

Processer og till fabric i et recent dødislandskab ved Höfdabrekkujökull, Island

JOHANNES KRÜGER



Krüger, J.: Processer og till fabric i et recent dødislandskab ved Höfdabrekkujökull, Island. *Dansk geol. Foren., Arsskrift for 1981*, side 45–56. København, 15. juli 1982.

Dead-ice morphology, processes of areal down-wastage of stagnant ice, as well as fabrics in recently deposited flow tills are described from the northeastern margin of Höfdabrekkujökull, Iceland. The morphology and processes studied are shown in figures 4–8.

Thirteen fabric analyses of 10, 25, or 50 clasts were performed in flow-till tongues (fig. 9) and beds of flow till covering stagnant ice (fig. 10). Furthermore, eight fabric samples of 25 clasts were taken in till in the hummocky moraine landscape fringing the stagnant-ice field (figs. 11 and 12). The oblong clasts in flow till show a preferred or dispersed a-axis orientation, but contrary to the fabrics in lodgement till (Krüger and Thomsen, 1981), those in flow till indicate a considerable between-site variability.

Johannes Krüger, *Laboratorium for Geomorfologi, Geografisk Centralinstitut v. Københavns Universitet, Haraldsgade 68, 2100 København Ø.* 5. januar 1982.

Till-fabric analyser benyttes i vid udstrækning sammen med andre metoder til adskillelse af forskellige genetiske typer af moræneaflejringer, f.eks. bund till og flyde till. En sådan adskillelse er ikke blot forsøgt i Danmark (Krüger, 1969; Marcussen, 1975), men også i f.eks. Polen (Niewiarowski, 1969) og U.S.A. (Drake, 1971).

Der hersker dog usikkerhed med hensyn til tolkningen af formen på mange till-fabric diagrammer (se f.eks. Krüger og Marcussen, 1976). Det skyldes ikke blot, at det teoretiske og empiriske kendskab til partiklers orientering under forskellige aflejringsbetingelser endnu er sparsomt, men kan ydermere skyldes, at en isoverskridelse kan deformere allerede aflejret till og derved reorientere en større eller mindre del af de indeholdte partikler (Ramsden og Westgate, 1971; Boulton, 1979). Et fabric diagram kan derfor være sammensat af forskellige partikelpopulationer, som vanskeligt lader sig decifre anvendelse af den traditionelle feltmetodik. Hertil kommer, at fabric analyser i Pleistocæne aflejringer ofte må udføres i stratigrafiske enheder, der sjældent kan knyttes til et specifikt geomorfologisk element.

Disse tolkningsmæssige problemer løses ikke ved at typologisere fabric diagrammerne efter Lindsays klassifikationssystem (Lindsay, 1970), som det undertiden er gjort i Danmark. For det første bygger dette system udelukkende på analyser af partiklers orientering i gletscheris samt i

en Perm tillit af ukendt oprindelse. For det andet er fabric diagrammerne baseret på en arealtro og ikke en formtro projektion, hvilket er uheldigt, fordi Lindsays system netop bygger på diagrammernes form. For det tredje kan en fabric type ændres til en anden blot ved at ændre hældningen og stryningen af det plan, partikelaksernes dyk er målt i forhold til. Det sidste indebærer f.eks., at subglacial aflejring på et ujævnt underlag kan resultere i flere forskellige fabric typer; i virkelig-

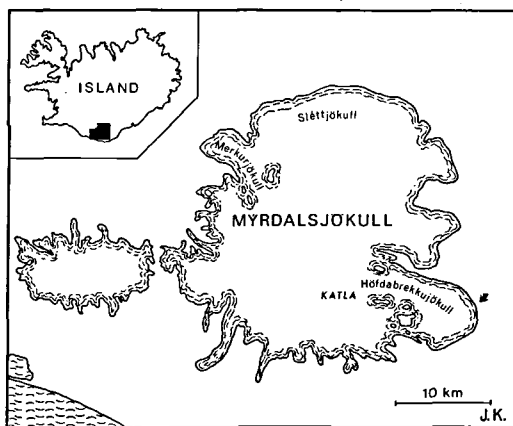


Fig. 1. Oversigtskort med pilen, der viser placeringen af undersøgelsesområdet ved Höfdabrekkujökull. Misvisningen i dette område er i 1979 målt til 23°Ø.

Location map on which the arrow shows the research area at Höfdabrekkujökull. In this area the magnetic variation was measured to be 23°E in 1979.

terrænprofilet i figur 4 A). Lawson (1979) har beskrevet tilsvarende fabrics i flyde till ved randen af Matanuska gletscheren i Alaska.

Analyse nr. 3 afviger fundamentalt fra de øvrige fabric analyser ved at vise en fremherskende a-akse orientering med et dyk på omkring 60° mod SSV. Analyse nr. 3 er imidlertid udført på et sted, der ligger på linie med et 2 m tykt smudsbånd beliggende længere mod øst. Dette bånd, der hælder stejlt mod SSØ, har været forudsætningen for bevarelsen af iskernen i den fremtrædende bakke umiddelbart øst for det kortlagte område (se fig. 4 A). Smudsbåndet kunne ses i en nu tilskredet isklint i denne bakke i 1977. Da analyse nr. 3 er udført i rester af et fremtrædende smudsbånd, repræsenterer den i virkeligheden ikke fabric i flyde till; den er snarere en fabric af inglacial oprindelse.

Afsluttende bemærkninger

I de hidtidige undersøgelser ved Höfjabrekkujökull er der peget på en række supraglaciale aflejringsprocesser, der virker under de forskellige stadier af *isdisintegration*. Flyde-till materialet flyttes ikke alene i forskellige retninger i det reliefrige terræn, men gennemløber også flere aflejringscykler i takt med udtyndingen af den stagnerede is. Ydermere kan »bevarede« partier af inglaciale sedimenter komplicere indtrykket af aflejringerne i dette miljø.

Overensstemmende hermed viser fabric analyser, både fra embryonal flyde till på stagneret is samt i det resedimenterede slutprodukt i det småbakkede morænelandskab, at partiklerne har en fremherskende eller spredt a-akse orientering. I modsætning til fabrics i lodgement till (Krüger og Thomsen, 1981), kan der ikke påvises en konsistent fabric i flyde till.

I en kommende artikel redegøres for detailstratigrafi og sedimentære strukturer i flyde till baseret på en fortsættelse af feltundersøgelserne ved Höfjabrekkujökull i sommeren 1982.

Tak

Forfatteren ønsker at takke Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd, der har støttet undersøgelserne i Island. Desuden takkes lic. scient. Ole Humlum samt stud. scient.erne Eskild Lund,

Lisbeth Pedersen og Henrik Højmark Thomsen, Geografisk Centralinstitut, for inspirerende diskussioner og medvirken i feltundersøgelserne.

Litteratur

- Andrews, J. T. og Shimizu, K. 1966: Three-dimensional vector technique for analyzing till fabric: discussion and Fortran program. *Geogr. Bull.*, 8, 151–165.
- Boulton, G. S. 1972: Modern arctic glaciers as depositional models for former ice sheets. *Journ. Geol. Soc. London*, 128, 361–393.
- Boulton, G. S. 1979: Processes of glacier erosion on different substrata. *Journ. Glacio.*, 23, 15–38.
- Drake, L. D. 1971: Evidence for ablation and basal till in east-central New Hampshire. I Goldthwait, R. P. (Ed.): *Till, a Symposium*, 73–91. Ohio State University Press, Columbus.
- Goldthwait, R. P. 1951: Development of end moraines in east central Baffin Island. *Journ. Geol.*, 59, 567–577.
- Graevenor, C. P. og Kupsch, W. O. 1959: Ice disintegration features in western Canada. *Journ. Geol.*, 12, 48–64.
- Klimaszewski, M. 1960: Studia geomorfologiczne w zachodniej części Spitsbergenmiedzy Kongs-Fjorden a Eidenn-Bukta. *Zerz. Nauk. Ud.*, 32, *Prace Geogr.*, Ser. Nowa, 1.
- Krüger, J. 1969: Landskabsformer i sydlige Sjælland. Studier over glaciallandskabets morfologi, opbygning og dannelse. *Geogr. Tidsskr.*, 68, 105–212.
- Krüger, J. 1970: Till fabric in relation to direction of ice movement. A study from the Fakse Banke, Denmark. *Geogr. Tidsskr.*, 69, 133–170.
- Krüger, J. 1979: Danish Glacial Geomorphological-Sedimentological Expedition to Iceland, 1979. *Ice*, 61, 3–4.
- Krüger, J. og Humlum, O. 1981: The proglacial area of Mýrdalsjökull with particular reference to Sléttjökull and Höfjabrekkujökull. General report on the Danish Geomorphological Expedition to Iceland, 1977. *Folia Geographica Danica*, Tom. XV, 1, 58 pp.
- Krüger, J. og Marcussen, I. 1976: Lodgement till and flow till: a discussion. *Boreas*, 5, 61–64.
- Krüger, J. og Thomsen, H. H. 1981: Till fabric i et recent bundmorænelandskab, Island. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1980*, 19–28.
- Lawson, D. E. 1979: Sedimentological analysis of the western terminus region of the Matanuska Glacier, Alaska. *CRREL Report 79-9*, 112 pp.
- Lindsay, J. F. 1970: Clast fabric of till and its development. *Journ. Sed. Petrol.*, 40, 629–641.
- Marcussen, I. 1975: Distinguishing between lodgement till and flow till in Weichselian deposits. *Boreas*, 4, 113–123.
- Marcussen, I. 1977: Deglaciation landscapes formed during the wasting of the late Middle Weichselian ice sheet in Denmark. *Danm. geol. Unders.*, II række, 110, 72 pp.
- Niewiarowski, W. 1969: Stone arrangement in the till of the last inland ice in lower Vistula region. *Geografia*, 8, 137–148.
- Ramsden, J. og Westgate, J. A. 1971: Evidence for reorientation of a till fabric in the Edmonton area, Alberta. I Goldthwait, R. P. (Ed.): *Till, a Symposium*, 335–344. Ohio State University Press, Columbus.
- Thorarinsson, S. 1957: The Jökulhlaup from the Katla Area in 1955 compared with other Jökulhlaups in Iceland. *Jökull*, 7, 21–25.

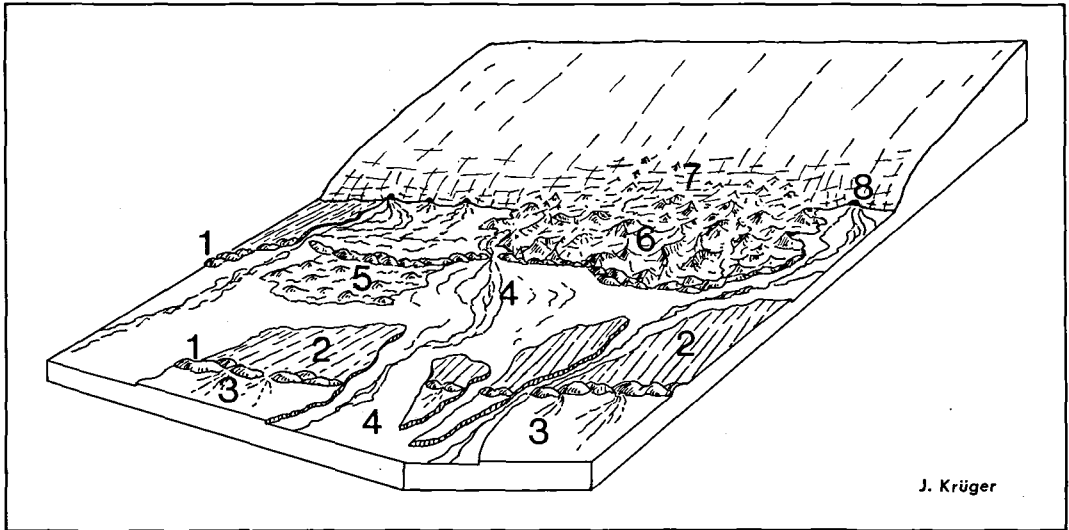


Fig. 2. Blokdigrammet viser de morfologiske hovedtræk ved nordøstranden af Höfdabrekkujökull i 1960. (1) Randmorænerygge. (2) Fluted bundmoræne. (3) Ældre smeltevandsslette. (4) Yngre smeltevandsslette med smeltevandsløb. (5) Småbakked dødsmoræne. (6) Stagneret is med uregelmæssig overflade og et till dække af varierende mægtighed. (7) Smudskegler på gletscheroverfladen. (8) Gletscherport.

Block diagram showing the morphological main features at the northeastern margin of Höfdabrekkujökull in 1960. (1) Ice marginal moraine ridges. (2) Fluted ground moraine. (3) Older outwash plain. (4) Younger outwash plain with meltwater streams. (5) Hummocky moraine. (6) Till-covered dead-ice field with very irregular topography. (7) Dirt cones on the glacier surface. (8) Ice cave.

heden må det være aflejringsfladen, der genetisk set er det mest rimelige plan at relatere partiklernes dyk til (Andrews og Shimizu, 1966; Krüger, 1970). Tolkningen af till-fabric analyser fra Pleistocæne aflejringer bør derfor baseres på et empirisk kendskab til aktuelle aflejringsmekanismer og partikelorienteringen i recente glaciale sedimentter.

Et af formålene med Geomorfologisk Laboratoriums feltundersøgelser ved iskappen Mýrdalsjökull i Island er at samle data om partiklernes orientering i forskellige till typer i et recent sedimentationsmiljø, samt at studere fabric mønstret i forskellige glaciale terrænelementer foran iskappen. I en tidligere artikel er der redegjort for partikelorientering og lateral fabric variation i overfladenær bund till i et bundmorænelandskab foran Mýrdalsjökulls nordrand. Desuden er der peget på den indflydelse geomorfologien – og det vil i det tilfælde sige formen af den subglaciale aflejringsflade – har på till fabric mønstret (Krüger og Thomsen, 1981). Her skal redegøres for nogle fabric analyser udført i 1979 i flyde till i et dødislandskab ved nordøstranden af Höfdabrekkujökull (fig. 1).

Gletscherforlandets morfologi

Höfdabrekkujökull er en 15 km lang og 8 km bred, hovformet udløbsgletscher, der ender 200 m over havet på den udstrakte smeltevandsslette Mýrdalssandur. Gletscheren dræner ca. 60 km² af den caldera, der indeholder vulkanen Katla under den sydlige del af Mýrdalsjökull. Områdets geomorfologi kendes, dels fra en kortlægning baseret på flyvefotografier optaget i 1960, dels fra feltundersøgelser i 1977 (Krüger og Humlum, 1981) og 1979 (Krüger, 1979).

Hovedtrækkene i landskabsudviklingen ved Höfdabrekkujökulls nordøstlige rand fremgår af blokdigrammet i figur 2. Det glaciale forland præges af to randmorænesystemer. Det yderste system ligger 1,5–2 km foran den nuværende gletscher. Det afgrænser gletscherforlandet fra den udstrakte smeltevandsslette Mýrdalssandur og blev sandsynligvis dannet under et gletscherfremstød i slutningen af det 19. århundrede, hvor mange af de vestligste gletschere i Sydisland havde deres største udbredelse i historisk tid. Umiddelbart bag randmorænen findes et bundmorænelandskab med »fluted moraines«. Det er i lighed med bundmorænelandskabet foran Mýr-



Fig. 3. Udsigt over det glaciale forland ved Höfdabrekkujökull med den fremtrædende randmoræne fra 1955. Bag randmorænen ses et småbakket morænelandskab; i 1960 bestod dette område imidlertid af stagneret is med en ujævn overflade og et till dække af varierende mægtighed. På randmorænen ses flyde-till tunger, der strækker sig ud på den foranliggende smeltevandsslette. Foto 1977.

View over the glacier forefield at Höfdabrekkujökull showing the prominent marginal moraine ridge from 1955. Behind the marginal moraine a hummocky moraine landscape is seen; in 1960, however, this area was a till-covered dead-ice field with a very irregular topography. On the foreslope of the marginal moraine ridge tongues of flow till are seen terminating on the outwash plain. Photo 1977.

dalsjökulls nordrand blevet frilagt ved frontal afsmeltning – en deglaciationsmåde, hvor den vigende gletschersnude er aktiv, og hvor randen udgør en yderst veldefineret grænse til det foranliggende isfrie terræn (Krüger og Humlum, 1981). I det aktuelle landskab er både randmorænen og bundmorænen dissekeret og opdelt i »øer« af et stort antal smeltevandsdale og mindre smeltevandssletter, der fører fra gletscheren ud til Mýrdalssandur.

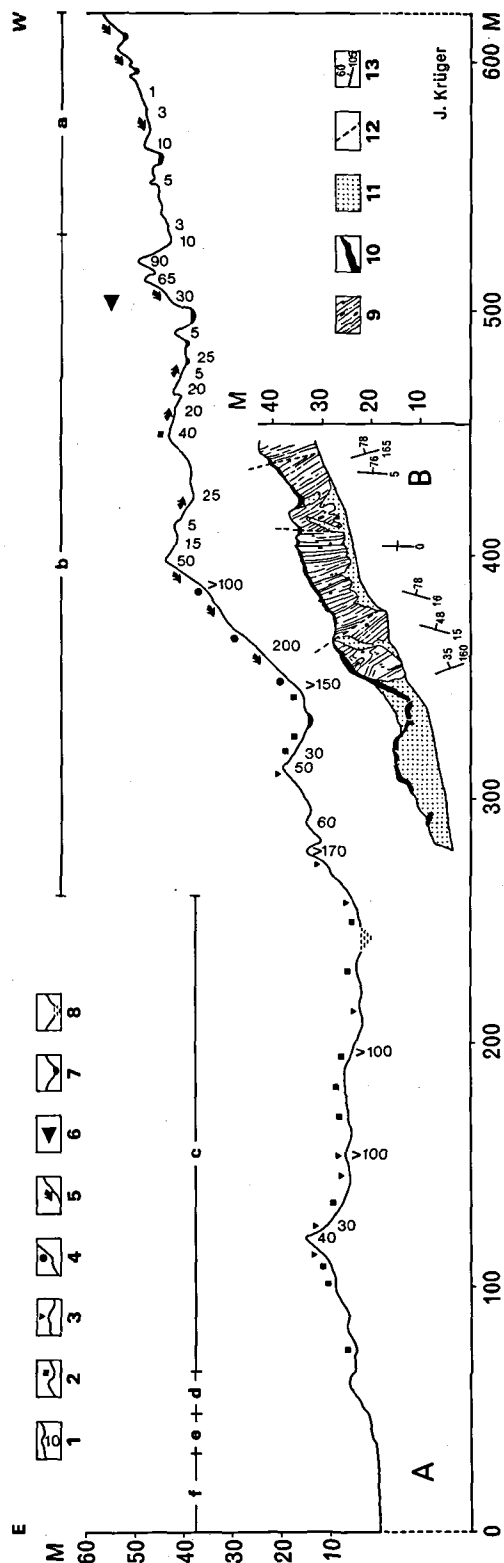
Det andet randmorænesystem ligger kun 100–300 m foran gletscheren. Eftersom dette system flere steder afgrænser gletscherranden på flyvefotografierne fra 1960, menes det at stamme fra et mindre gletschersurge i forbindelse med et jøkkelløb i 1955 (Thorarinsson, 1957). Umiddelbart bag denne randmoræne udgjorde den yderste del af gletscheren på disse steder i 1960 en reliefzone af stagneret is med et till dække af varierende mægtighed. Fra isoverfladen løb tunger af flyde till ud gennem sænkningen i randmorænen og ud på den foranliggende smeltevandsslette. Siden 1960 er størstedelen af den stagnerende is bortsmeltet, så landskabet bag randmorænen nu fremtræder som et småbakket morænelandskab

med enkelte større bakker med begravede dødispartier (fig. 3).

Aflejring af flyde till

Det er karakteristisk for Höfdabrekkujökull, at de yderste 2–4 km af gletscheren er smudsdækket. Det er, dels vindbåret materiale, dels sand, grus, sten og blokke, som er smeltet frem på gletscheroverfladen. En stor del af dette materiale stammer fra smudsbånd oppe i isen, medens andet kommer fra gletschersålen eller underlaget, hvorfra det er transporteret op til gletscheroverfladen langs overskydningsplaner i isen. Sålænge smudsdækkets mægtighed er mindre end 1–2 cm, fremmer det ismeltingen, men på steder med større mægtighed skaber det en beskyttende kappe, der hæmmer smeltingen af den underliggende is. Den uregelmæssige smelting af isoverfladen har resulteret i en zonation af Höfdabrekkujökulls randområde. Der kan groft set skelnes mellem tre morfologiske zoner (fig. 4 A):

I den inderste zone (zone a i figur 4 A) er isen endnu aktiv, smudsdækkets mægtighed udgør kun få centimeter, og flere steder er isoverfladen ren og jævn. Smudsmaterialet består overvejende



af finkornet materiale, som i ablationsperioden smelter frem fra de mange inglaciale smudsånder. Akkumulationen af dette materiale har nedsat issmeltningen, så der er dannet lange rækker af smudsånderede kegler (fig. 5). Efterhånden som disse kegler vokser i højden, skrider det vandholdige smuds ned fra de stejle issider og flyder videre ned over den jævne del af gletscheroverfladen i form af flyde-till tunger. Der er iagttaget 10 m lange og 5 m brede tunger. En del af materialet fjernes atter af de talrige små smeltevandstrømme og aflejes i nærliggende lavninger på isoverfladen eller føres længere ned mod gletscherranden.

Derefter følger en zone med kuperet terræn fortrinsvis bestående af stagneret is med et till dække af varierende mægtighed (zone b i figur 4 A). Der er målt mægtigheder fra få centimeter til mere end 2 m. Det er karakteristisk, at till dækket i denne zone har et stort indhold af sten og blokke. Desuden synes topografien i nogen grad at være kontrolleret af den inglaciale struktur.

Figur 4 B viser strukturen i en isklint langs et smeltevandsløb, der ligger ca. 100 m nord for det målte terrænprofil i figur 4 A. Foruden talrige smudsånder ses tre overskydningsplaner. Både smudsånder og overskydningsplaner hælder mere

Fig. 4. (A) Terrænprofil gennem Höfdabrekkujökulls nordøstlige randområde. (a) Aktiv gletscheris med forholdsvis jævn overflade. (b) Stagneret is med relieffrig overflade. (c) Småbakket dødismoræne. (d) Randmoræne. (e) Tunger af flyde till. (f) Smeltevandsslette. (1) Tykkelsen af flyde till i centimeter. (2) Samling af blokke. (3) Indsynkning i flyde till. (4) Sortering betinget af skred og nedstyrning af blokke. (5) Skred og flydebevægelse i till. (6) Vestligste grænse for udbredelsen af blokke på gletscheroverfladen. (7) Smeltevandsløb. (8) Sø. (B) Isklint langs supraglaciale smeltevandsløb 100 m nord for det viste terrænprofil. (9) Smudsånder og spredtliggende blokke. (10) Profil i flyde till. (11) Talus bestående af flyde till. (12) Overskydningsplan. (13) Strykning og hældning af smudsånder eller overskydningsplan.

(A) Cross-section through the northeastern terminal part of Höfdabrekkujökull. (a) Active ice with a smooth surface. (b) Stagnant ice with an irregular surface topography. (c) Hummocky dead-ice moraine. (d) Ice marginal moraine. (e) Tongues of flow till. (f) Outwash plain. (1) Thickness of flow till in centimeters. (2) Agglomeration of boulders. (3) Subsidence. (4) Size-sorting caused by surficial sliding or falls of boulders. (5) Sliding and flows in till. (6) The western limit of boulders on the ice surface. (7) Meltwater stream. (8) Lake.

(B) Ice cliff flanking a supraglacial meltwater stream situated 100 m north of the shown cross-section. (9) Debris bands and boulders in stagnant ice. (10) Section in flow till. (11) Scree of flow till. (12) Shear plane. (13) Strike and inclination of debris band or shear plane.



Fig. 5. Rækker af smudskegler på overfladen af Höfdabrekkujökull. Smudskeglerne opstår langs de linier, hvor inglaciale smudsbånd smelter frem på gletscheroverfladen. Foto 1977.

Rows of dirt cones on the surface of Höfdabrekkujökull. The sharp-pointed mounds are surface expression of the outcropping of inglacial debris bands. Photo 1977.

eller mindre stejlt mod den tidligere isbevægelse og stryger stort set parallelt med gletscherranden. I isklinten ses desuden mange sten og blokke, dels i tilknytning til overskydningsplanerne og mange af smudsbåndene, dels spredtliggende i ismassen.

I forbindelse med de mest materialerige smudsbånd og overskydningsplaner aflejres så store mængder flyde till på gletscheroverfladen, at issmeltningen hæmmes i særlig grad langs disse strøg. Det har skabt en egenartet topografi – et cuesta-lignende landskab – bestående af fremtrædende isrygge adskilt af mellemliggende lavninger (fig. 6). Da rygge og lavninger er kontrolleret af den inglaciale struktur, løber de generelt vinkelret på den oprindelige isbevægelse og følger dermed gletscherranden.

De fleste af de aflejningsprocesser, der kan iagttages i dette område, er betinget af gravitationen og fremgår af figur 4 A og 6. Det drejer sig om (1) nedstyrtning af till materiale fra toppen af de mange stejle isklinter, (2) udskridning af till på mindre stejle isflader, samt (3) ud-

flydning af mere eller mindre vandholdig till. Som et sekundært fænomen ses sprækkedannelser og sætninger i flyde till. I forbindelse med nedstyrtning og skred foregår der en gradvis sortering af materialet, således at sten og blokke almindeligvis transporteres længst. Denne proces skaber en ophobning af blokke centralt i lavningerne. Smeltevand og nedbør resulterer ligeledes i en sortering af till materialet, idet de finkornede bestanddele fjernes af vandet og aflejres i lavningerne, medens et residual af sten og blokke ligger tilbage i bunden af de mange erosionsskår. Disse erosionsskår ses ydermere at fungere som slidske, idet nedstyrkede blokke hyppigt lander i et erosionsskår, hvorefter de ruller ned og aflejres ved dets munding i en blokkegle.

I en tidlig fase af terræudviklingen, hvor isrygge og lavninger endnu er velmarkerede, danner den supraglaciale drænering et karakteristisk net af konsekvente, obsekvente og subsekvente vandløb. Desuden er flyde-till bevægelsen præget af de to fremherskende hældningsretninger i terrænet – med eller mod den oprindelige isbe-



Fig. 6. Område med stagneret is ved Höfdabrekkujökulls rand. (1) Flyde-till dække. (2) Nedstyrtning af till fra toppen af en stejl isklint. (3) Udskridning af till på en isskråning. (4) Flydning af till. (5) Sprækkedannelse og sætningsfænomener i till. (6) Styrtssortering af blokke. (7) Bloksamling. (8) Vanderosionsskår. (9) Vandaflejret materiale. Foto 1979.

Stagnant-ice field in the terminal part of Höfdabrekkujökull. (1) Cover of flow till. (2) Falls of till from the top of a steep ice cliff. (3) Sliding of till on an ice-cored slope. (4) Flows of till. (5) Subsidence of flow till. (6) Size-sorting caused by surficial sliding or falls of boulders. (7) Agglomeration of boulders. (8) Gully. (9) Sediment deposited by water. Photo 1979.

vægelse. På steder, hvor isdisintegrationen er skredet længere frem, og topografien derfor er mere kaotisk, bevæger till materialet sig i mange forskellige retninger. Istoppe blottes, så smeltningen fremmes, medens lavninger gradvis fyldes op med till. Herved inverteres relieffet efterhånden. Der foregår således en stadig omlejring af till materialet i denne zone.

Den yderste zone udgør i modsætning til den foregående et næsten færdigdannet dødislandskab (zone c i figur 4 A). Det er et småbakked morænelandskab, hvor gletscheris kun optræder som spredtliggende dødispartier mere eller mindre begravet under de glaciale aflejringer.

Det uregelmæssige terræn består af talrige småbakker, 1–5 m høje, med mellemliggende lavninger, der flere steder indeholder søer (fig. 7). Bakker med en kerne af dødis kan dog rage mere end 10 m op over det omgivende terræn. Det gælder f.eks. den fremtrædende bakke, der ligger 60 m vest for *randmorænen* i figur 4 A. Overalt i det småbakkede terræn ses samlinger af sten og blokke (fig. 8). Disse blokkkoncentrationer er ganske givet et resultat af den styrtssortering, der fandt sted, da terrænet endnu var relieffrigt og fortrinsvis bestod af stagneret is. Mange steder ses desuden tætliggende sprækker i terrænoverfladen, et fænomen, der skyldes sætninger i det



Fig. 7. Den småbakkede dødismoræne ved Höfdabrekkujökulls nordøstrand. Der findes mange afløbsløse småsøer i dette terræn. Foto 1979.

The hummocky dead-ice moraine fringing the northeastern part of Höfdabrekkujökull. Many undrained lakes are seen in this landscape. Photo 1979.

løst lejrede sediment eller bortsmeltning af dybt begravede dødisrester.

De tre omtalte zoner repræsenterer tre karakteristiske faser i forbindelse med bortsmeltning af stagneret is. Den udvikling, det småbakkede dødislandskab har gennemgået siden midten af 1950'erne, genspejles umiddelbart i den morfologiske og procesmæssige zonation, der præger Höfdabrekkujökulls nuværende randområde. Gletscheren smelter ikke tilbage med en veldefineret rand, således som det er tilfældet ved frontal deglaciation; derimod stagnerer gletschersnuden successivt i takt med gletscherens tilbage-smeltning, så der opstår en jævn overgang fra den isfrie dødismoræne over en mere eller mindre bred zone af stagneret is til den aktive del af gletscheren. Denne deglaciationsmåde, der ofte

betegnes areal afsmeltning (Klimaszewski, 1960; Krüger og Humlum, 1981), er i høj grad betinget af en stor supraglacial materialelast, der aflejres som flyde till.

I den danske glacialgeologiske litteratur har Marcussen (1977) skabt forvirring omkring de to begreber frontal og areal deglaciation. Marcussen taler fejlagtigt om frontal deglaciation i tilfælde, hvor den aktive is er omgivet af en bræmme af stagneret is (s. 6). Den situation, Marcussen nævner, svarer dog ganske nøje til situationen ved nordøstranden af Höfdabrekkujökull, der er et klassisk eksempel på areal deglaciation. Tilsvarende eksempler er bl.a. beskrevet af Goldthwait (1951), Gravenor og Kupsch (1959), samt Boulton (1972).



Fig. 8. Dødimorænen foran Höfdabrekkujökull med de karakteristiske blokagglomerationer. Foto 1979.

The dead-ice moraine in front of Höfdabrekkujökull showing the typical boulder agglomerations. Photo 1979.

Till fabric

Ved Höfdabrekkujökulls nordøstrand er der udført 21 fabric analyser i flyde till. Analyserne er udført, dels i till, som overlejrer stagneret gletscheris (zone b i figur 4 A), dels i overfladenær till i det småbakkede morænelandskab (zone c i figur 4 A). I hver analyse indgår 10, 25 eller 50 blad- og stavformede partikler med en længde på 0,6–12 cm. Forholdet mellem længste (a-aksen) og intermediære akse (b-aksen) er mindst 1,5. På stavformede partikler er målt længste akse kompasretning og dyk. På blad-formede partikler er desuden målt den intermediære akse dyk. Derudover er størrelsen af partiklernes længste, intermediære og korteste akse målt.

For at få belyst fabric mønsteret i et veldefineret terrænelement karakteristisk for det supragla-

ciale aflejringsmiljø, udvalgte tre isolerede tunger af flyde till. Den ene tunge lå ved foden af en ganske lav isklint i det småbakkede morænelandskab, medens de to øvrige tunger var beliggende indenfor området med stagneret is. Tungerne var 2–4 m lange, 0,7–2 m brede og havde en 10–15 cm høj front. 1–2 m bag fronten var mægtigheden af flyde till 20–35 cm. Materialet var gruset og uden tegn på lagdeling. Samtlige fabric analyser udførtes 1–5 cm under terrænoverfladen. Figur 9 viser fabric mønsteret i den mindste af de tre tunger. Ved tungens front ses en tydelig transversal partikelorientering, sandsynligvis betinget af den longitudinale kompression, der opstår som følge af den stærkt aftagende flydebevægelse i till massen nær en aktiv tunges

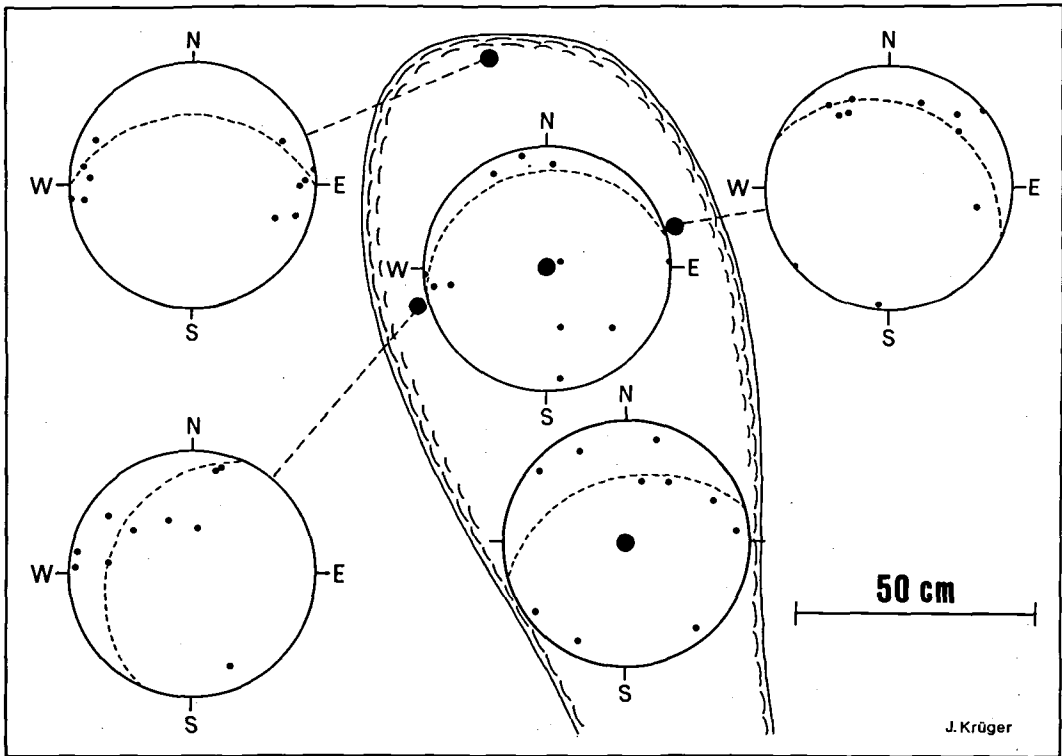


Fig. 9. Flyde-till tunge fra Höfdabrekkujökull med de udførte fabric analyser. Hvert stereogram (nedre halvkugle af Wulff-net) viser plot af 10 blad- eller stavformede partiklers a-akse. Den stiplede linier angiver den hældende terrænoverflade. Alle retningsangivelser er korrigeret for lokal misvisning.

Flow-till tongue from Höfdabrekkujökull. Fabric analyses and sample sites are shown. Each of the point diagrams (lower hemisphere of the Wulff-net) shows the a-axis plot of 10 blade- or rod-shaped particles. The dot-and-dash line indicates the sloping terrain surface. Correction for the magnetic variation.

front. Ved tungenes flanker er partiklernes længste akse derimod orienteret i flydebevægelsens retning, og dykket følger i store træk terrænoverfladens hældning. En halv meter bag fronten er den fremherskende orientering longitudinal, men med et sekundært maksimum transversalt på flydebevægelsen. Længere oppe på flyde-till tungen er partikelorienteringen dog mere diffus. Fabric mønsteret i de to øvrige tunger viser den samme tendens.

Inden for området med stagneret is er der udført tre fabric analyser i en lagdelt till type, der aflejres i ganske lave bassiner på isen. Udgangsmaterialet har et stort vandindhold og flyder derfor i en ganske tynd film på isoverfladen, hvor det til sidst aflejres i lavningerne. De mange små smeltevandsstrømme fører ligeledes materiale til disse bassiner. De tre analyser blev udført med en indbyrdes afstand på 15 m på steder, hvor terrænoverfladen var vandret. Flyde till'en havde

her kun en mægtighed på 20–30 cm og var delvis lagdelt, idet grusede lag vekslede med mere sandede lag. Resultatet af de tre analyser fremgår af stereogrammerne i figur 10. I samtlige analyser er der en stor spredning i partikelorienteringen, dog viser analyse A og C en tendens til fremherskende orientering henholdsvis SØ-NV og SV-NØ.

For at belyse fabrics i flyde till i et skrånende terræn er der udført tre fabric analyser på to lokaliteter i det småbakkede morænelandskab (fig. 11). På den ene lokalitet, en bakkerest med en eksponeret dødskerne under kraftig smeltning, har flyde-till kappen på bakkens østvendte side en mægtighed på 1–2 m. Bakkens side har her en hældning på 26°. De to analyser A og B er udført 60–75 cm under terrænoverfladen og med en indbyrdes afstand på 5 m. På den anden lokalitet, en vestvendt skråning med en hældning på 11° og med et flyde-till dække på mere end 3 m, er fabric analyse C udført 20 cm under terrænoverfladen.

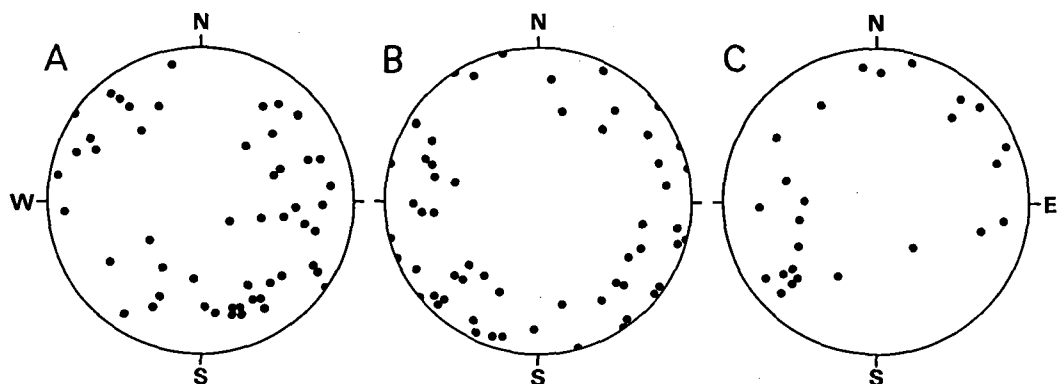


Fig. 10. Till fabric i en vandret bæk af flyde till inden for området med stagneret is, Höfdabrekkujökull. Antallet af observationer er 50 i analyserne A og B og 25 i C. Alle retningsangivelser er korrigeret for lokal misvisning.

Till fabric in a horizontal bed of flow till in the stagnant-ice field, Höfdabrekkujökull. Number of observations is 50 in the analyses A and B, and 25 in C. Correction for the magnetic variation.

De tre fabric analyser viser, at partiklernes a-akse stort set ligger i et plan parallelt med terrænoverfladen. Derimod er a-akse orienteringen diffus, dog med tendens til en fremherskende orientering i terrænhældningens retning for analyse C's vedkommende.

I feltet er et udvalgt område på 60×70 m i det småbakkede morænelandskab kortlagt med en højdekurvækvidistance på 0,5 m (fig. 12). Det kortlagte område ligger 80–140 m vest for randmorænen på figur 4 A. Inden for dette område er der udført 5 fabric analyser 5–20 cm under terrænoverfladen på steder, hvor terrænet lokalt er vandret. Med undtagelse af fabric analyse nr. 3

viser samtlige analyser en stor spredning i partikelorienteringen, og hverken a-akse orientering eller dyk synes at have nogen logisk sammenhæng med den generelle hældning af det tilgrænsende terræn. Det skyldes givetvis, at till materialet har gennemløbet gentagne aflejningscykler i takt med isdisintegrationen. I forbindelse med bortsmeltningen af den stagnerede is er relieffet mindsket og terrænhældningerne reduceret. Hermed er skræntprocesserne aftaget i styrke og materialets bevægelsesretning blevet mere diffus. Ydermere er den egentlige flydeproces efterhånden afløst af krybnings- og sætningsfænomener (bemærk ændringen i typen af observerede processer langs

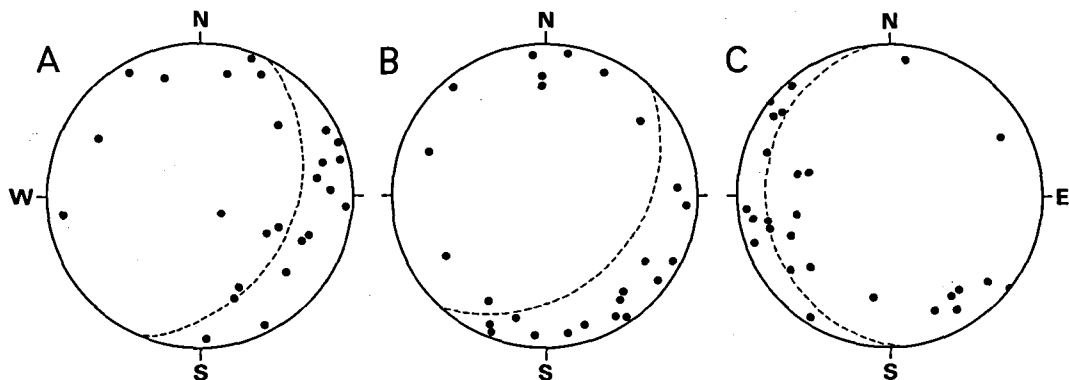


Fig. 11. Till fabric i flyde till på skrående terræn i det småbakkede morænelandskab, Höfdabrekkujökull. Der indgår 25 observationer i hver analyse. Den stiplede linie angiver den hældende terrænoverflade. Alle retningsangivelser er korrigeret for lokal misvisning.

Till fabric in flow till on sloping terrain in the hummocky moraine landscape, Höfdabrekkujökull. Number of observations is 25. The dot-and-dash line indicates the sloping terrain surface. Correction for the magnetic variation.

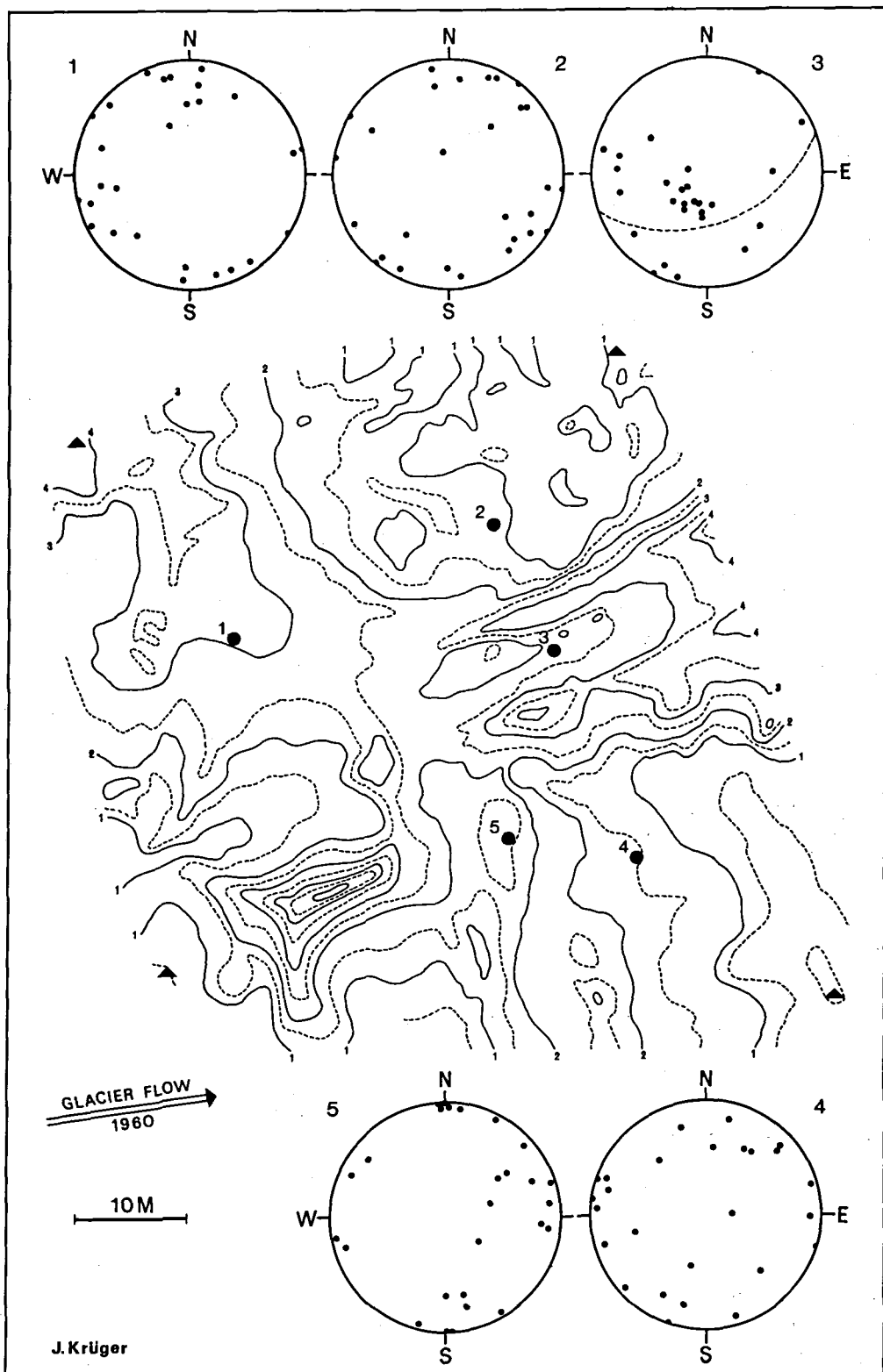


Fig. 12. Udsnit af det småbakkede morænelandskab foran Höfdabrekkujökull med de udførte fabric analyser. Højdekurveækvivalensdistancen er 0,5 m. Sorte trekantede angiver placeringen af varder i hjørnerne af opmålingsfeltet. Der indgår 25 partikler i hver fabric analyse. Den stiplede linie viser det bevarede smudsbånd. Alle retningsangivelser er korrigeret for lokal misvisning.

Map showing a part of the hummocky moraine landscape in front of Höfdabrekkujökull. Fabric analyses and sample sites are shown. Contour interval is 0.5 m. Black triangles indicate cairns situated in the corners of the survey area. Number of observations is 25. The dot-and-dash line indicates the preserved debris band. Correction for the magnetic variation.