ze evenmin. Juist in keizand werd meermalen een lager zandsteen- en/of vuursteengehalte gevonden dan in het keileem eronder (Schuddebeurs, 1980; 1980-81).

Helleflinten komen en masse vooral voor in Småland. Dientengevolge vinden we in Zuid-Zweedse gezelschappen veel meer helleflinten dan in oostbaltische (zie tabel 2). Maar zoals we nog zullen zien hoeft een buitengewoon groot percentage helleflint op zich zelf geen verweringsverschijnsel te zijn.

Om de invloed van de verwerking duidelijk te maken moeten enkele factoren tegelijk optreden. Voor Zuid-Zweedse gezelschappen kan dat er als volgt uitzien:

- de afzetting is geheel kalkloos;
- het percentage kristallijne zwerfstenen is kleiner dan 33%;
- van de kristallijne zwerfstenen is minder dan 10% herkenbaar als gidsgesteente;

- meer dan 5% van het totaal kristallijn is helleflint;
- er zijn weinig of geen zwerfstenen met veldspaten > 5 mm.

Voor zwerfsteengezelschappen van overwegend oostbaltische herkomst zijn zulke punten moeilijk te noemen. Ze zijn meestal ontkalkt. Het percentage kristallijn erin schommelt tussen 50 en 82, zandsteen tussen 14 en 25%, vuursteen tussen 0 en 30%.

De percentages kristallijne gidsgesteenten liggen tussen 16,6 en 28. Helleflinten komen er weinig in voor en we vonden nooit een oostbaltisch gezelschap dat geheel zonder grofkristallijne zwerfstenen was.

TOELICHTING BIJ DE GEVONDEN HESEMANN-FORMULES

De Hesemann-Formules op de kaarten van fig. 1 en 2 laten zien, dat we in de drie noordelijke provincies in hoofdzaak twee verschillende zwerfsteengezelschappen vinden. Langs de Hondsrug, van Groningen en Noordhorn tot Erica en Klazienaveen, ligt een strook van 80 km lengte en 10 à 20 km breedte waar we alleen zwerfsteengezelschappen vinden van overwegend oostbaltische herkomst. Ten oosten daarvan, zoals bij Slochteren en Hellum, vinden we dergelijke gezelschappen ook, maar de invloed van Zuid-Zweden wordt allengs duidelijker. Westelijk van de Hondsrug zien we een overeenkomstige ontwikkeling. Over tientallen kilometers werden daar steeds HF's als 2350, 2260, 1270 en 1180 vastgesteld. Af en toe is er een plek waar de oostbaltische gidsgesteenten beter vertegenwoordigd zijn of zelfs domineren. Het tweede cijfer van de HF is in Noord-Nederland op slechts één plaats de grootste van de vier, n.l. bij Opende (Gr.) waar gidsgesteenten uit Dalarna en uit het Stockholmgebied samen 50% van het totaal leverden. Dat is een groot verschil met de provincie Utrecht en de West-Veluwe. Daar is deze tweede telgroep altijd de belangrijkste met veel Uppsala graniet en Bruine Oostzee kwartsporfier en HF's als 1630, 0730 en 0820. Volgens Maarleveld (1953) en Ter Wee (1962) hebben we daar te maken met de twee eerste vergletscheringsfasen van Nederland. Aan de hand van zwerfsteentellingen kunnen we die twee fasen weliswaar niet onderling, maar wel van de drie latere onderscheiden. Maar hierover meer in Schuddebeurs (1980-1981).

De vierde telgroep met gidsgesteenten uit het Oslogebied is meestal in het geheel niet vertegenwoordigd. Op enkele plaatsen vonden we een of twee van zulke zwerfstenen. Alleen in Tijnje en Oudehaske, resp. tellingen nr. 219 en nr. 233 werd $\pm 4\%$ voor deze groep genoteerd. Ofschoon dat niet toereikend is om in de HF's tot uitdrukking te komen, bevestigt het wat eerder werd opgemerkt (Schuddebeurs, 1980-1981), n.l. dat Friesland de enige provincie is waar we af en toe Oslo-gesteenten in een wat groter aantal vinden.

SCHOLLEN KEILEEM EN SLIERTEN

We hebben met keileemschollen te maken wanneer bovenop, in of onder een keileem een min of meer scherp begrensde keileem van een ander type ligt. Zo'n schol heeft een andere zwerfsteeninhoud dan het omringende keileem. Scherp begrensde, aan de kleur goed herkenbare schollen rood keileem zijn het eerst door De Waard (1949) in de Noordoostpolder vastgesteld. In het zwerfsteenreservaat "Pieter van der Lijn" bij Urk zijn ze te zien. De grootste schol die De Waard vond is bijna 140 m lang. Ligterink (1954) merkte op, dat hij in Drente nooit zulke schollen had gevonden. Zandstra (pers. meded.) zag ze daar evenmin als wij.

Op het kaartje van fig. 2 zien we ten N. van Norg de HF 7120 aangegeven. Die locatie is geheel omgeven door gezelschappen van overwegend Zuid-Zweedse herkomst. Het keileem van die locatie onderscheidt zich echter niet door z'n kleur van het omringende groen-grijze keileem, maar door z'n ongeveer tien maal grotere steneninhoud en de overwegend oostbaltische herkomst van de stenen. In 1976 kon een scherpe grens in WNW-OZO richting worden vastgesteld. In 1980 werden de westelijk aangrenzende weidepercelen diep omgeploegd. Aan de hand van het zwerfsteen gezelschap kon toen worden nagegaan dat deze schol zich van W naar O op z'n minst over 500 m uitstrekt.

Nu werd de term "schol" al vóór De Waard (1949) gebruikt om samenhangende hoeveelheden oudere sedimenten in de morenen aan te duiden, zoals tertiair- of krijtschollen. De Waard's opvatting was hiermede in zoverre in overeenstemming, dat hij de rode keileemschollen zag als (ouder) Elster-keileem, opgenomen door het (jongere) Saale-landijs. Zoals verderop wordt toegelicht, denk ik, dat zowel de rode schollen als de afwijkende keileemtypen zoals die van Norg alle tijdens het Saalien werden gevormd, vervoerd en afgezet. Zover er dus sprake is van ouderdomsverschillen, zijn die gering.

Het vermoeden ligt voor de hand dat op plaatsen waar HF's als 3340, 4330 e.d. gevonden zijn, zich een hoeveelheid oostbaltisch keileem met Zweeds keileem mengde. Het kan ook zijn, dat wij zelf de verschillende keileemtypen niet herkenden en hun steneninhoud tesamen telden.

In navolging van Marczinski (1968: 30) spreken we van slierten (Duits: Schliere) wanneer een bepaald (gids-)gesteente, dat normaal met $n\%$ in een keileemtype voorkomt met $2n\%$ of zelfs nog algemener. Slierten vallen in het veld zelden op. Ze openbaren zich pas bij het onderling vergelijken van de tellijsten en dan, zoals het eerstvolgend voorbeeld moge aantonen, ook dan niet altijd op overtuigende wijze.

Van de hier gepubliceerde tellingen wijzen er 27 op een overwegend Zuid-Zweedse herkomst van de gezelschappen. Bij 19 daarvan is bazalt gevonden en wel in 16 tellingen van 0,8 tot 4%, in twee tellingen 7% en in één geval 10% van het totaal aan kristallijne gidsgesteenten. Als we ervan uitgaan dat in dit type keileem 0 – 4% bazalt normaal mag heten zouden de gezelschappen met 7 à 10% een sliert bazalt hebben. Dat is echter niet zeker, want die bazalten zijn met loupe of binoculair niet van elkaar te onderscheiden. Hier kan evengoed sprake zijn van z.g. "Shrapnellgeschiebe", d.w.z. in hun geheel getransporteerde blokken, die pas nabij hun uiteindelijke ligplaats uit elkaar vielen (Eskola, 1933).

Zoals hierboven al gezegd komt het overgrote deel van onze helleflinten uit Småland. Tabel 2 vermeldt de percentages helleflint per telling. De duidelijk oostbaltische gezelschappen van de tellingen nrs. 202, 212, 222, 228 en 229 bevatten 0,4 tot 2% helleflint. Maar als gidsgesteenten uit Småland domineren is er gewoonlijk 2 – 6% helleflint. De telling nr. 196 uit Finsterwolde bevat er uitzonderlijk veel, n.l. 8,4% bij een HF = 4240 en 40% gidsgesteenten uit Småland. Dat het gezelschap niet erg verweerd is, wordt bewezen door enkele krijtkalken en ook doordat 12% van het totaal kristallijn als gidsgesteente herkend is. De hier gevonden helleflinten lopen zover uiteen in structuur en kleur dat het geen Shrapnellgeschiebe kan zijn.

Bornholmgranieten komen in oostbaltische associaties weinig of helemaal niet voor. Wat we er in Erica van vonden mag veel genoemd worden. Maar als Zuid-Zweedse gesteenten overheersen, ontbreken ze zelden. Bij de hier gepubliceerde tellingen is gemiddeld 2,8% van het totaal aantal gidsgesteenten Bornholmgraniet. In de telling Oudehaske is dat echter 14% en in het dicht daarbij gelegen Joure is vroeger eens 9% vastgesteld. Ongeveer 15 km naar het NO ligt Nijbeets, waar we in 1972 zelfs 21% Bornholmgranieten vaststelden, terwijl latere verzamelaars er nog vele tientallen vonden. Het is verleidelijk te veronderstellen, dat dat gehele gebied rijk is aan Bornholmgesteenten.

Maar de telling nr. 219 bij Tijnje, dat tussen Joure en Nijbeets ligt, leverde het normale gehalte van 2,7% Bornholmgranieten op. Echte slierten zijn het niet, want er zijn vier typen mee gemoeid: Hammer-, Almindig-, Streep- en Rønnegrانيت. Maar evenals van bovenstaande helleflinten is hun herkomst beperkt tot een relatief klein gebied.

Vroeger (Schuddebeurs, 1980-1981) schreef ik dat het vermelden van Tessini-zandsteen nauwelijks de moeite loonde, omdat ze in Nederland haast niet gevonden worden. Maar die uitspraak moet ik herzien. Met geen ander gidsgesteente is het zo vreemd gesteld! Pas toen ik, dank zij de hulp van vrienden, te doen kreeg met tellingen uit Friesland en van de IJsselmeerbodem kwamen ze voor de dag tot vlak aan de Fries-Groningse grens. Van de 12 hier gepubliceerde Friese tellingen zijn er vier zonder Tessini-zandstenen, in zeven tellingen komen er een of twee voor en in Tijnje een duidelijke sliert van zeven stuks. Het opmerkelijke in de verspreiding van Tessini-zandsteen is dat ze in Drente nagenoeg ontbreken. Zelfs in gezelschappen van overwegend Zuid-Zweedse herkomst waarvan er in Drente vele tientallen geteld zijn, werd nooit een Tessini-zandsteen gevonden! Als incidentele vondst ken ik een exemplaar dat door de heer S. de Vries (RGD, Oosterwolde) nabij Gieten is gevonden en zelf heb ik er een bij Langelo gevonden. Daarbij bleef het.

Ten oosten van de Hondsrug zijn er wat meer gevonden. Kruizinga (1918) noemt twee vondsten bij Hemelum en twee van Kloosterholt, wat dus goed overeenkomt met mijn ervaringen. Maar terwijl Kruizinga's zwerfstenen resten bevatten van de trilobiet *Paradoxides paradoxissimus* Wahlenberg, 1821 (= *P. tessini* Brongniart, 1822) moeten wij het stellen met de fossiele levenssporen die in de Tessini-siltstenen voorkomen.

Over de landsgrens, in Oostfriesland en in Nedersaksen, zijn ze nog algemener dan in ons Friesland. Bijvoorbeeld Meyer (1970) vond in 13 van zijn tellingen in Oostfriesland 1 tot 12 stuks, terwijl hij kleinere collecties verwerkte dan wij doen.

Het moedergesteente van Tessini-zandsteen ligt aan de oostzijde van de Kalmarsund bij Degerhamn op Öland. Als zwerfstenen komen ze alleen voor in gezelschappen van overwegend Zuid-Zweedse herkomst. Datzelfde geldt bijna zonder uitzondering ook voor andere zandstenen en kwartsieten met levenssporen, zoals de worm *Skolithos linearis* Haldemann, 1840, en de problematische levenssporen *Monocraterion tentaculatum* Torell, 1870 en *Diplocraterion parallelum* Torell, 1870. Het herkomstgebied van de drie laatst genoemde typen is vooral een lange smalle strook aan de westzijde van de Kalmarsund, d.w.z. slechts 10 km van Öland verwijderd. Maar die drie typen zijn in Midden-Drente even algemeen als in Friesland en in Oost-Groningen.

Het nagenoeg ontbreken van Tessini-zandsteen in geheel Drente is zeker niet minder opmerkelijk dan het optreden van slierten gidsgesteenten elders.

DE BEWIJSKRACHT VAN ZWERFSTEENTELLINGEN

In de beide vorige hoofdstukken zagen we dat in Nederland drie duidelijk verschillende zwerfsteengezelschappen voorkomen: Zuid-Zweedse, Midden-Zweedse en oostbaltische. We kunnen de verschillen ook nog op andere wijze uitdrukken dan met de HF. We kennen associaties waarin oostbaltische gidsgesteenten met 0 tot 96% voorkomen, dan zijn er waarin Midden-Zweedse typen met 0 tot 80% en ook Zuid-Zweedse met 0 tot 90% gidsgesteenten uit die respectieve regio's. Nemen we daarbij in aanmerking dat nu eens hier, dan weer daar een of ander type in abnormaal grote hoeveelheid voorkomt, dan is het duidelijk dat binnen Nederland vrijwel alle denkbare zwerfsteenassociaties aanwezig zijn.

Al onze tellingen zijn gedaan uit afzettingen aan of dichtbij de oppervlakte. Er wordt niet aan getwijfeld, dat ze alle tot het Saalien gerekend moeten worden, zij het uit verschillende vergletscheringsfasen. Zoals hierboven al gezegd, kunnen we aan de hand van de zwerfsteeninhoud alleen de morenen in Centraal-Nederland onderscheiden van die in Noord-Nederland. Hieruit volgt dat de chrono-stratigraphische waarde van zwerfsteentellingen beperkt is. Soms kan men morenen, ook buiten Nederland, over tientallen kilometers, wellicht over honderd km aan hun zwerfsteeninhoud vervolgen en correleren, maar niet meer dan dat.

OVER HET ONTSTAAN VAN DE VERSCHILLEN IN ZWERFSTEENINHOUD

De grote variatie in zwerfsteengezelschappen kan niet verklaard worden door aan te nemen dat jongere gletschers gewoonlijk ouder gletschermateriaal opnamen. Af en toe zal dat wel voorgekomen zijn, maar het had niet veel te betekenen. De oorzaak van de diversiteit van de morenen moet gezocht worden in de mate van eroderend vermogen van het landijs van plaats tot plaats. Sneeuwophopingen betekenen verhoging van de statische druk die kan resulteren in plaatselijke versnelling. Daartoe is geen grote drukverhoging vereist. Afhankelijk daarvan en verder van de morfologie van de ondergrond en van de mate waarin het ijs doorspekt is met morene zal de versnelling zich tot op zekere diepte voortzetten. Snelheidsvermeerdering van het ijs direct op het gletscherbed heeft sterker exareren en transporteren tot gevolg. Voltrekt zo'n proces zich plaatselijk, dan kan een sliert ontstaan. Gebeurt het regionaal, dan zullen meer gesteentetypen worden opgenomen, misschien zelfs een schol. Elders weer kan de voortstuwende kracht onvoldoende zijn om het gehele ijspakket te versnellen en blijven de onderste lamellen achter t.o.v. de bovenste. Een niet bewegende grondmorene exareert noch transporteert. Tegelijkertijd kunnen aan weerszijden gelegen gletscherpartijen hun weg vervolgen en zich verderop verenigen. Waar dat gebeurt zal in de morene een component ontbreken die gewoonlijk wel aanwezig is. Een verder gevolg was, dat het landijs zich zeer waarschijnlijk met aanzienlijke snelheids- en richtingsverschillen voortbewoog. Voor argumenten voor deze opvatting en voor verdere mogelijkheden verwijs ik naar Schuddebeurs (1980-1981).

DE VOORTBEWEGINGSRICHTING VAN HET LANDIJS IN NEDERLAND

In het grensgebied van Vries en Norg, rondom de Vrouw Lebbe Stoak, werden in 1981 langs de grensweg en haaks daarop over enkele km alle sloten verbreed en verdiept. Op het kaartje van fig. 2 is te zien, dat in het O de HF's 8110 regel zijn. Wat meer naar het W zien we de HF's 3430, 3250 en 4230 en nog westelijker hebben Zuid-Zweedse gezelschappen de overhand. Ik vroeg me af, of in dit gebied een scherpe grens dan wel een geleidelijke overgang te vinden zou zijn tussen die verschillende morenen en verzamelde daarom zwerfstenen uit acht, elk apart te tellen, slootprofielen. Het is me niet gelukt die grens te vinden, want per gedeelte traden geen grote afwijkingen op van de uiteindelijk gemiddelde HF 4330 van telling nr. 226.

Bij de het eerst verzamelde collectie was een donkere, basische fijnkorrelige zwerfsteen, die, zoals bij dergelijke gesteenten meestal het geval is, niet eenvoudig als gabbro of dioriet te determineren was. Ik bewaarde de steen als oefenobject bij het determineren. Enkele weken later vond ik bij het verzamelen van de laatste collectie precies zo'n gesteente. Dat stuk bleek nauwkeurig te passen op het eerste, maar ze werden ruim een km van elkaar verwijderd uit het profiel genomen (fig. 4). De verbindingslijn tussen de twee vindplaatsen verloopt van N 15° W naar Z 15° O en dat



Fig. 4. Twee aan elkaar passende gabbroïde zwerfstenen, die ruim 1 km door het landijs vervoerd zijn in de richting N 15° W – Z 15° O, gevonden bij Hesemann telling nr. 203.

Fig. 4. The two matching parts of one gabbroid erratic boulder, discovered during Hesemann count nr. 203. Found one kilometre apart, transported by inland ice along a line N 15° W – S 15° E.

Foto M. Huizinga, Geol. Inst. R. U. Groningen.

mogen we zien als de voortbewegingsrichting van het landijs ter plaatse. Dat wil echter niet zeggen dat het ijs elders niet uit een andere richting gekomen kan zijn! Sinds men de landijstheorie aanvaardde heeft men op allerlei wijzen onderzoek gedaan naar de bewegingsrichting van het ijs. Het zou mij echter te ver voeren hier allen te noemen die zich in dit opzicht verdienstelijk maakten. Met verontschuldiging aan de velen die ik nu veronachtzaam, volgen hier enkele voorbeelden.

Jelgersma & Breeuwer (1975) gaan ervan uit, dat in één of enkele fasen een gesloten ijsfront uit het NO kwam. Gezien de herkomst van onze zwerfstenen zal er geen bezwaar zijn dit als gemiddelde hoofdrichting aan te nemen, maar de detailkaartjes van deze auteurs geven per gletscherlob richtingen aan die gedurende de vijf vergletscheringsfasen van plaats tot plaats tussen NNW en O wisselen. Ook vroeger zijn vele waarnemingen gedaan en argumenten naar voren gebracht die de gedachte steunen, dat het ijs niet altijd en overal uit dezelfde richting kwam. Dubois (1902) meende dat de Hondsrug, die N 15° W - Z 15° O verloopt, in de richting van de ijsstroom gevormd was. Hij veronderstelde, dat de ijskap op Engeland die uit Fennoskandia gedwongen had af te buigen, zodat het landijs ongeveer uit NW-richting ons land binnendrong.

Maar Dubois noemde ook de vondst van een kwartsietblok ergens in de Hondsrug waarvan het bovenstuk 1½ cm verschoven was naar het ZW, dus loodrecht op de door hem voorgestane hoofdrichting.

Jonker (1905) toonde de herkomst van veel sedimentaire zwerfstenen uit Gotland en Estland aan en verdedigde daarom een algemene transportrichting uit het NO.

Kruizinga (1918) hield al meer rekening met zwerfsteenvondsten van het Zweedse vasteland. Hij meende dat het ijs z'n oorsprong had in Västernorrlandslän, vandaar ging het door de Botnische golf en over de Alands eilanden, dan het oostelijk deel van Uppland, vervolgens over het oostelijk

deel van Gotland, dan naar de zuidpunt van Öland, wederom via het Oostzeebed over Bornholm, overstekend naar Sleeswijk-Holstein om tenslotte, via Oldenburg, Groningen te bereiken. Dat was dus of een zeer slingerende of zo'n brede weg dat één gesloten ijsstroom vrijwel heel Fennoskandia overlapte. De keus tussen die twee mogelijkheden liet Kruizinga over aan de lezer.

Van Baren (1927) noemt bij het station Vries-Zuidlaren een gebroken blok, waarvan het bovenstuk 1½ cm in N – Z richting was verschoven.

Ligterink (1954) vermeldde de vondst van twee op elkaar passende blokken ten W van de straatweg Odoorn-Borger. Ze waren ± 30 m in ONO – WZW richting van elkaar verschoven. Deze locatie ligt 3 km ten W van de helling van de Hondsrug en verplaatsing door solifluktie ligt hier dus niet voor de hand.

Richter (1932) wees opnieuw op het gegeven, dat reeds door Miller (1884) was opgemerkt, dat de lengteassen van zwerfstenen veelal liggen in de stroomrichting van het ijs, dus in de richting van de geringste druk. Die richtingen kan men met het kompas vaststellen en weergeven in een rozet of vectordiagram. Er moet een oppervlak keileem van ongeveer ½ x ½ m worden vrijgelegd en een ruimte ernaast voor het verwerkte materiaal, waarna laagje na laagje zeer voorzichtig wordt weggekrabd. Men moet de ligging van een 50-tal stenen van ± 2 tot 20 cm lengte meten. Deze methode werd in Nederland toegepast door De Waard (1945, 1949), Ligterink (1954), Boeschoten & Veenstra (1967) en ook ik deed enkele pogingen. De uitkomsten zijn zelden betrouwbaar omdat haast nooit een duidelijk maximum gevonden werd. Stuwing onder de gletscher kan de ligging van de stenen beïnvloed hebben en er is bitter weinig bekend van de wijze waarop het morene materiaal werd afgezet.

Secundaire invloeden zoals ontkalking, kryoturbatie en solifluktie hebben stellig een rol gespeeld.

Ook Marczinski (1968) ondervond kennelijk moeilijkheden bij de 109 metingen die hij in zijn werkgebied deed. Hij meent dat de metingen beslist onbetrouwbaar zijn als 15 à 20% van de stenen overeenind staan en geeft o.a. een vectordiagram, gebaseerd op 41 metingen waarvan 22 stenen opgericht stonden. Deze rozet vertoont vier maxima! Toch kon Marczinski voor bepaalde morenen vaststellen, dat de richting in het begin WNW – OZO geweest is, later omzwenkend naar NNW – ZZW.

Ehlers (1978) bereikte in de Harburger Berge heel mooie resultaten. In dat gebied kwam het ijs in het begin (Haupt-Drente-Vorstoss = Drenthe I) uit noordelijke richting. Daarop volgde de z.g. tweede Saale-Vorstoss, ook Niendorfer-Vorstoss = Drenthe 2 genaamd, uit noordoostelijke richting, terwijl de derde Saale-Vorstoss (= Fuhlsbütter Vorstoss = Warthe stadium) uit het O kwam.

Zeker betrouwbaar is de meting van de lengteassen van zwerfstenen van Ligterink (1954), gedaan bij de aanleg van een kerkhof te Emmen, dat ver genoeg van de Hondsrughelling afligt om beïnvloeding door solifluktie onwaarschijnlijk te maken. Hij ontblootte een vlak van 4 x 8 m en stelde daar de ligging vast van 70 grotere zwerfstenen. De verkregen richting was vrijwel O – W, welke richting geheel overeen kwam met de richting van de gletscherkrassen op de stenen. Vooral dat laatste lijkt mij een heel belangrijk punt te zijn in verband met het volgende.

Ehlers & Stephan (1979) merkten op, dat bepaalde structuren aan de onderkant van het keileem de bewegingsrichting van het landijs laten reconstrueren. Het gaat hierbij om ribbels van een mm tot een dm groot die, hetzij als wrijfspiegel, als glijdspoor, als negatieve uitschulpingen of ook wel als wigvormige randen of golven aan de basis van het ijs ontstonden; misschien door het bewegende ijs erin geperst werden. Al die vormen zijn uitgestrekt in de bewegingsrichting van het ijs en ze liggen geheel evenwijdig met de gletscherkrassen op de zwerfstenen van die plaats, terwijl een overwegend deel van de lengteassen van de zwerfstenen eveneens zo gericht zijn.

Edelman & Maarleveld (1958) menen betrouwbare gegevens te hebben verkregen door onderzoek van de ruggen en dalen van het grondmorenenlandschap. Hun kaart vertoont twee hoofd-richtingen en wel langs de Hondsrug en in Noord-Drente NNW maar in Zuidwest-Drente en in de aangrenzende Friese Woudstreek ONO. Ook uit de verhoging in het landschap van Oost-Groningen (fig. 5) hebben deze auteurs de ONO richting afgeleid.

Ter Wee (1962, 1981) vult de opvattingen van Edelman & Maarleveld (1958) aan. Hij meent dat het landijs in het begin uit het N, zelfs iets westelijker kwam om successievelijk naar het ONO om te zwenken. Hij beschouwt de bodemverheffingen bij Winschoten als de door de vijfde en laatste fase van de vergletscherig opgedrukte stuwwal. Jelgersma & Breeuwer (1975) sluiten zich hierbij aan. Maar Zonneveld (1975, 1977) vindt de vorm van deze hoogten te weinig sprekend en neemt aan, dat het hier om een stuwwal uit de eerste fase gaat, die later door de gletschers werd overreden waardoor de stuwwal gedrumliniseerd werd. Zie fig. 5.

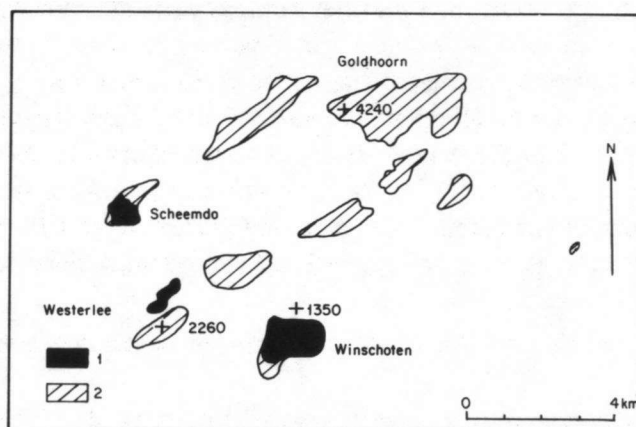


Fig. 5. Drumlins of gedrumliniseerde stuwwal in Oost-Groningen. 1: Drumlins; 2: Woonkernen. Aangevuld naar Edelman & Maarleveld (1958).

Fig. 5. Drumlins or drumlinized ice-pushed ridge in Eastern Groningen. 1: Drumlins, 2: Settlements. According to Edelman & Maarleveld (1958) with additions.

Echte drumlins zijn stroomlijnvormige heuvels die onder het ijs uit grondmorene materiaal werden gevormd terwijl het ijs nog in beweging was. Dat voltrok zich dicht bij de periferie van het ijsfront of ze vormden zich onder een opnieuw oprukkend ijsfront uit ouder morene-materiaal. Bij Winschoten gaat het echter om drumlinachtige vormen met een kern uit potklei en een dunne mantel keileem. Toen we de telling nr. 231 bij Westerlee (HF 2260) uitvoerden was hier en daar te zien dat met ploegen potklei omhoog was gebracht. Ook bij Finsterwolde (telling nr. 196, HF 4240) en bij Winschoten (telling nr. 125, HF 1350) rust een dunne morene, resp. een uitgespoelde morene-rest op potklei.

In het vorig hoofdstuk bracht ik naar voren dat snelheid en richting van het landijs op Fennoscandia zich dikwijls, zo niet voortdurend, gewijzigd zullen hebben. Blijkbaar gebeurde dat op Nederlandse bodem ook, waarbij het zich beperkte tot de uitersten tussen NNW en ONO. Waarschijnlijk waren dat tevens de twee hoofdrichtingen zoals die ook op de Geologische Overzichtskaart van Nederland, schaal 1:600.000 (1979) duidelijk uitkomen. Frappant is, dat de enige twee vondsten van gedeelten van zwerfstenen die over grotere afstand van elkaar verwijderd waren overeenkomstig deze twee hoofdrichtingen zijn vervoerd.

DANKZEGGING

De meeste van de hier behandelde zwerfsteentellingen zouden zonder de vriendschappelijke en krachtdadige hulp van de heren H. Jager (Wolvega), J.A. de Jong (Drachten) en K. Hartenhof (Slochteren) niet zijn uitgevoerd. Verdere hulp verleende mevrouw K. van Schalkwijk-Von Henning die het typen van het manuscript voor haar rekening nam, de heer J.J. Dekker van het Geologisch Instituut van de Rijks Universiteit te Groningen die het tekenwerk verzorgde en de heer J.G. Zandstra (R.G.D., Haarlem), die het profiel van fig. 3 schetste, het manuscript kritisch doorwerkte en daarmee een prettige samenwerking van tientallen jaren voortzette. De heer G.J.A. Brummer (Vrije Universiteit, Amsterdam) determineerde de fossielen in de kalkstenen en dolomieten en mevrouw F.L. Raimond-Bouwman (Dwingeloo) verzorgde de samenvatting in het Engels. Hen allen hartelijk dank!

Tabel 2. Kristallijne zwerfstenen, inclusief gidsgesteenten
Table 2. Crystalline erratic boulders, including indicator boulders

Loc. Nr.	Gesteente Plaats	Gabbro en dioriet	Syeniet	Porfier en Porfieriet	Tuff(-fiet) en agglom.lava	Diabaas	Melafier	Bazalt	Helleflint	Granaatamfiboliet	Overig kristallijn	Totaal kristallijn	Van het totaal kristallijn percentages	
													Gidsgesteenten	Helleflint
194	Donkerbroek-Petersburg	9	—	57	8	2	—	—	37	—	626	739	14,2%	5,0%
195	Oldeberkoop	13	—	47	5	7	—	—	37	—	577	686	10,3%	5,4%
196	Finsterwolde-Goldhoorn	17	—	66	7	6	1	—	62	—	574	733	12,0%	8,4%
198	Katlijker Schar	12	—	44	3	5	—	2	26	—	604	696	10,9%	3,7%
199	Ter Idzard	14	—	65	3	7	—	2	54	1	774	920	8,7%	5,9%
201	Langezwaag-Hegedijk	9	1	62	3	9	—	2	33	2	709	830	15,3%	4,0%
202	Hellum	17	—	64	6	8	—	1	20	—	1023	1139	8,95%	1,8%
204	Hellum, Siddebuursterveen	27	—	63	7	10	1	—	56	—	1200	1364	12,1%	4,1%
205	Oldeholtspade	15	3	72	1	13	—	4	30	—	637	775	8,9%	3,9%
206	Donkerbroek-Heereweg	25	1	40	4	10	—	1	25	—	515	621	13,8%	4,0%
207	Steenbergen	26	—	82	6	26	—	—	37	1	1022	1200	9,25%	3,1%
208	Amerika-Norg	46	—	83	8	23	—	1	44	1	1594	1800	6,7%	2,4%
212	Slochteren	43	—	79	7	22	—	5	30	—	1290	1476	10,5%	2,0%
213	Opeinde, Egbertgaasten	49	1	45	1	51	—	7	18	3	1032	1207	10,0%	1,5%
214	Woltega-Zuid	21	—	78	9	15	—	1	69	—	959	1152	9,3%	6,0%
216	Norg, Bongveenweg	45	2	66	7	26	—	4	52	1	826	1029	10,7%	5,0%
219	Tijnje	19	—	71	4	9	—	1	42	—	867	1013	10,3%	4,1%
222	Rolde	27	1	62	2	9	—	—	6	—	1093	1200	19,2%	0,5%
223	Buitenpost	34	—	65	10	6	—	—	37	—	989	1141	10,0%	3,2%
224	Waperveen	6	—	19	1	3	—	—	19	—	318	366	9,0%	5,2%
225	Oosterwolde	25	1	30	3	5	—	—	33	2	485	584	13,7%	5,6%
226	Vries-Norg-Lebbestaak	22	—	69	4	14	2	1	48	1	883	1044	10,7%	4,6%
227	Zeijerveld, de Pussta	19	—	36	1	6	—	8	26	—	859	955	8,0%	2,7%
228	Erica I	60	—	23	2	9	—	—	6	—	1206	1306	17,7%	0,4%
229	Erica II	4	—	3	—	1	—	—	1	—	129	138	24,6%	0,7%
230	Norg, Eenerstukken	68	6	94	3	31	—	5	78	—	878	1163	11,0%	6,7%
232	Eldersloo	8	—	31	1	6	—	—	12	—	372	430	12,8%	2,8%
233	Oude Haske	30	2	75	2	13	—	4	46	—	1255	1427	11,6%	3,2%

Tabel 3. Sedimentaire zwerfstenen
Table 3. Sedimentary erratic boulders

Loc. Nr.	Gesteente Plaats	Palaeozoische kalksteen en dolomiet	Verkezelde palaeozoische kalksteen	Vuursteen	Krijtkalk	Skolithos zandsteen	Monocraterion zandsteen	Diplocraterion zandsteen	Kraken	Eophyton zandsteen	Tessini zandsteen	Rode Dala zandsteen	Paarse zandsteen met gele vlekken	Zandsteen van onzekere herkomst	Totaal zandsteen	Totaal sedimentaire zwerfstenen
194	Donkerbroek-Petersburg	-	-	970	1	1	-	-	-	-	-	12	6	292	311	1283
195	Olderberkoop	-	-	513	1	3	1	-	1	1	-	10	16	388	420	1620
196	Finsterwolde-Goldhoorn	-	-	445	4	3	-	-	3	-	-	27	6	419	458	908
198	Katlijker Schar	-	-	798	-	8	-	-	3	-	1	12	10	368	402	1200
199	Ter Idzard	-	-	866	-	6	-	-	3	1	-	21	13	602	647	1533
201	Langezwaag-Hegedijk	-	-	653	-	6	1	-	1	1	2	14	5	343	373	1026
202	Hellum	-	-	705	-	4	-	-	3	-	1	144	12	286	450	1157
204	Hellum, Siddebuursterveen	1	2	782	1	-	-	-	5	-	-	94	26	580	705	1492
205	Oldeholtpe	-	-	877	1	5	1	-	5	-	2	22	2	513	550	1428
206	Donkerbroek-Heereweg	-	-	790	-	3	1	-	5	2	1	-	14	420	446	1236
207	Steenbergen (Dr)	-	-	913	-	5	4	1	8	-	-	56	37	562	673	1586
208	Amerika-Norg	-	-	1327	-	2	1	-	3	1	-	22	28	658	716	2043
212	Slochteren	57	-	749	5	2	-	-	-	-	-	265	16	977	1261	2011
213	Opeinde, Egbertsgaasten	-	-	620	-	1	-	-	-	1	-	6	14	468	490	1133
214	Wolvega-Zuid	-	-	1327	-	9	2	-	4	1	2	24	26	736	804	2132
216	Norg, Bongveenweg	-	-	1373	-	9	2	2	5	-	-	42	21	845	926	2299
219	Tijnje	-	-	1246	-	15	-	-	3	-	7	22	5	770	822	2076
222	Rolde	-	1	330	5	4	-	-	-	-	-	98	-	414	517	847
223	Buitenpost	-	-	667	-	1	-	-	-	-	1	22	25	511	561	1228
224	Waperveen	-	-	1112	-	3	-	-	3	-	-	6	1	288	301	1413
225	Oosterwolde	-	-	381	-	5	-	-	-	-	-	4	2	173	184	565
226	Vries-Norg-Lebbestaok	-	1	833	-	3	3	1	3	-	-	49	16	835	910	1744
227	Zeijerveld, de Puszia	-	-	611	-	3	-	-	-	-	-	11	9	427	450	1061
228	Erica I	-	-	47	-	-	-	-	-	-	-	88	-	189	277	324
229	Erica II	2	1	23	-	-	-	-	-	-	-	5	-	23	28	51
230	Norg, Eenerstukken	4	-	1148	-	3	2	-	5	-	-	8	25	739	783	1935
232	Eldersloo	-	-	460	-	-	-	-	-	-	-	25	1	381	407	867
233	Oude Haske	-	-	763	-	4	1	-	2	-	2	12	21	533	578	1343

Tabel 4. Kristallijne gidsgesteenten
Table 4. Crystalline indicator boulders

Plaatsnaam, nummer locatie en Hesemann-Formule	Donkerbroek Petersburg 194 2250	Oldeberkoop 195 2350	Finsterwolde Goldhoorn 196 4240	Langezwaag - de Plasse 197 1360	Kattijker Schar 198 2350	Ter Idzard 199 2350	Langezwaag-Hegedijk 201 1260
Gidsgesteenten							
Groep I							
Åland rapakiwi	—	1	1	2	2	1	4
Åland (apliet-) graniet	19	6	18	2	8	12	11
Åland granofier	—	1	—	—	1	1	1
Åland granietporfier	3	1	6	3	2	—	1
Åland kwartsporfier	1	—	—	1	—	—	—
Prick graniet	—	1	1	—	1	—	1
Tweeglimmergraniet Ångermanland	1	—	—	—	—	—	—
Grijze Revsund graniet	—	2	—	—	—	—	—
Botnische golf granofier	—	—	—	—	1	—	—
Ragunda sferolietporfier	—	—	—	—	1	—	—
Rode Oostzee kwartsporfier	1	1	6	1	—	—	1
Totaal groep I	25 = 23,8%	13 = 18,3%	32 = 36,4%	9 = 6%	16 = 21,6%	14 = 17,5%	19 = 15%
Groep II							
Uppsala graniet	—	1	—	—	1	2	—
Sala graniet	—	—	—	—	—	1	—
Stockholm graniet	1	4	—	9	5	2	7
Stockholm vlekengraniet	—	—	—	—	—	—	1
Siljan graniet	—	—	—	1	—	—	—
Garberg porfier	—	—	—	2	—	—	—
Bredvad porfier	7	11	7	14	8	13	9
Kallberg porfier	2	1	1	1	—	1	1
Säma porfier	—	1	1	5	—	2	—
Heden porfier	—	—	1	—	—	—	—
Elfdalen porfier	—	—	1	2	—	—	—
Grönklitt porfieriet	1	—	2	2	2	—	4
Venjan porfieriet	1	—	—	1	—	1	—
Digerberg tuf(-fiet)	5	1	—	2	—	1	2
overige Dalarna porfier	8	2	2	6	4	2	3
Bruine Oostzee kwartsporfier	—	—	3	1	—	2	1
Totaal groep II	25 = 23,8%	21 = 29,6%	18 = 20,4%	46 = 30,2%	20 = 27%	27 = 33,7%	28 = 22%
Groep III							
Blekinge (Spinkamåla) graniet	—	—	—	—	—	—	1
Vislanda graniet	—	—	—	—	—	—	2
Alö graniet	—	—	—	—	—	1	—
Vånevik graniet	—	—	—	—	—	1	4
Bleekrode Växiö graniet	—	2	—	—	—	—	—
Uthammer graniet	—	—	—	1	—	—	—
overige Småland graniet	40	22	30	78	28	24	56
Lönneberga porfier	—	—	—	2	—	—	—
overige Småland porfier	13	7	4	10	6	8	14
Småland eutaxiet	—	—	1	1	—	—	—
Alminding graniet	—	3	—	—	—	—	—
Streep graniet	—	3	1	—	—	2	—
overige Bornholm graniet	—	—	2	5	2	1	1
Lofthammer gneisgraniet	2	—	—	—	—	—	—
Bazalt	—	—	—	—	2	2	2
Totaal groep III	55 = 52,4%	37 = 52,1%	38 = 43,2%	97 = 63,8%	38 = 51,4%	39 = 48,7%	80 = 63%
Groep IV							
geen vondsten							
Totaal aantal gidsgesteenten	105	71	88	152	74	80	127

Tabel 5. Kristallijne gidsgesteenten
Table 5. Crystalline indicator boulders

Plaatsnaam Nummer locatie en Hesemann-Formule	Helium 202 5320	Norg, NAM loc. Roderweg 203 7120	Helium, nabij Siddebuursterveen 204 7120	Oldeholtpe 205 2350	Donkerbroek-Heereweg 206 1270	Steenbergen 207 3350	Amerika (Norg) 208 2350
Gidsgesteenten							
Groep I							
Åland rapakiwi	6	12	7	5	—	—	4
Åland (apliet-) graniet	20	14	82	3	5	16	10
Åland granofier	5	2	1	1	2	5	1
Åland granietporfier	3	5	8	4	1	6	2
Åland kwartsporfier	1	—	2	—	—	—	—
Prick graniet	1	2	1	—	—	—	—
Donkere rapakiwi (Tarkki?)	1	—	—	—	—	—	—
Pyterliet	—	—	—	—	—	1	1
Finse rapakiwi graniet	1	—	—	—	—	—	—
Finse rapakiwi granietporfier	4	—	1	—	1	1	—
Tweeglimmergraniet Ångermanland	1	—	—	—	—	—	—
Botnische golf gneisgraniet	—	5	2	—	—	—	—
Botnische golf kwartsporfier	—	—	1	1	—	1	—
Rode Oostzee kwartsporfier	4	8	9	—	—	2	2
Totaal groep I	47 = 46%	48 = 69,6%	114 = 68,8%	14 = 20,3%	9 = 10,8%	32 = 28,8%	20 = 16,4%
Groep II							
Uppsala graniet	1	—	—	—	—	—	—
Sala graniet	1	—	—	—	—	—	3
Arnö graniet	—	—	—	—	—	1	—
Stockholm graniet	6	—	3	2	—	2	9
Dalarna graniet	—	—	—	—	—	—	1
Garberg porfier	—	—	—	—	—	3	—
Bredvad porfier	8	4	9	5	3	8	7
Kallberg porfier	1	1	1	2	2	3	—
Särna porfier	4	—	—	—	1	1	2
Blyberg porfier	—	1	—	—	—	—	2
overige Elfdalen porfier	—	—	1	—	1	—	—
Grönklitt porfieriet	1	—	—	—	—	2	5
Venjan porfieriet	—	—	—	—	1	—	1
overige Dalarna porfier	4	—	4	5	5	5	8
Digerberg tuf(-fiet)	2	—	—	—	—	—	2
Bruine Oostzee kwartsporfier	1	—	—	5	1	3	2
Totaal groep II	29 = 28,4%	6 = 8,7%	18 = 10,8%	19 = 27,5%	14 = 17%	28 = 25,2%	42 = 34,4%
Groep III							
Blekinge graniet	—	—	—	—	—	1	1
Virbo graniet	1	—	—	—	—	—	—
overige Småland graniet	20	10	32	17	44	28	39
Lönneberga porfier	—	—	—	—	—	1	1
overige Småland porfier	—	3	1	10	11	13	11
Småland eutaxiet	—	—	—	—	—	1	2
Småland agglomeraatlava	—	—	—	1	—	—	—
Västevikkwartsiet	1	—	—	—	—	—	—
Streep graniet	—	2	—	—	—	—	—
overige Bornholm graniet	2	—	1	4	4	6	4
Bazalt	1	—	—	4	—	1	1
Totaal groep III	25 = 24,5%	15 = 21,7%	34 = 20,5%	36 = 52,2%	59 = 71%	51 = 45,9%	59 = 48,4%
Groep IV							
Rhomben porfier	1	—	—	—	—	—	1
Hoorblendes essexiet (metabazalt)	—	—	—	—	1	—	—
Totaal groep IV	1 = 0,98%	—	—	—	1 = 1,2%	—	1 = 0,8%
Totaal aantal gidsgesteenten	102	69	166	69	83	111	122

Tabel 6. Kristallijne gidsgesteenten
Table 6. Crystalline indicator boulders

Plaatsnaam nummer locatie en Hesemann-Formule	Norg, Koelenweg 210 2260	Slochteren 212 6220	Opeinde, Egbertsgaasten 213 1280	Wolvega-Zuid 214 1450	Vries, Bongveen (grens Norg) 216 5230	Linde 217 3340	Zuidvelde, Norg 218 3250
Gidsgesteenten							
Groep I							
Åland rapakiwi	1	9	2	2	7	6	4
Åland (apliet-) graniet	12	56	9	6	24	21	10
Åland granofier	1	4	—	2	4	2	—
Åland granietporfier	2	11	1	4	15	9	8
Åland kwartsporfier	—	2	—	—	—	2	—
Prick graniet	1	1	—	—	—	—	—
Haga graniet	—	—	—	—	1	—	—
Donkere rapakiwi	—	—	—	—	1	—	—
Finl. Åland rapakiwi	—	—	—	—	2	—	—
Finse rapakiwi granietporfier	—	2	—	—	—	—	—
Tweeglimmergraniet Ångermanland	—	1	—	—	—	—	—
Syenietgabbro Nordringh	—	1	—	—	—	—	—
Ragunda pseudo Ferolietporfier	—	1	—	—	—	—	—
Ragunda graniet	—	—	—	—	—	—	1
Botnische golf kwartsporfier	—	1	—	—	—	—	—
Rode Oostzee kwartsporfier	—	1	—	—	—	3	1
Totaal groep I	17 = 17,7%	90 = 58%	12 = 10%	14 = 13%	54 = 49%	43 = 30,9%	24 = 29,2%
Groep II							
Uppsala graniet	—	—	—	1	—	—	—
Stockholm graniet	3	—	—	4	1	3	1
Stockholm vlekkenkwartsiet	—	—	—	2	1	—	—
Dalama graniet	1	—	—	1	—	—	—
Garberg porfier	1	—	—	—	2	—	—
Bredvad porfier	9	10	7	9	6	20	7
Kallberg porfier	1	2	—	1	1	5	1
Säma porfier	—	—	—	1	—	3	—
Heden porfier	—	1	—	1	—	—	1
Elfdalen porfier	1	2	—	2	1	—	—
Grönklitt porfieriet	1	1	3	2	2	5	2
Venjan porfieriet	—	—	1	—	—	—	—
overige Dalama porfier	—	6	4	7	4	5	4
Digerberg tuf(-fiet)	—	2	1	3	1	2	—
Bruine Oostzeekwartsporfier	1	2	2	6	3	3	2
Totaal groep II	18 = 18,8%	26 = 16,8%	18 = 15%	40 = 37,4%	22 = 20%	46 = 33%	18 = 22%
Groep III							
Filipstad graniet	1	—	—	—	—	—	1
Blekinge graniet	—	—	—	1	—	—	2
Virbo graniet	2	—	—	—	—	—	—
Bleekrode Växiö graniet	—	—	—	1	—	—	—
Vislanda graniet	1	—	—	1	—	—	—
Alö graniet	—	—	—	1	1	—	—
overige Småland graniet	43	28	76	27	15	32	28
Lönneberga porfier	—	—	—	1	2	—	—
Påskallavik porfier	—	—	—	—	1	—	—
overige Småland porfier	9	3	7	10	6	9	5
Småland eutaxiet	—	—	—	3	1	—	—
Västervik kwartsiet	—	—	—	1	—	1	—
Streep graniet	—	—	—	—	3	—	—
Almindingen graniet	—	—	—	—	1	—	—
overige Bornholm graniet	2	2	—	6	—	5	2
Bazalt	3	5	7	1	4	3	2
Totaal groep III	61 = 63,5%	38 = 24,6%	90 = 75%	53 = 49,6%	34 = 31%	50 = 36%	40 = 48,8%
Groep IV							
Rhombenporfier	—	1 = 0,5%	—	—	—	—	—
Totaal aantal gidsgesteenten	96	155	120	107	110	139	82

Tabel 7. Kristallijne gidsgesteenten
Table 7. Crystalline indicator boulders

Plaatsnaam, nummer locatie en Hesemann-Formule	Tijnje 219 1350	Norg, 1 km ten NW van Huis ter Heide 220 2350	Opeinde, de Kletten 221 2440	Rolde, ten O van dorp 222 9100	Buitenpost 223 2350	Waperveen 224 2250	Oosterwolde 225 2260
Gidsgesteenten							
Groep I							
Åland rapakiwi	4	2	2	18	5	—	5
Åland (apliet-) graniet	6	7	12	118	19	3	11
Åland granofier	—	1	3	12	—	—	1
Åland granietporfier	1	5	—	13	—	4	—
Åland kwartsporfier	—	—	—	1	—	—	—
Prick graniet	—	1	—	4	1	—	—
Pyterliet	—	—	—	1	—	—	—
Finland-Åland rapakiwi	—	—	—	2	—	—	—
Finse rapakiwi granietporfier	—	—	—	3	—	—	—
Botnische golf gneisgraniet	—	—	—	13	—	—	—
Tweeglimmergraniet Ångermanland	—	—	—	2	—	—	—
Grijze Nystad graniet	—	—	—	1	—	—	—
Rode Oostzee kwartsporfier	4	—	1	22	1	—	—
Totaal groep I	15 = 14,4%	16 = 19%	18 = 19,6%	210 = 91,3%	26 = 22,6%	7 = 21,2%	17 = 21,3%
Groep II							
Uppsala graniet	—	1	—	—	—	—	—
Sala graniet	—	—	—	—	1	—	—
Stockholm graniet	2	2	1	2	3	2	—
Siljan graniet	—	1	—	—	—	1	—
Dalarna graniet	—	—	3	—	1	—	1
Garberg porfier	—	1	—	—	—	—	—
Bredvad porfier	8	6	11	3	15	2	2
Kallberg porfier	—	2	3	—	2	—	—
Särna porfier	1	3	—	1	—	—	—
Blyberg porfier	—	—	—	1	—	—	—
overige Elfdalen porfier	—	—	1	—	—	—	1
Grönklitt porfieriet	3	3	3	4	3	3	2
Venjan porfieriet	1	—	—	—	—	—	—
overige Dalarna porfier	6	4	5	4	3	—	5
Digerberg tuf(-fiet)	2	—	3	—	2	—	1
Bruine Oostzee kwartsporfier	6	2	5	—	3	—	2
Totaal groep II	29 = 27,9%	25 = 29,8%	35 = 38%	15 = 6,5%	33 = 28,7%	8 = 24,2%	14 = 17,5%
Groep III							
Åmal graniet	—	—	—	—	1	—	—
Kroppefjäll gneis	—	1	—	—	—	—	—
Blekinge graniet	—	—	—	—	—	—	1
Virbo graniet	—	—	—	—	—	—	2
Bleekrode Växiö graniet	—	—	—	—	1	—	—
Vislanda graniet	—	1	—	—	1	—	—
Alö graniet	1	—	—	—	—	—	—
Vånevik graniet	—	1	—	—	—	—	1
Grijze Växiö graniet	—	—	—	—	2	—	—
overige Småland graniet	50	30	34	1	32	16	38
Lönneberga porfier	—	1	—	—	—	—	—
overige Småland porfier	3	4	4	1	4	1	1
Småland eutaxiet	—	—	—	—	2	—	—
Hammer graniet	—	—	—	—	—	—	2
overige Bornholm graniet	1	3	—	3	9	1	—
Bazalt	1	2	—	—	—	—	—
Totaal groep III	56 = 53,8%	43 = 51,2%	39 = 42,4%	5 = 2,1%	56 = 48,7%	18 = 54,5%	49 = 61,3%
Groep IV							
Rhombenporfier	4 = 3,8%	—	—	—	—	—	—
Totaal aantal gidsgesteenten	104	84	92	230	115	33	80

Tabel 8. Kristallijne gidsgesteenten
Table 8. Crystalline indicator boulders

Plaatsnaam nummer locatie en Hesemann-Formule	Lebbestaok, Norg 226 4330	Zeijerveld, oude Norgerweg 227 2260	Erica I 228 9000	Erica II 229 9010	Eenerstikken, Norg 230 1360	Westerlee 231 2260	Elderslo, Rolde 232 6220	Oude Haske 233 1360
Gidsgesteenten								
Groep I								
Åland rapakiwi	9	2	30	6	9	3	2	3
Åland (apliet-) graniet	23	8	97	14	—	5	15	7
Åland granofier	—	—	12	3	3	6	2	1
Åland granietporfier	6	3	10	1	3	2	4	3
Åland kwartsporfier	1	1	2	—	—	—	2	—
Prick graniet	—	—	11	—	—	—	—	—
Pyterliet	1	—	10	1	—	—	—	—
Haga graniet	—	—	2	1	—	—	—	1
Donkere rapakiwi	—	—	3	—	—	—	—	—
Finse rapakiwi graniet	—	—	2	—	—	—	—	—
Finse rapakiwi granietporfier	—	—	6	2	—	—	4	—
Ytögraniet	—	—	1	—	—	—	—	—
Botnischegolf gneisgraniet	—	—	18	1	—	—	1	—
Tweeglimmergraniet Ångermanland	—	—	2	—	—	—	—	—
Ragunda graniet	—	—	1	—	—	—	—	—
Rode Oostzee kwartsporfier	1	—	9	1	—	1	2	—
Totaal groep I	41 = 36,6%	14 = 18,2%	216 = 93,1%	30 = 88,2%	15 = 11,6%	17 = 21%	32 = 58,2%	15 = 9,1%
Groep II								
Uppsala graniet	1	—	—	—	—	—	—	1
Sala graniet	—	—	—	—	2	—	—	—
Stockholm vlekkegraniet	—	—	—	—	—	—	—	1
Stockholm graniet	4	2	5	1	5	4	2	10
Stockholm vlekkenkwartsiet	—	—	—	—	—	—	—	1
Siljan graniet	—	—	—	—	1	—	—	—
Dalarna graniet	—	—	1	—	—	—	—	2
Bredvad porfier	12	6	2	—	11	3	6	6
Kallberg porfier	3	—	—	—	1	1	2	3
Sarna porfier	2	2	—	—	3	—	—	2
Heden porfier	—	1	—	—	2	—	—	—
Blyberg porfier	—	—	—	—	—	2	—	1
overige Elfdalen porfier	—	—	—	—	1	1	—	2
Grönklitt porfieriet	4	—	2	—	2	1	1	—
Venjan porfieriet	1	—	—	—	—	—	—	—
overige Dalarna porfier	7	3	—	—	7	1	—	4
Digerberg tuf(-fiet)	1	1	—	—	—	1	—	1
Bruine Oostzee kwartsporfier	2	2	1	—	5	1	1	8
Totaal groep II	37 = 33,0%	17 = 22,1%	11 = 4,7%	1 = 2,9%	40 = 31,0%	15 = 18,5%	12 = 21,8%	42 = 25,4%
Groep III								
Blekinge graniet	1	1	—	—	2	—	—	1
Rode Graversfors graniet	—	—	—	—	—	1	—	—
Grijze Växiögraniet	—	—	—	—	1	—	—	—
Vånevik graniet	—	—	—	—	—	—	—	1
overige Småland graniet	22	28	1	—	43	33	7	68
Kristalzuilen syenietporfier	—	—	—	—	—	1	—	—
Lönneberga porfier	1	1	—	—	3	—	—	—
overige Småland porfier	5	6	—	—	13	8	3	6
Småland eutaxiet	—	—	—	—	1	1	—	1
Småland kogelrots	1	—	—	—	—	—	—	—
Alminding graniet	1	—	—	1	4	1	—	7
Hammer graniet	—	—	—	—	—	—	—	1
Streep graniet	2	2	4	2	2	3	—	15
overige Bornholm graniet	—	—	—	—	—	—	1	—
Bazalt	1	8	—	—	5	1	—	3
Totaal groep III	34 = 30,3%	46 = 59,7%	5 = 2,2%	3 = 8,8%	74 = 57,4%	49 = 60,5%	11 = 20,0%	103 = 62,4%
Groep IV								
Rhombenporfier	—	—	—	—	—	—	—	4
Essexiet (bazaltisch)	—	—	—	—	—	—	—	1
Totaal groep IV	—	—	—	—	—	—	—	5 = 3,0%
Totaal aantal gidsgesteenten	112	77	232	34	129	81	55	165

LITERATUUROVERZICHT

- Baren, F.A. van, 1927. De bodem van Nederland, 2. Het Kwartair. Amsterdam (Van Looy).
- Bieleman, J., 1980. Aperçu statistique du Département de Drenthe. Bewerking van het Franse rapport van 1809-1810. – Nieuwe Drentse Volksalmanak, 97, pp. 36-46.
- Boekschoten, G.J., & H.J. Veenstra, 1967. Over stenenoriëntatie in het Nederlandse keileem. – Geol. en Mijnbouw., 46, pp. 195-205.
- Cnossen, J. & J.G. Zandstra, 1965. De oudste Boorneloop in Friesland en veen uit de Paudorftijd nabij Heerenveen. Boor en Spade, 14, pp. 62-87.
- Dubois, J., 1902. De geologische samenstelling en de wijze van ontstaan van den Hondsrug in Drenthe. – Verslag Kon. Akad. v. Wetensch. Amsterdam 11 (1).
- Edelman, C.H. & G.J. Maarleveld, 1958. Pleistozän-geologische Ergebnisse der Bodenkartierung in den Niederlanden. – Geol. Jb., 73, pp. 639-684, 26 Abb., Taf. 31-32, 3 Tab.
- Ehlers, J., 1978. Die quartäre Morphogenese der Harburger Berge und ihrer Umgebung. – Mitt. geograph. Gesellsch. Hamburg, 68, pp. 1-181.
- Ehlers, J. & H.J. Stephan, 1979. Forms at the base of tillstrata as indicators of ice movement. – Geol., 22 (87), pp. 345-355.
- Eskola, P., 1933. Tausend Geschiebe aus Letland. – Ann. Acad. Scient. Fennicae, (A), 39 (5).
- Jelgersma, S. & J.B. Breeuwer, 1975. Toelichting bij de kaart Glaciale verschijnselen gedurende het Saalien, 1:600.000. pp. 93-103. Haarlem (Rijks Geol. Dienst).
- Jonker, H.G., 1905. De stroomrichting van het diluviale landijs over Nederland. – Hand. 10e Nederl. Natuur- en Geneesk. Congres Haarlem.
- Kruizinga, P., 1918. Bijdrage tot de kennis der sedimentaire zwerfstenen in Nederland. – Verhand. Geol.-Mijnbouwk. Genootsch., Geol. Serie, 6, pp. 1-271, 1 tab.
- Ligterink, 1954. De Hondsrug en het dal van de oer-Eems. – Tijdschr. Kon. Nederl. Aardrijksk. Genootsch. 71, pp. 105-121.
- Lijn, P. van der, 1973. Het Keienboek, 6e druk bewerkt door G.J. Boekschoten. Zutphen (Thieme).
- Maarleveld, G.C., 1953. Syanden van het landijs in Nederland. – Boor en Spade, 6, pp. 95-105.
- Marczinski, R., 1968. Zur Geschiebekunde und Stratigraphie des Saaleglazials (Pleistozän) im nördlichen Niedersachsen zwischen Unterweser und Unterelbe, Rotenburger Schriften, Sonderheft 11, 132 pp.
- Meyer, K.-D., 1970. Zur Geschiebe-Führung des Ostfriesisch-Oldenburgischen Geestrückens. – (Abhandl. naturw. Ver. Bremen 37 (3/2), pp. 227-246.
- Miller, H., 1884. On boulder-glaciation. – Proc. Roy. Phys. Soc. Edinburgh, 8, pp. 156-189.
- Richter, K., 1932. Die Bewegungsrichtung des Inlandeises aus den Kritzen und Längsachsen der Geschiebe. – Zeitschr. für Geschiebe-Forsch., 8, pp. 62-66.
- Schuddebeurs, A.P., 1958. Pyriet van Drachten. – Grondboor en Hamer, 9/10, pp. 220-224.
- Schuddebeurs, A.P., 1980. Over enkele Noord-Nederlandse zwerfsteengezelschappen. – Grondboor en Hamer, 2, pp. 51-64.
- Schuddebeurs, A.P., 1980-1981. Die Geschiebe im Pleistozän der Niederlande. – Der Geschiebe-Sammler 13 (3/4), pp. 163-178; 14 (1), pp. 33-40; 14 (2/3), pp. 91-118, 1980, 14 (4), pp. 147-198; 15 (1/2), pp. 73-90; 15 (3), pp. 137-157; 15 (4), pp. 181-187, 1981. (Hierin uitgebreid literatuuroverzicht).
- Veenstra, H.J., 1963. Microscopic studies of boulderclay. Thesis (Rijks Univ. Groningen), pp. 1-211.
- Virkkala, K., 1958. Stone counts in the esker of Hämeenlinna, Southern Finland. – Bull. Comm. géol. de Finlande, 180, pp. 87-103.
- Waard, D. de, 1945. Bijdrage tot de kennis van het glaciale diluvium in het Gooi. – Gedenkboek Tesch. Verhand. Geol.-Mijnbouwk. Genootsch., Geol. Serie, 14, pp. 551-555.
- Waard, D. de, 1949. Glacigeeen Pleistoceen. Een geologisch detailonderzoek in Urkerland (Noordoostpolder). – Verhand. Kon. Nederl. Geol.-Mijnbouwk. Genootsch., 15, pp. 70-246.
- Wee, M.W. ter, 1962. The Saalian glaciation in the Netherlands. – Meded. Geol. Stichting (Nieuwe Serie), 15, pp. 57-76.

- Wee, M.W. ter, 1981. The Saalian glaciation in the Northern Netherlands. – Meded. Rijks Geol. Dienst, 34 (2), pp. 7-9.
- Zonneveld, J.I.S., 1975. Zijn de Noord-Nederlandse stuwwallen overreden of niet? – Berichten Fys.-Geogr. Afd. Geogr. Inst. Rijks Univ. Utrecht, 9, pp. 3-14.
- Zonneveld, J.I.S., 1977. Tussen de bergen en de zee, 4e druk. Utrecht (Bohn, Scheltema en Holkema), 332 pp.