

Over keileemstratigrafie en ijsbewegingsrichtingen in oostelijk Overijssel

Martin Rappol*, Sjoerd Kluiving** en Dick van der Wateren***

Met de aanleg van het nieuwe snelwegtracé van de E8 in oostelijk Overijssel kwam door ingraven in de heuvelrug Oldenzaal-Enschede een aantal ontsluitingen beschikbaar tussen Oldenzaal en De Lutte. De keileemstratigrafie in deze ontsluitingen, zoals die kon worden gereconstrueerd door middel van petrografisch en structureel onderzoek, is de meest complete in Nederland. Op grond van kleur- en textuurverschillen konden in het veld drie verschillende keilemen worden onderscheiden, die bleken te zijn afgezet tijdens drie verschillende bewegingsfasen van het landijs.

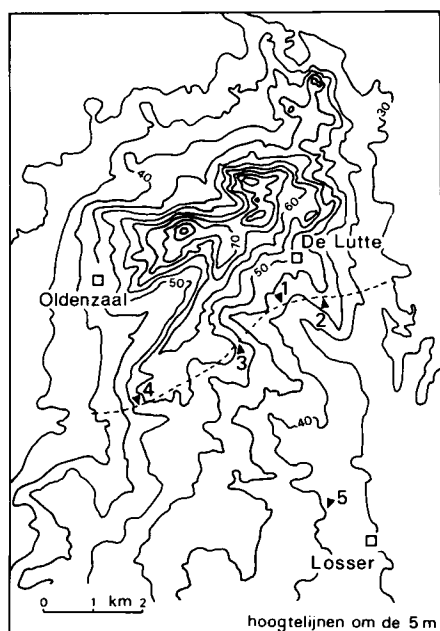


Fig. 1: Hoogtelijnenkaartje van het noordelijke deel van de rug Oldenzaal-Enschede, met ligging van de ontsluitingen langs het snelwegtracé. Ontsluitingen: 1, 2, 3 - De Lutte 1, 2, 3; 4. Oldenzaal; 5. groeve Osse bij Losser. Zie verder fig. 10 voor de ligging van enkele andere, in de tekst genoemde topografische aanduidingen.

Ligging en vroeger onderzoek

Het noordelijke deel van de rug Oldenzaal-Enschede heeft een opvallende morfologie. Het is een reliëfrijk gebied met, voor Nederlandse begrippen, steile hellingen en een sterk wisselende strekkingsrichting van de terreinruggen (fig. 1). Dit gebied culmineert in de Tankenberg (85 m) en Paaschberg (80 m), waarvan de toppen ruim 50 m boven het omliggende laagland uitsteken. In het algemeen wordt dit gebied beschouwd onderdeel te zijn van een

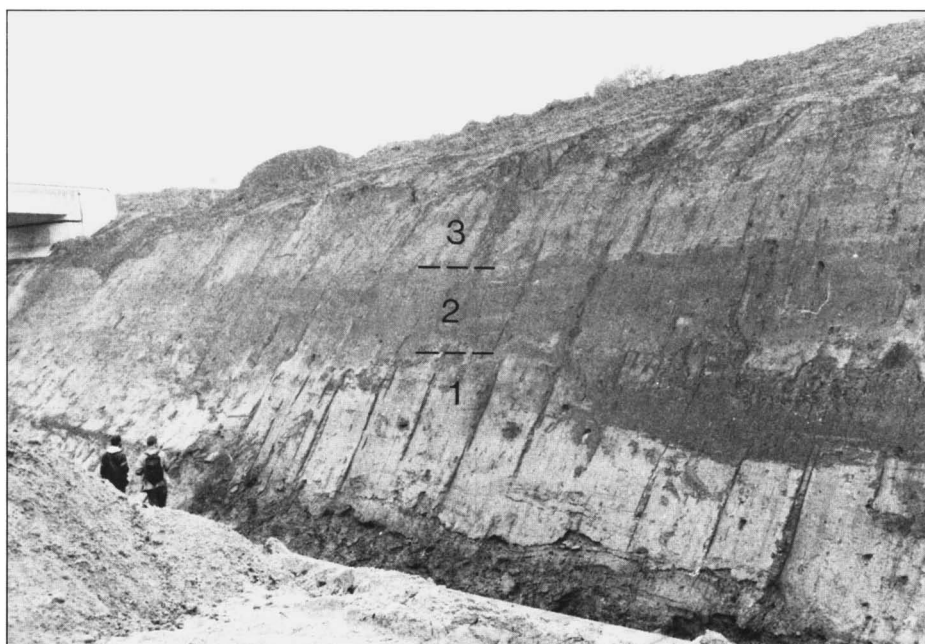


Fig. 2: Drie keilemen ontsloten in de noordelijke wand van ontsluiting De Lutte 2. Van keileem 1 is slechts het bovenste deel te zien, waarin de steilstaande structuren zijn vlak getrokken tijdens afzetting van keileem 2 en 3.

stuwwalboog rond het Nordhorneer bekken (Richter et al., 1951; van den Berg & Beets, 1987). Ten noordoosten van Oldenzaal duiden de dagzomen van de gestuwde formaties op een ijsdruk vanuit het noordoosten (fig. 2 in Alberts, 1979).

Het zuidelijke deel van de hoofdrug heeft een vrij vlak reliëf en een noord-zuid strekking. Over het ontstaan van dit deel van de rug, dat zich laat vervolgen tot in Duitsland (Alstätte), wordt verschillend gedacht. Volgens Römer (1982) gaat het hier om een preglaciaal aanwezige hoogte van tektonische oorsprong. Anderen beschouwen ook dit zuidelijke deel van de rug, in zijn geheel dan wel gedeeltelijk als stuwwal,

al dan niet bedekt of geflankeerd door een dik keileempakket (Maarleveld, 1953; van den Berg & Beets, 1987). Lorie (1887) vermeldt gestuwde lagen bij Enschede, die naar het noordoosten hellen en Maarleveld (1953) geeft stuwing aan in dit deel van de rug, waarbij de laaghelling naar het oosten is gericht. Ook Krul (genoemd in Römer, 1986) beschreef vanuit een oostelijke richting gestuwd keileem bij Enschede; Römer (1986) verklaart dergelijke verschijnselen echter als ontstaan door afglijdingen onder invloed van de zwaartekracht.

Van de keileem in oostelijk Overijssel benadrukken de meeste auteurs het lokale karakter (de Ridder & Wiggers,

1956; Römer, 1972; Spaink et al., 1978). Dit geeft aanleiding tot zeer zandige keileem, onder andere bij Vasse en Ootmarsum, of juist tot extreem kleirijke keileem (de Ridder en Wiggers, 1956). Wat de erratische componenten betreft, valt op dat de zwerfsteengezelschappen in de noordoostpunt van Overijssel een groot aandeel Oostbaltische gidsgesteenten bevatten (zie kaart in Zandstra, 1988), gelijk dit in nog sterkere mate in het Hondsruggebied het geval is. Ook in aangrenzende delen van Duitsland zijn Oostbaltische componenten rijkelijk aanwezig (zie o.a. Richter, 1958; Hesemann, 1975). Daarentegen overheersen in meer westelijk gelegen gebieden zwerfstenen afkomstig uit Zweden.

Over de bewegingsrichting van het landijs in deze streken is niet zo heel veel concreets bekend. Op grond van sleurverschijnselen op de stuwwal van Ootmarsum leidt Burck (1950) af dat het ijs zich bewoog in een zuidwestelijke richting tijdens overrijding van de stuwwal. In het model van ter Wee (1962) is de hoofdrichting naar het zuiden, in de vorm van langgerekte lobben, verantwoordelijk voor zijdelingse stuwing van de Sallandse en Twentse heuvelruggen. Römer (in Spaink et al., 1978: p. 3) vermeldt de aanwezigheid van gletsjerklassen op de Noricum zandsteen onder keileem in de groeve Osse bij Losser, die 'voor zover waarneembaar een met grote waarschijnlijkheid N-Z verloop hebben (helaas ontbreekt ons absolute zekerheid over deze richting)'. Een zuidwaartse ijsbewegingsrichting tijdens vorming van de keileem bij Losser is ook aannemelijk op grond van enkele steenoriëntatiemetingen (Rappol, 1983). Van den Berg & Beets (1987) veronderstellen een zuidelijke ijsbeweging voor oostelijk Overijssel op grond van de verbreiding van keileem: dikke keileempakketten bevinden zich vooral in de 'schaduw' (zuidzijde) van de eerder gevormde hoge stuwwallen.

Onderzoekresultaten

Van de in de loop der jaren onderzochte keileemprofielen in Overijssel en omstreken, bieden de ontsluitingen bij de Lutte de meest complete keileemsequentie. Op grond van kleur en textuur konden in het veld drie keilemen onderscheiden worden (fig. 2 en 3). Deze keilemen zijn alle van een vuursteenrijk type, maar in de onderste zowel als in de bovenste keileem zijn lenzen van vuursteen-arme keileemtypen aangetroffen.

Structurele kenmerken van het keileemprofiel duiden erop dat de drie kei-

lemen zijn afgezet tijdens verschillende fasen van de ijsbedekking, waarbij de bewegingsrichting van het ijs tussen de fasen sterk verschilde. Op grond van deze bewegingsrichtingen en de petrografische eigenschappen van de keilemen (vooral de aanwezigheid van

de vuursteen-arme keileemtypen), daarbij waarnemingen in nabij gelegen ontsluitingen betreffend, kunnen de aanwezige keilemen vrij eenduidig gecorreleerd worden met de keileemstratigrafie zoals die voor Noord-Nederland is opgesteld (fig. 4).

Een gemeenschappelijk kenmerk van de drie keilemen is dat ze veel lokaal materiaal bevatten, zowel in de matrix van de keileem, als in de vorm van gedeformeerde, maar praktisch onvermengde lenzen en lagen van preglaciale Tertiaire en Kwartaire afzettingen (o.a. klei, groenzand, zand van de Formatie van Enschede). Ook komen zo lenzen van fluvioglaciale afzettingen in de keileem voor. Op enkele plaatsen werd pure Tertiaire klei aangetroffen, die volkomen is gebreccieerd tot een materiaal bestaande uit hoekige brokjes klei, gelijk de 'Brockenmergel' uit Noord-Duitsland. Veelvuldig komen septariën in de keileem voor, daarnaast ook fosforieten, pyrietconcreties, en dergelijke. De grote hoeveelheid lokaal opgenomen materiaal blijkt verder uit het hoge relatief kwartsgehalte van het fijne grind in de keileem.

keileem 1

Keileem 1 omvat het grootste deel van het totale keileemprofiel. De basis van de keileem was nergens ontsloten, maar volgens een profiel in Beets et al. (1986: fig. 8) zou de keileemdikte meer

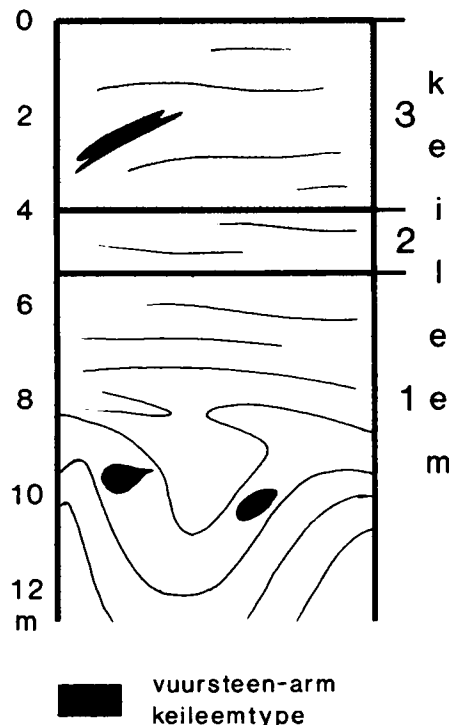


Fig. 3: Compilatie van de keileemstratigrafie in de ontsluitingen bij De Lutte.

Correlatie keileemstratigrafie in Overijssel (De Lutte) met die van Noord Nederland

Noord-Nederland		Overijssel	
Tweede Oostbaltische Keileem	Assen groep (Hondsrug) Rhenen groep (Gelderse Vallei)	↙	keileem 3 (Assen groep) ↘
Westbaltische Keileem	Heerenveen groep	↙	keileem 2 (Heerenveen groep, incl. Markelo type) ←
Eerste Oostbaltische Keileem	Voorst groep en onbenaemd keileemtype	↙	keileem 1 (Voorst groep en onben. type) ↓

Fig. 4: Correlatieschema van de keileemstratigrafie in Noord-Nederland en de keileemstratigrafie bij De Lutte. Pijlen geven de bewegingsrichting van het ijs tijdens vorming van de betreffende keileem. Benaming van keileemtypen en -groepen naar Zandstra (1983a).

dan 20 m zijn (tot meer dan 35 m op het hoogste deel van de rug ten zuiden van Oldenzaal), waarvan keileem 2 en 3 maximaal 6 m uitmaken. Volgens genoemd profiel zou zich tussen de keileem en de preglaciale ondergrond nog een dunne laag fluvioglaciaal materiaal bevinden.

Zowel bij Oldenzaal als in de ontsluiting De Lutte 2 bevat keileem 1 veel steil staande structuren als gevolg van glaciotektonische compressie. De grote dikte van keileem 1 lijkt daarom ten minste gedeeltelijk een gevolg van verdikking door stuwning. In de bovenste 2-4 m van keileem 1 zijn de steil staande structuren door latere ijsbewegingen uitgesmeerd, en vertoont de keileem een vlakliggende structuur, gelijk aan die van keileem 2 en 3. Het is steeds keileem die gestuwd wordt aangetroffen; nergens zijn grootschalige schubben van omhoog gestuwde preglaciale afzettingen waargenomen.

Van de drie onderscheiden keilemen is keileem 1 de minst kleirijke en ook de minst zandige (fig. 5). De verschillen zijn echter gering en overlappend. Keileem 1 heeft vooral veel glauconiet-rijk zand opgenomen, dat in het algemeen een piek vertoont in de zeer fijne zandfractie en bovendien veel grof silt bevat.

Keileem 1 is van een vuursteen-rijk type ($F/C = 0,20-0,30$), hetgeen overigens ook geldt voor keileem 2 en 3 (fig. 6). In ontsluiting De Lutte 2 bevat keileem 1 enkele ronde tot ovale inschakelingen van een rode, zeer steen- en kalkrijke, vuursteenarme keileem, die alle kenmerken van de zogenaamde schollenkeileem uit de Noordoostpolder (de Waard, 1949) bezit en door Zandstra (1983b) tot het Voorst-type wordt gerekend. Eén van deze lenzen bevatte echter wel wat vuursteen, maar toch ook zeer veel kalksteen en had bovendien de voor de schollenkeileem kenmerkende korrelgrootteverdeling in de zandfractie (fig. 5B).

Een noord-zuid voorkeursrichting werd gemeten aan langwerpige stenen in het westelijke deel van de ontsluiting De Lutte 1 (fig. 7), op een plek waar de keileem niet of nauwelijks door stuwning leek beïnvloed. Eenzelfde richting werd meer kwalitatief vastgesteld in De Lutte 2. Deze richting komt overeen met de richting voor keileem in groeve Osse bij Losser, waaraan al eerder werd gerefereerd, welke keileem bovendien uiterlijk soortgelijke eigenschappen vertoont als keileem 1 bij De Lutte. In de keileem van Losser zijn echter nooit inschakelingen van een vuursteen-arm keileemtype aangetroffen en het zwerfsteengezelschap wordt

A

keileem	grind	zand	silt	klei
3	1,0 - 1,4	53,4 - 61,9	20,1 - 27,7	14,9 - 18,3
2	1,6 - 1,9	51,1 - 63,5	18,2 - 35,1	11,4 - 16,6
1	1,4 - 1,6	50,5 - 59,8	30,4 - 39,4	6,4 - 11,9

Gegevens hebben betrekking op de fractie kleiner dan 16 mm, van vier monsters per keileem

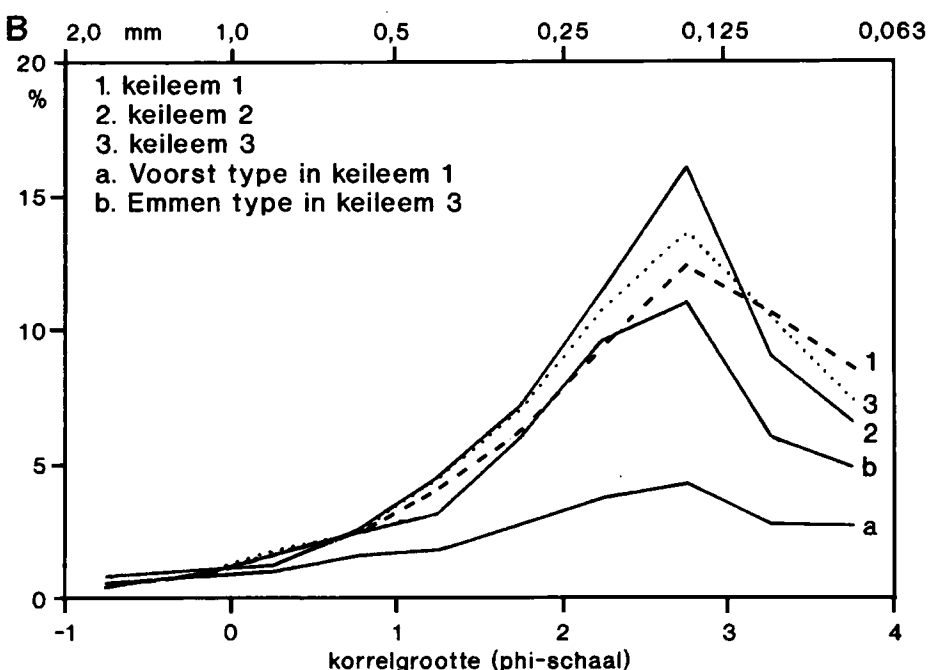


Fig. 5: A. Variatie in de korrelgrootteverdeling voor keileem bij De Lutte. Van elke keileem zijn vier monsters bewerkt. B. Korrelgrootteverdeling van de zandfractie van enkele keileemmonsters, waarbij de fractie < 2 mm 100% is.

hier overheerst door het Zuidbaltische herkomstgebied (zie kaart in Zandstra, 1988).

We nemen aan dat deze zuidwaartse ijsbeweging ook de vroegste Saalien ijsbewegingsrichting voor dit gebied is geweest. Vanwege de latere stuwning en het voorkomen van de insluitsels van het Voorst-keileemtype, is keileem 1 te correleren met de Eerste Baltische Keileem van Noord-Nederland, waarvoor een zuidwestelijke ijsbeweging werd verondersteld (fig. 4).

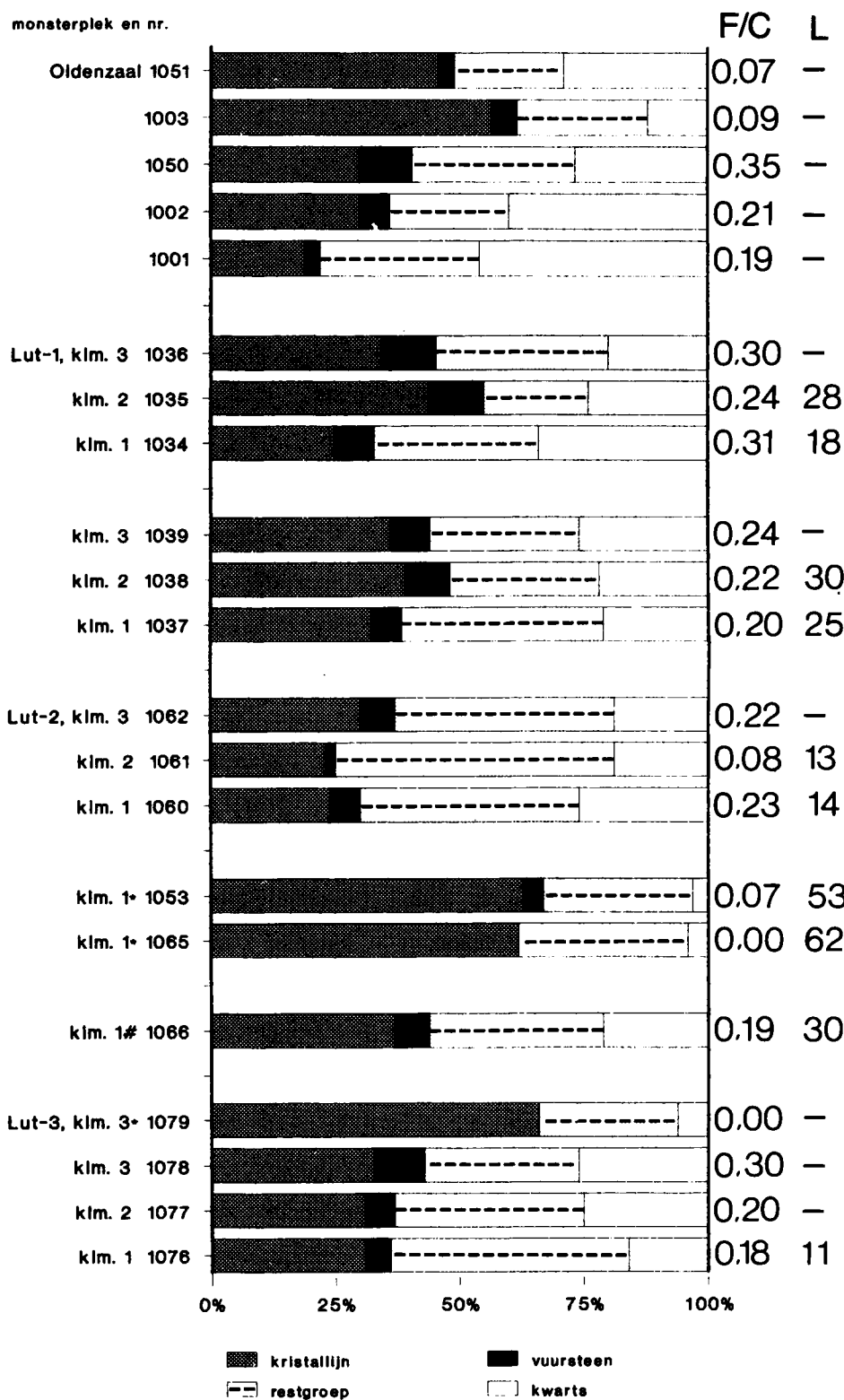
Oriëntaties van de grootschalige glaciotektonische structuren in keileem 1 duiden op een ijsdruk uit het oosten. Deze stuwning moet hebben plaats gevonden vóór afzetting van keileem 2,

aangezien deze laatste niet door deze vorm van glaciotektoniek is beïnvloed.

Keileem 2

In De Lutte 2 ligt keileem 2 als een aaneengesloten dek op het vlakliggende deel van keileem 1, maar in De Lutte 1 en 3 is keileem 2 discontinu aanwezig. Keileem 2 heeft slechts een geringe dikte (meestal < 1,5 m). De keileem is iets zandiger en steenrijker dan de beide andere keilemen (fig. 5). Keileem 2 en het bovenste deel van de gestuwde pakketten van keileem 1 zijn sterk gedeformeerd tijdens afzetting van keileem 3, zodat het meten van de steenoriëntatie in keileem 2 weinig zin had. Wel werden op enige diepte, beneden

grindsamenstelling (3-5 mm)



* vuursteen-arm keileem type
grindlens in keileem 1

Fig. 6: Enkele resultaten van grindtellingen in de ontsluitingen bij Oldenzaal en De Lutte. F/C - vuursteen-coëfficiënt, L - % van de kalksteengroep. De vuursteencoëfficiënt is het aantal vuursteen deeltjes gedeeld door het aantal kristallijne gesteentefragmenten.

de zone die werd gedeformeerd tijdens afzetting van keileem 3, nog sleurverschijnselen waargenomen die dui-

den op een ijsbeweging vanuit het oosten. Dit is dus dezelfde richting als die verantwoordelijk was voor de vor-

ming van de grootschalige glaciotektonische structuren in keileem 1. Een westelijke bewegingsrichting tijdens vorming van keileem 2 kan worden ondersteund op grond van waarnemingen in een kleine groeve bij Oldenzaal, waar een profiel zoals geschetst in fig. 8 was ontsloten. In het bovenste deel van het pakket, waar de keileembanding bijna horizontaal is, werd een oost-west voorkeursrichting gemeten (fig. 7). Het bovenste monster van de keileem en het monster van een grindige zandlens vertonen de kenmerken van het Markelo type, zoals dit voorkomt bij Markelo ($0,04 \leq F/C \leq 0,10$), en waarvoor ook een ijsbeweging in westelijke richting werd aangetoond (Rappol, 1985).

Op grond van de aanwijzingen voor de ijsbewegingsrichting tijdens vorming van keileem 2 bij De Lutte en de kenmerken van de bovenste keileemlagen bij Oldenzaal, correleren we keileem 2 van De Lutte met het Markelo type. Echter, bij De Lutte komt dit type niet zuiver voor. Slechts in één van de vier monsters van keileem 2 werd een met het Markelo type overeenkomstig laag vuursteengehalte gevonden; de andere monsters bevatten een gelijke hoeveelheid vuursteen als keileem 1 en 3 (fig. 6). Het is waarschijnlijk dat omwerking van keileem 1 in keileem 2 de oorzaak is van de geringe differentiatie in samenstelling van deze keilemen.

Wat de ligging betreft, komt keileem 2 overeen met de oppervlakte keileem bij Steenwijk, die tot het Heerenveentype gerekend moet worden, en vooral een Zweeds herkomstgebied heeft. Ook in de keileem van het Markelo type op de 'type-locatie' is een overwegend Westbaltisch zwerfsteengezelschap vastgesteld (telling Schuddebeurs en Jager in Zandstra, 1983a).

Keileem 3

Keileem 3 is in alle ontsluitingen bij De Lutte aangetroffen en heeft daar een maximale dikte van ca. 4 m, maar is afwezig in de ontsluiting bij Oldenzaal.

Keileem 3 is de meest kleirijke (15,1-18,5%), maar is wel steeds in ontcalcate toestand aangetroffen. Ontcalcating zal het kleigehalte iets aanreiken, maar bovendien viel bij de behandeling van de monsters op dat keileem 3 opvallend veel kleiballetjes bevat. Ook in het veld werd op enkele plaatsen duidelijke banden met een groot aantal dunne kleilenzen waargenomen.

Een steenoriëntatiemeting in keileem 3 van ontsluiting De Lutte 1 laat een

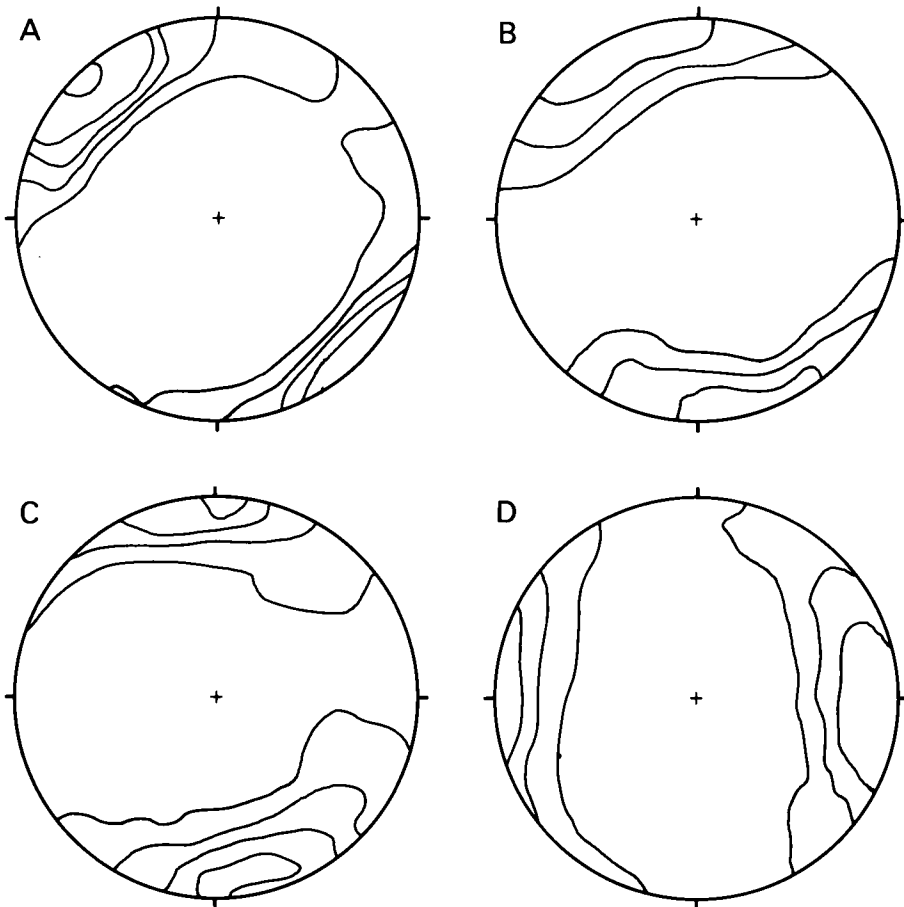


Fig. 7: Steenoriëntatiemetingen in keuleem van de ontsluitingen bij De Lutte en Oldenzaal. De metingen zijn gecontournd volgens de methode van Kamb (1959) op de onderste bolhelft. Eigenvector V geeft de gemiddelde richting en eigenwaarde S is een maat voor de spreiding rond deze richting ($0,33 \leq S \leq 1,00$, waarbij de spreiding groter wordt naarmate de waarde kleiner; zie Mark, 1973). A. De Lutte 1, Keuleem 3, 2 m o.m.; $V = 317^\circ/5^\circ$, $S = 0,72$. B. De Lutte 3, vuursteen-arme lens in keuleem 3, 2,5 m o.m.; $V = 340^\circ/2^\circ$, $S = 0,65$. C. De Lutte 1, Keuleem 1, 7 m o.m.; $V = 170^\circ/6^\circ$, $S = 0,68$. D. Oldenzaal, bovenste deel keuleemprofiel (ongestuwde keuleem), 1,5 m o.m.; $V = 90^\circ/7^\circ$, $S = 0,69$.

noordwest-zuidoostelijke voorkeur zien (fig. 7). Uit deformatiestructuren in en onder deze keuleem kan niet anders dan tot een beweging in zuidoostelijke richting worden geconcludeerd. De deformatiestijl is een zeer typische, die bestaat uit een doorgaande en hoge mate van deformatie, waarbij de lagen vele malen herplooid en uitgetrokken worden in de richting van de ijsbeweging. De lengterichting van aldus ontstane geïsoleerde plooiokoppen liggen alle in dezelfde richting, evenwijdig aan de ijsbeweging. In ontsluitingen met aansneden loodrecht op de ijsbewegingsrichting resulteert dit in concentrische, oog-vormige structuren. Fig. 9 geeft een scheve doorsnede van een dergelijke plooi vorm, die in het Engels 'sheath fold' of 'sock fold' wordt genoemd (zie Kluiving et al., 1991, voor meer details over dit onderwerp).

Slechts op één plaats, in ontsluiting De Lutte 3, werd in keuleem 3 een lens kleirijke, vuursteen-arme keuleem aangetroffen. De kleirijkheid van deze kei-

leem komt voor een deel op rekening van de opgeloste kalkstenen, die er oorspronkelijk in groten getale aanwezig moeten zijn geweest, gezien het grote aantal holten ontstaan door oplossing van de kalksteenfragmenten. Een steenoriëntatiemeting in deze keuleem, tezamen met de aanwezige deformatiestructuren, doet besluiten tot een ijsbeweging in zuidzuidoostelijke richting. Gezien het voorkomen van dit vuursteen-arme type in keuleem 3 en de gemeten voorkeursrichting van langwerpige steentjes moet keuleem 3 tot de Tweede Oostbaltische Keuleem (zie fig. 4) worden gerekend, waarin in het Hondsruggebied soortgelijke richtingen zijn waargenomen (Rappol, 1984).

In feite ligt een zuidzuidoostelijke bewegingsrichting in dit deel van Overijssel binnen het verwachtingspatroon op grond van de bestaande kennis van de verspreiding der zwerfstenen. Uit de kaart van Zandstra (1988) blijkt dat in dit gebied eenzelfde Oostbaltische

zwerfsteenassociatie voorkomt als in het Hondsrug gebied. Het Emmen keuleemtype, dat beschouwd kan worden als karakteristiek voor deze gezelschappen, kon tijdens dit onderzoek aangetoond worden voor de ontsluitingen bij Wielen, Ootmarsum en De Lutte 3. Ook in keuleem op de stuwwal van Emsbüren vond Meyer (1988) een zuidzuidoostelijk steenoriëntatie.

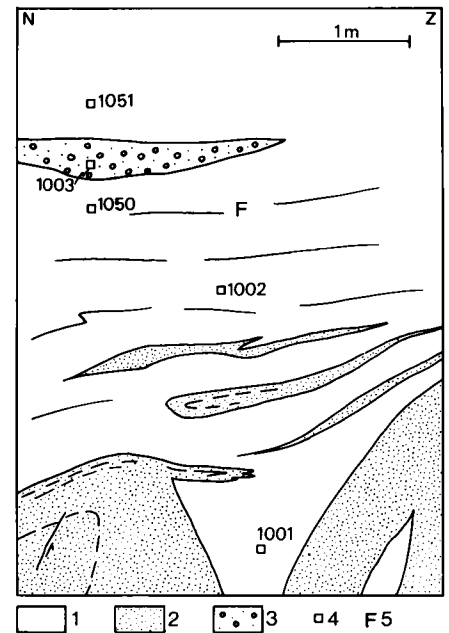


Fig. 8: Karakteristiek van de ontsluiting ten zuiden van Oldenzaal. 1. keuleem, 2. lemig zand, 3. zandig grind, 4. monsterplek met monsternummer, 5. plaats van steenoriëntatiemetingen.

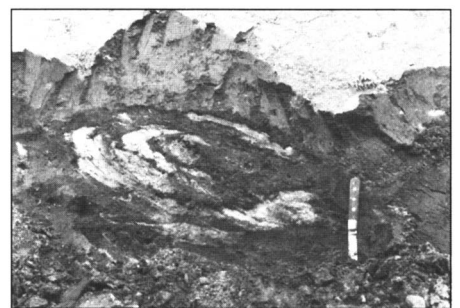


Fig. 9: Scheve doorsnede van een geïsoleerde plooi in keuleem 1 van De Lutte 1. Typisch voorbeeld van een 'sheath fold' bij een oost-west-doorsnede, onder een hoek van 45° met de bewegingsrichting van het ijs (naar het zuidoosten).

Bespreking

De opeenvolging zoals gevonden bij De Lutte laat zich goed correleren met die welke voor Noord-Nederland is opgesteld (fig. 4). In beide gevallen is het onderste keuleempakket gestuwd en komt hierin de vuursteen-arme, zeer kalkrijke keuleem van het Voorst type

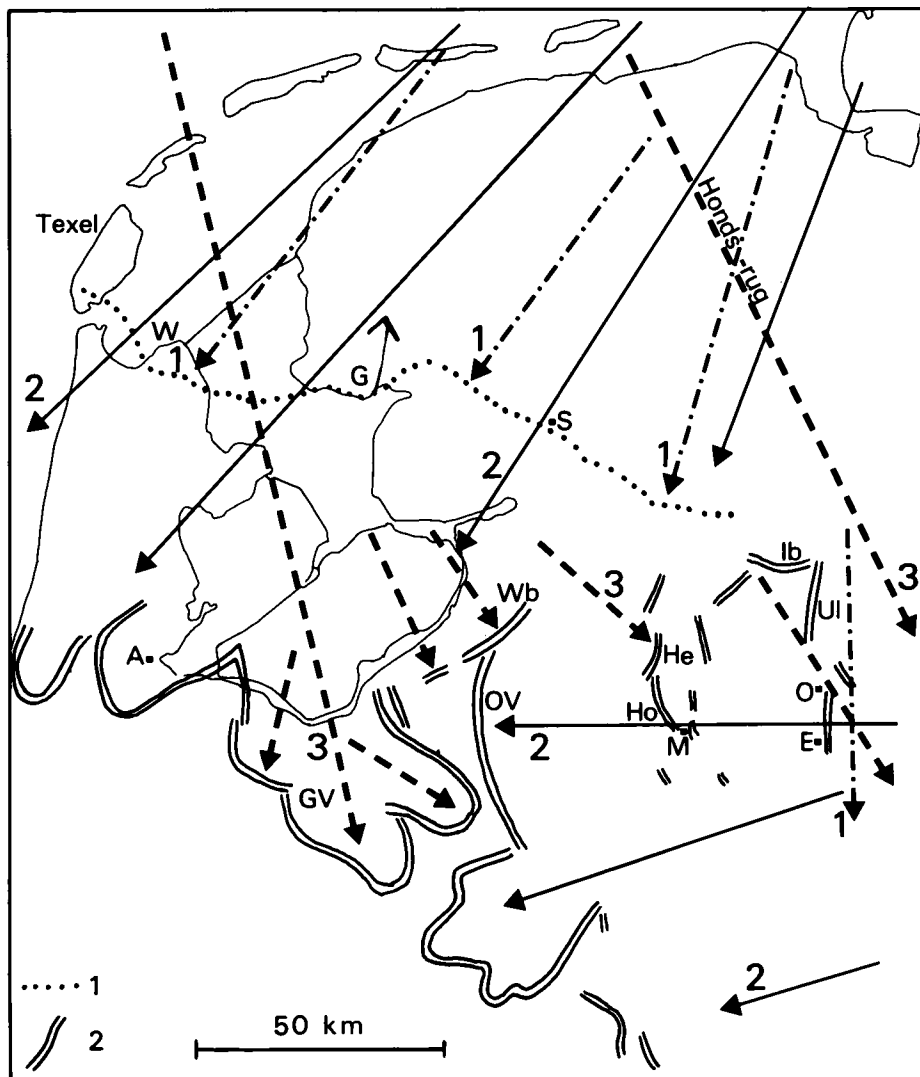


Fig. 10: Reconstructie van de regionale invloed en richting van ijsbewegingen in Nederland (pijlen, waarbij 1 = oudste). Overige aanduidingen: 1. zuidgrens van de Noordnederlandse keileemvlakte; 2. stuwwallen. Plaatsen: A - Amsterdam; E - Enschede; G - Gaasterland; GV - Gelderse Vallei; M - Markelo; O - Oldenzaal; S - Steenwijk; T - Texel; W - Wieringen. Struwallen: He - Hellendoornse Berg; Ho - Holterberg; lb - Itterbeck; Ov - oostelijke Veluwe; Ul - Uelsen; Wb - Woldberg

voor. Keileem 2 ligt daar ongestuwd overheen; hetzelfde werd bij Steenwijk waargenomen (Rappol et al. 1989). Bij Steenwijk ontbreekt de Oostbaltische keileem van het Hondsruggebied, gelijk dit in de ontsluiting van Oldenzaal het geval is, maar bij De Lutte vertegenwoordigt keileem 3 deze laatste fase van de ijsbedekking.

Met uitzondering van de inschakelingen van vuursteen-arme keileem, vertonen de onderscheiden keilemen bij De Lutte onderling geen opvallende verschillen in samenstelling. De drie keilemen bevatten alle vrij veel lokaal opgenomen materiaal. Het is dan aanmerkelijk te veronderstellen dat ook eerder afgezette keileem tijdens volgende fasen ten dele sterk werd omgewerkt en opgenomen in jongere keileem.

In een recent nummer van dit tijdschrift

meent Schuddebeurs (1990) nog dat er geen aanwijzingen zijn voor een ijsbeweging in een zuidzuidoostelijke richting volgens de strekking van de ruggen van het Hondsrug systeem in Noord-Nederland. Het landijs zou alleen vanuit het noordoosten Nederland zijn binnengedrongen. Om tot deze conclusie te kunnen geraken, moesten wel enige feiten over het hoofd worden gezien. Directe aanwijzingen voor een ijsbeweging in een zuidzuidoostelijke richting, zowel in Nederland als in het aangrenzend deel van Duitsland, zijn te vinden in publicaties van Richter (1950), Schröder (1978), Schuddebeurs (1982), Rappol (1983, 1984) en Meyer (1988). Verder vond Lebon (1980) aanwijzingen dat de stuwwal van Sibculo in een zuid-oostelijke richting is overreden. Deze bevindingen worden nog eens ondersteund door de resultaten verkregen uit het hier gepresenteerde onder-

zoek in oostelijk Overijssel. Er lijkt ons daarom geen enkele reden voor twijfel betreffende een zuidzuidoostelijke bewegingsrichting van het landijs in Noord- en Oost-Nederland. Evenmin kan er twijfel bestaan over het feit dat deze richting de laatste ijsbewegingsrichting van betekenis is geweest, en niet, zoals Ehlers (1990) onlangs suggereerde, de oudste beweging van het Saalien landijs vertegenwoordigt, waarbij dan de Oostbaltische keileem van het Hondsruggebied later vanuit het oosten zou zijn aangevoerd.

Dergelijke opvattingen vloeien voort uit een wijdverbreid misverstand, als zouden er conclusies kunnen worden getrokken over de ijsbeweging in het afzettingsgebied op grond van de samenstelling van de keileem, en met name op grond van de herkomst van de zwerfkeien. Een dergelijke werkwijze is fundamenteel onjuist. De bewegingsrichting van het landijs in Nederland en Noord-Duitsland kan alleen worden afgeleid uit de richtingskenmerken van deformatiestructuren (inclusief steenoriëntatie) in keileem, en waar dergelijke richtingen gerelateerd kunnen worden aan bepaalde landschapsvormen, kan ook de landschapsvorm als indicatief voor de bewegingsrichting van het landijs worden beschouwd (zoals de ruggen van het Fries-Drents keileem-plateau). Voor de gevolgde route van zwerfstenen tijdens hun transport in het ijs geldt: vele wegen leiden van Scandinavië naar Nederland.

De op dit moment bekende voorkomens van het vuursteen-arme keileemtype van de Eerste Baltische Keileem (schollenkeileem, Voorst-type) lijken grotendeels gebonden aan de reeks van lage stuwwallen langs de zuidzijde van het Fries-Drents keileem-plateau, waarbij we dan ook de voorkomens bij Urk en Kraggenburg (N.O.P.) moeten betrekken. Tevens is dit keileemtype nu aangetoond in het oostelijke deel van de stuwwalzone die tot de Rehburger fase wordt gerekend. Dit laatste betreft dan de ontsluiting bij De Lutte en een mogelijk voorkomen bij Emsbüren (Meyer, 1988). Misschien is dit een aanwijzing dat de voortzetting van de Rehburger fase in Nederland gezocht moet worden in de stuwwallen reeks van Steenwijk-Gaasterland-Wieringen- Texel (fig. 10), vroeger aangeduid als het Drenthe Stadium (Brouwer, 1950). Thome (1959) en Zonneveld (1975) zinspeelden al eerder op een dergelijke correlatie.

Een laatste punt betreft de betekenis van de westelijke ijsbeweging van keileem 2 voor het regionale beeld van de ijsbedekking. Boissevain (1946) en

Crommelin & Maarleveld (1949) hebben verondersteld dat de belangrijkste fase van stuwving voor de oostelijke Veluwe frontaal vanuit het oosten plaats vond. Een argument hiervoor was onder andere de onevenredige grootte van de stuwwal van de oostelijke Veluwe in vergelijking met die van Overijssel en de Achterhoek. Dit idee is veelal verlaten in latere publikaties, waarin een zijdelingse stuwving vanuit het IJsseldal wordt aangenomen. Burck (1950: p. 35) vat de kritiek als volgt samen: '1e door de aandacht te concentreren op een ijstroom uit het Oosten wordt uit het oog verloren dat er aan de randen van het IJsseldal ook stuwvingen zijn veroorzaakt door een ijstong welke in het dal heeft gelegen; 2e voor de ijstroom uit het Oosten ontbreken nog de bewijzen'.

Dit laatste is niet meer het geval en er is daarom een goede reden om terug te komen op een stuwving van de oostelijke Veluwe door een ijsbeweging vanuit het oosten. Zonneveld (1975) wees er al op dat de langwerpige tongvormige ijslobben in oostelijk Nederland in het model van ter Wee (1962) een onwaarschijnlijk schouwspel vertegenwoordigen. Het ligt veel meer voor de hand dat deze heuvels, met de stuwwal van de oostelijke Veluwe, ten dele vanuit het oosten zijn gestuwd (met uitzondering van enkele stuwwallen in het noordelijke deel van het gebied, waaronder het noordelijke deel van de stuwwal van Nijverdal en de stuwwal van Sibculo).

Een beweging naar het westen is nu waargenomen in ontsluitingen bij Markelo, Oldenzaal en De Lutte. Bovendien heeft de Waard (1952) een bewegingsrichting naar het noordwesten geconstateerd op grond van sleurverschijnselen in fijnkorrelige afzettingen op de oostelijke Veluwe stuwwal bij Hattem. Verder vertegenwoordigt de gebogen vorm van de oostelijke Veluwe-stuwwal toch een bijna klassiek voorbeeld van een frontaal gevormde stuwwal. Waarmee niet gezegd wil zijn dat deze stuwwal tijdens een vroegere of latere fase niet ook gedeeltelijk gestuwd kan zijn door een ander ijsslichaam. Het noordelijk deel van de Helleendoornse Berg bij Nijverdal en de Archemerberg zijn zonder twijfel vanuit een westelijke of noordwestelijke richting gestuwd (Burck, 1950; de Jong, 1955). Wij plaatsen de stuwving van deze heuvels liefst in tijd gelijk met die van het noordelijke deel van de oostelijke Veluwe (Woldberg), die Maarleveld (1981) in een late fase vanuit het noordwesten laat opstuwven (fig. 10). Deze laatste stuwingsfase, waartoe we ook de Stakenberg en Gelderse Vallei om-

randing rekenen, gaat samen met vorming van de Tweede Oostbaltische Keileem.

Vanouds wordt de zuidzuidoostelijke ijsbeweging voor de Gelderse Vallei in het begin van de landijsbedekking geplaatst (Maarleveld, 1953; ter Wee, 1962; Zandstra, 1986; Ehlers, 1990). Op zich zijn er geen doorslaggevende bewijzen voor vorming van de Gelderse Vallei in een vroege dan wel late fase van de landijsbedekking. Voorstanders van vorming in een vroege fase veronderstellen dat het landijs in eerste instantie de grote rivierdalen volgde. Vorming in een late fase (Rappol, 1985; Rappol et al., 1989) doet naar onze mening echter iets meer recht aan de wetenschappelijke eis voor eenvoud. Het aantal noodzakelijke fasen in de landijsbedekking van Nederland wordt er door gereduceerd, zonder dat enig feit daarbij geweld wordt aangedaan. De zuidzuidoostelijke ijsbeweging in de Gelderse Vallei valt dan samen met eenzelfde ijsbewegingsrichting in het Hondsruggebied en oostelijk Overijssel. Bovendien zijn de meest talrijke gidsgesteenten in beide gebieden afkomstig van dicht bij elkaar gelegen herkomstgebieden, respectievelijk Uppland en de Åland eilanden en zijn er ook andere overeenkomsten in de petrografische opbouw van de keileemprofielen.

Dankwoord

Onze dank geldt Ed van de Meene, die ons opmerkzaam maakte op het feit dat er meerdere keilemen aanwezig waren in de ontsluitingen bij De Lutte en Kier van Gijssel, Maarten van Ginckel, Jaap van der Meer en Frank van Tatenhove voor hulp bij metingen van steenoriëntaties en voor besprekingen in het veld.

Summary

Till sections at De Lutte, eastern Netherlands, show three superposed till layers. On the basis of structural and petrographic analyses, the tills can be assigned to three glacial events with different directions of ice movement. Till 1 (the lowest till) was deposited during ice movement in a southerly direction, till 2 by ice movement towards west, and during formation of till 3 ice moved in a south-southeasterly direction. On the basis of these directional properties and because of the presence of distinctive flint-poor till types in till 1 as well as in till 3, this till stratigraphy can be correlated quite well with an earlier established till stratigraphy for the northern Netherlands (fig. 4).

Adressen van de auteurs:

- * Prinsengracht 210c, 1016 HD Amsterdam.
- ** Fysisch-Geografisch en Bodemkundig Laboratorium, Universiteit van Amsterdam, Nieuwe Prinsengracht 130, 1018 VZ Amsterdam.
- *** Rijks Geologische Dienst, Postbus 157, 2000 AD Haarlem.

Literatuur

- Alberts, W. 1979. Over de geologie en geomorfologie van de stuwwal van Oldenzaal. Grondb. Hamer 33, p. 163-168.
- Beets, D.J., Berg, M. van den & Ruegg, G.H.J. 1986. Saalian glacial deposits and morphology in The Netherlands. In: Preprints INQUA Symposium on 'Tills and endmoraines in The Netherlands and NW Germany. University of Amsterdam, September 1986, 22 pp. Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Berg, M.W. van den & Beets, D.J. 1987. Saalian glacial deposits and morphology in The Netherlands. In: J.J.M. van der Meer, ed.: Tills and Glaciotectonics, p. 235-251. Balkema, Rotterdam.
- Boissevain, H. 1946. De ligging van de stuwwallen in Nederland. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 2e R., 63, p. 419-423.
- Brouwer, A. 1950. De glaciogene landschapstypen in Nederland. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 2e R., 67, p. 20-32.
- Burck, H.D.M. 1950. De bewegingsrichting van het landijs in oostelijk Midden Nederland. In: D. de Waard, red.: Sporen der IJstijd. Ned. Geol. Ver., Publ. 8, p. 34-43.
- Crommelin R.D. & G.C. Maarleveld: 1949. Een nieuwe geologische kaartering van de zuidelijke Veluwe. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen., 2e R., 66, p. 41-56.
- Ehlers, J. 1990. Reconstructing the dynamics of the North-West European Pleistocene ice sheets. Quat. Sci. Rev. 9, p. 71-83.
- Hesemann, J. 1975. Geologie Nordrhein-Westfalens. Bochumer Geogr. Arb., Sonderreihe Bd. 2, 416 pp. Schöningh, Paderborn.
- Jong, J.D. de 1955. Geologische onderzoekingen in de stuwwallen van oostelijk Nederland. Meded. Geol. St., N.S. 8, p. 33-58.
- Kamb, N.B. 1959. Ice petrofabric observations from Blue Glacier, Washington, in relation to theory and experiment. J. Geoph. Res. 64, p. 1891-1899.
- Kluiving, S.J., M. Rappol & F.M. van der Wateren 1991. Till stratigraphy and glaciotectonics in eastern Overijssel, The Netherlands. Submitted to Boreas.
- Lebon, C. 1980. Verslag van een geomorfologische kartering in de omgeving van Berghem, Noordoost-Overijssel en een onderzoek naar de samenstelling van het grint (5-8 mm) in dit gebied. Doct. scriptie, 70 pp. Fys. Geogr. Bodemk. Lab., Univ. Amsterdam.

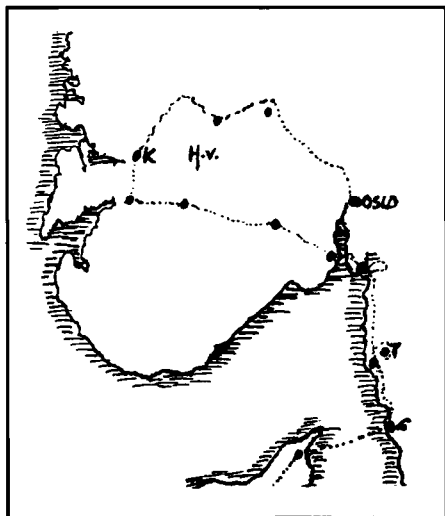
- Lorié, J. 1887. Beschouwingen over het Diluvium van Nederland. Tijdschr. Kon. Ned. Aardr. Gen. 4, p. 383-453.
- Maarleveld, G.C. 1953. Standen van het landijs in Nederland. Boor en Spade 6, p. 95-105.
- Maarleveld, G.C. 1981. The sequence of ice-pushing in the central Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst 34, p. 2-6.
- Mark, D.M. 1973. Analysis of axial orientation data, including till fabrics. Geol. Soc. Am. Bull. 84, p. 1369-1374.
- Meyer, K.-D. 1988. Geologische Karte von Niedersachsen 1:25.000. Erläuterungen zu Blatt Nr. 3609 Schüttorf. 111 pp. Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover.
- Rappol, M. 1983. Glacigenic properties of till. 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. Eisz. Gegenwart, 34, p. 7-27.
- Rappol, M. 1985. Enkele nieuwe resultaten en een overzicht van het onderzoek naar de aard van steenoriëntatie in keileem. Grondb. Hamer 39, p. 88-97.
- Rappol, M., S. Haldorsen, P. Jörgensen, J.J.M. van der Meer, & H.M.P. Stoltenberg, 1989: Composition and origin of petrographically-stratified thick till in the northern Netherlands and a Saalian glaciation model for the North Sea Basin. Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol. 26, p. 31-64.
- Richter, K. 1950. Die Entwicklungsgeschichte der Täler zwischen Lathen und Verden/Aller. Geol. Jb. 65, p. 641-656.
- Richter, K. 1958. Geschiebegrenzen und Eisrandlagen in Niedersachsen. Geol. Jb. 76, p. 223-234.
- Richter, W., H. Schneider & R. Wager 1950: Die Saaleeiszeitliche Stauchzone von Iiterbeck-Uelsen (Grafschaft Bentheim). Z. Deutsch. Geol. Ges. 102, p. 60-75.
- Ridder, N.A. de & A.J. Wiggers 1956: De korrelgrootte-verdeling van de keileem en het proglaciale zand. Geol. Mijnbouw N.S. 18, p. 287-311.
- Römer, J.H. 1972: Waarnemingen over de beweging van het landijs in Overijssel. Grondb. Hamer 26, p. 175-181.
- Römer, J.H. 1982: Over het ontstaan van de heuvelrug Oldenzaal-Enschede-Altstätte (geen stuwwal, geen verschubbing). Grondb. Hamer 36, p. 2-10.
- Römer, J.H. 1986. Solifluctie onder Enschede. Grondb. Hamer 40, p. 100-103.
- Schröder, E. 1978. Geomorphologische Untersuchungen im Hümmling. Gött. Geogr. Abh. 70, 113 pp.
- Schuddebeurs, A.P. 1982. Zwerfsteentellingen in Noord-Nederland. Meded. Werkgr. Tert. Kwart. Geol. 19, p. 81-108.
- Schuddebeurs, A.P. 1990. De zwerfstenen van het Drentse Plateau. Grondb. Hamer 44, p. 120-127.
- Spaink, G., J.H. Römer en W.F. Anderson, 1978. Het Eoceen in de lokaalmoraine van Losser. Staringia 4, 39 pp.
- Thome, K.N. 1959. II. Das Inlandeis am Niederrhein. Eisvorstoss und Flussregime an Niederrhein und Zuider See im Jungpleistozän. Fortschr. Geol. Rheinl. u. Westf. 4, p. 197-246.
- Waard, D. de 1949. Glacigeeen Pleistoceen. Een geologisch detailonderzoek in Urkerland (Noordoostpolder). Verh. Ned. Geol.-Mijnb. Gen., Geol. Ser. 15, p. 70-246.
- Waard, D. de 1952. Direction of the Pleistocene ice-flow as determined by measurements on folds. Geol. Mijnbouw 14, p. 44-45.
- Wee, M.W. ter 1962. The Saalian glaciation in the Netherlands. Meded. Geol. St., N.S. 15, p. 57-76.
- Zandstra, J.G. 1983a. A new subdivision of crystalline Fennoscandian erratic pebble assemblages (Saalian) in the central Netherlands. Geol. Mijnbouw 62, p. 455-469.
- Zandstra, J.G. 1983b. Fine gravel, heavy mineral and grain-size analyses of Pleistocene, mainly glacigenic deposits in the Netherlands. In: J. Ehlers, ed.: Glacial Deposits in North-West Europe, p. 361-377. Balkema, Rotterdam.
- Zandstra, J.G. 1988. Noordelijke kristallijne gidsgesteenten. 469 pp. Brill, Leiden.
- Zonneveld, J.I.S. 1975. Zijn de Noordnederlandse stuwwallen overreden of niet? Ber. Fys. Geogr. Afd. Geogr. Inst. der R.U. 9, p. 3-14.



Een reis door Zuid-Scandinavië

G. Houtman

Eén van de mooiste kampeerreizen die mijn vrouw en ik maakten, was naar het zuiden van Zweden en Noorwegen. Oslo en omgeving was het doel.



De route die wij door Zuid-Noorwegen hebben gemaakt. G= Göteborg; T= Tanum; F= Frederikstad; K= Kinsarvik en H.v.= Hardanger Vidda.

We wilden op onze reis de rotstekeningen zien bij Tanum en Frederikstad, het Ordovicium bestuderen bij Oslo om het te vergelijken met wat wij er van hadden gezien op Öland. Verder wilden we in Oslo enkele musea bezoeken.

Langs Groningen, Hamburg en met het veer over de Elbe, kwamen we de eerste dag tot Glückstad in Denemarken en de tweede dag in Aalborg. We maakten er onder andere een tocht naar de noordelijkste punt van Jutland, Kaap Skagen. Een vreemde ervaring, die zandtong uitstekend tussen het Kattegat en Skagerak. Na de vier uur durende oversteek van Frederikshaven naar Gotenburg vonden we bij Grebbestad een prachtige camping, waar we enige dagen bleven en de vele korstmossen zagen die de door het

gletsjerijs afgeronde rotsen wit, geel, grijs en zwart kleurden.

Rotstekeningen

We bezochten er alle plaatsen bij Tanum, Fossum, Tanusheden en Viltlycke, om de rotstekeningen (eigenlijk rot-sinscripties) te bewonderen. Een gidsje vormde een goede handleiding. In het kleine Hallristningsmuseum kregen we nog wat uitleg, maar Zweeds is moeilijk te verstaan.

Er zijn honderden figuren in de rotsen gegrift. Ten behoeve van de vele belangstellenden zijn ze met rode verf verduidelijkt. Menselijke figuren, schepen, werktuigen, dieren wapens en tot nu toe onverklaarbare inscripties zijn er te bewonderen. Duidelijk is te zien, dat vele mensen in opvolgende perioden