

TRADITIONELLE LEDEBLOKKES EGNETHED TIL BRUG I KVANTITATIVE ANALYSER

JOHANNES KRÜGER

KRÜGER, J.: Traditionelle ledeblokkes egnethed til brug i kvantitative analyser. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1973*, side 152–161. København, 15. januar 1974.

Metodiske problemer ved ledebloktælling diskuteres. Det er nødvendigt at indføre utraditionelle ledebloktyper i tællingerne for at bringe den Milthers'ke ledebloktællingsmetode i overensstemmelse med det glaciologiske teorikompleks for inkorporering af bjergartsfragmenter i isskjolde. Desuden må såvel traditionelle som utraditionelle ledeblokkes kornstørrelsesforhold kendes, før de benyttes i kvantitative undersøgelser.

Johannes Krüger, Laboratoriet for Geomorfologi, Geografisk Centralinstitut, Haraldsgade 68, DK-2100 København Ø.

Et forsøg på en revision af den Milthers'ke ledebloktællingsmetode er en af de forskningsopgaver, som er igang ved Laboratoriet for Geomorfologi, Geografisk Centralinstitut, København. Undersøgelsen startede i 1971. Der skal rettes en takt til stud. scient. Ole Humlum for inspirerende medvirken siden 1972. I det følgende fremlægges undersøgelsens foreløbige resultater. Det taljeret problemstilling og arbejdsprogram er tidligere meddelt (Krüger, 1972).

Mange eller få ledebloktyper i tællingerne

Den Milthers'ke ledebloktællingsmetode, som har været benyttet i Danmark gennem de sidste to menneskealdre, gør brug af få ledebloktyper, hvoraf et udvalg på 6 typer sammenfattes i 3 grupper, repræsenterende hver sin provins, således Oslofeltet (n) med rhombeporfyrr og rhombeporfyrrkonglomerat, Dalarne (s) med Bredvadporfyrr og Grönklittporfyrrit, samt Østersøens bund (ø) med rød og brun Østersøkvartsporfyrr (V. Milthers, 1931, 1934; K. Milthers, 1942). Opdelingen i disse 3 provinser begrundes med, at ledeblokkene herfra indikerer isstrømme ind over Danmark fra henholdsvis nord, nordøst og sydøst, men herudover er de 6 ledebloktyper valgt, fordi de er hyppige og kan bestemmes med stor sikkerhed i marken. S. A. Andersen påpeger det uheldige i at begrænse optællingerne til få ledebloktyper. Under henvisning til den forholdsvis store afstand, der er mellem de tre ledeblokprovinsers hjemsted og Danmark, mener han, at ledeblokke som Kin-

nediabaser, Smålandsgraniter, Påskallavikporfyrer og skånske basalter er af større betydning end Østersøkvartsporfyrer (Andersen, 1945).

I modsætning til den Milthers'ke ledebloktællingsmetode indgår der i den Hesemann'ske metode i Tyskland en lang række krystalline ledeblokke af nordisk oprindelse. Herved kan de forskellige gletscherbaner udredes med større sikkerhed, og samtidig svækkes indflydelsen af sekundære ledeblokke (Hesemann, 1930, 1934). Tilsvarende indgår der i senere tyske og polske ledeblokundersøgelser et meget stort antal ledebloktyper (Lüttig, 1956; Nunberg, 1971).

Hidtil har de forskellige ledebloktællingsmetoder dog udelukkende været baseret på isstrømningsmodeller, men når ledebloktællingsmetoderne skal vurderes ud fra spørgsmålet, om tællingerne bør omfatte mange ledebloktyper, eller om det er tilstrækkeligt med få, må det samtidig ske under hensyntagen til de processer, der har betinget inkorporationen af bjergartsstykker i det skandinaviske is skjold.

For at et is skjold kan optage og borttransportere bjergartsfragmenter i stor mængde fra underlaget, er det ikke tilstrækkeligt, at materialet inkorporeres i is skjoldets bundlag; materialet skal føres op over regelationszonen. Det kan dels ske ved basal frysning, dels gennem mekanisk dispersion af bjergartspartikler i ismatriks (Boulton, 1970; Weertman, 1968). Detaljerede undersøgelser ved basis af Makarovbreen, der er en subpolar gletscher på nordvestlige Spitsbergen, har vist, at inkorporationsprocessen forudsætter en stadig regelation af smeltevand under gletschersålen (Boulton, 1970). Tilsvarende detaljerede undersøgelser af inkorporationsbetingelserne i en tempereret gletscher er igang nær randen af Breidamerkurjökull i Island (Paren, 1972). Basal frysning forekommer under mange polare iskapper. Ifølge Weertman's hypotese består de af en central zone (a), hvor den geotermale varme og friktionsvarmen er større end fraført varme. I den zone smelter isen, og smeltevandet tvinges ud mod gletscherranden. I den næste zone (b) kan isens temperaturgradient lige akkurat fjerne varmeoverskuddet. Derfor genfryser smeltevandet til gletschersålen; men temperaturen er stadig ved smeltepunktet, idet vandet afgiver varme ved regelationen. I den yderste zone (c) er isen fastfrosset til underlaget, som udgør en fortsættelse af permafrostzonen uden for gletscherranden (Weertman, 1961; Nobles & Weertman, 1971). Temperaturforholdene ved bunden af Barnes Ice Cap og det antarktiske is skjold svarer til Weertman's model (Holdsworth, 1973; Flint, 1971). Det er således forskelle i ismassens bundtemperatur, der kontrollerer de inglaciale inkorporationsprocesser, og de optimale betingelser for optagelse af bjergartsfragmenter i større mængde er derfor tilstede i gletschere, hvor der foregår basal frysning. I sammenligning hermed er indholdet af inglaciale materiale ringe i tempererede gletschere, ligesom det er yderst sparsomt i gletschere, der overalt er frosset fast til underlaget (Boulton, 1970, 1971,

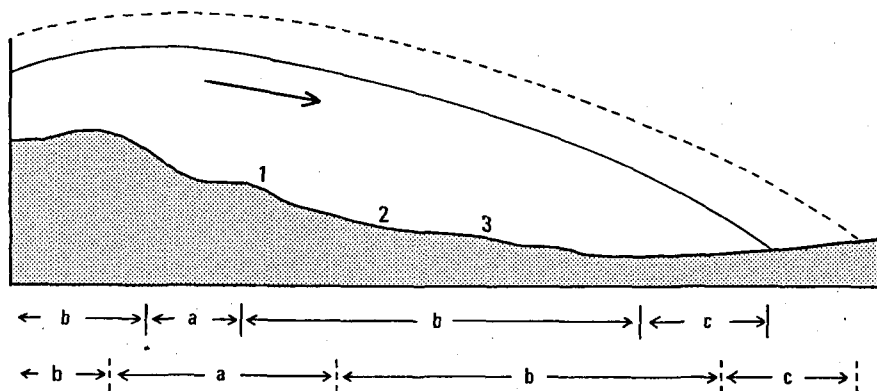


Fig. 1. Model af det skandinaviske isskjold under to forskellige stadier med angivelse af tre temperaturzoner ved ismassens bund. Tallene angiver hjemsteder for Bredvadporfyr (1), Filipstadsgranit (2), og Kinnediabas (3).

1972). De mange fossile permafrostfænomener, der er iagttaget i det skandinaviske isskjolds forland, viser, at der i perioder må have eksisteret 3 temperaturzoner ved isskjoldets basis. Ændringer i isskjoldets materialehus-holdning har medført forskydninger af grænserne mellem disse tre zoner. Fig. 1 viser en model af det skandinaviske isskjold under 2 forskellige stadier i Pleistocæn og viser samtidig hvilken indflydelse forskydningen af temperaturgrænserne kan få på optagelsen af forskellige ledebloktyper. Under det tidlige stadium ligger lokaliteterne 1, 2 og 3 inden for zone b, og Bredvadporfyr, Filipstadsgranit og Kinnediabas inkorporeres i isen. Under et senere stadium ligger Bredvadporfyrens hjemsted derimod i zone a og konserveres, medens Filipstadsgranit og Kinnediabas fortsat optages i ismassen. Under begge stadier forudsættes isstrømme at glide ind over Danmark fra nordøst. I en tænkt ledebloktælling på materiale fra sidste stadiums aflejring vil Bredvadporfyr stort set mangle, hvorimod sekundære ledeblokke som for eksempel rød og brun Østersøkvartsporfyr, optaget fra aflejringer fra en ældre baltisk isstrøm, kan blive dominerende. Hvis den Milthers'ke ledebloktællingsmetodes forhold mellem n, s, og ø anvendes på denne tælling, drages let en fejlagtig slutning om isstrømmens bevægelsesvej. Omfatter optællingen og den statistiske behandling også Filipstadsgranit og Kinnediabas, vil de sekundære ledeblokkes indflydelse derimod svækkes.

Ud fra denne synsvinkel er et af formålene med nærværende undersøgelse derfor at supplere de traditionelle ledebloktyper med en række andre karakteristiske bjergarter fra hjemsteder spredt over sydlige Norge, sydlige Sverige og Bornholm. Bjergarterne udgøres hovedsagelig af forskellige grannittyper, der hidtil har været upåagtede som ledeblokke i danske glacialaf-

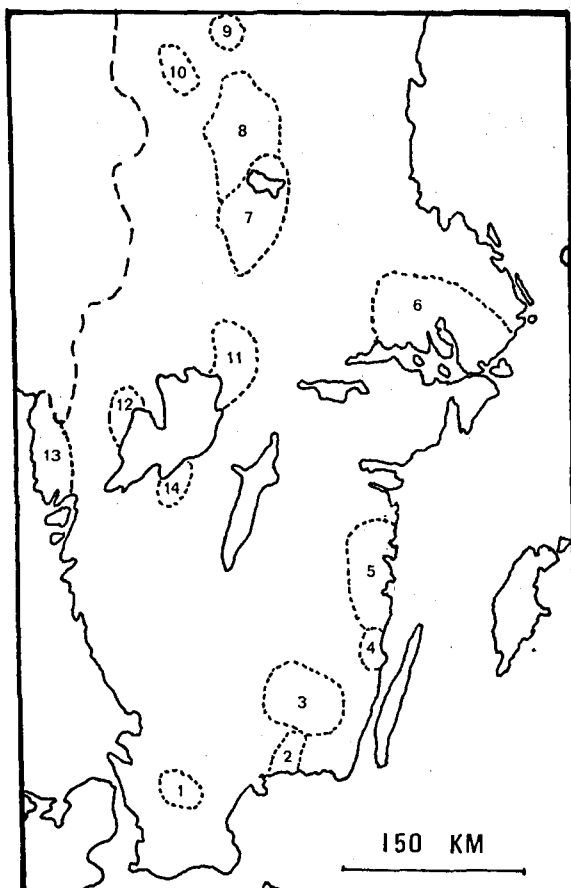


Fig. 2. Områder i Sverige, hvor der er indsamlet bjergarter fra fast fjeld. (1) Skånsk basalt, (2) Karlshamnsganit, Spinkamålaganit, Eringsbodagranit, (3) hornblendeførende Växjögranit, rød og grå Växjögranit, (4) Påskallavikporfyr, (5) Våneviksganit, Uthammarsganit, Virbogranit, Götemarsgranit, (6) rød og grå Stockholmsgranit, Uppsalagranit, Vängegranit, Skattmansögranit, Salagranit, (7) Järnagranit, porfyrisk Järnagranit, Siljansgranit, (8) Grönklittporfyr, Klittbergporfyr, Garberggranit, rød og sort Rännåsporfyr, Orrlopporfyr, Blybergporfyr, Asbydiabas, Månstaporfyr, Kåtilaporfyr, Bredvadporfyr, Hedenporfyr, Venjanporfyr, slirig porfyr, Jöllenporfyr, (9) Glöteporfyr, (10) Särnaporfyr, (11) Filipstadsganit, Kristinahamnsganit, (12) Åmålsgranit, Kroppefjällsganit, (13) Strömstadsganit, rhombeporfyr, Bohuslånggranit, (14) Kinne-diabas.

lejringer. I de seneste år er der peget på andre utraditionelle ledebloktyper (Ødum, 1968; Noe-Nygaard, 1970).

Indtil nu er der foretaget indsamling af grundfjeldsstykker på mere end 100 lokaliteter på hjemsteder, dels i Dalarne i sommeren 1971, dels i Syd-

sverige, Mellemsverige og sydlige Nordsverige i efteråret 1972 (fig. 2). Materialet omfatter håndstykker med friske brudflader, men i nogle tilfælde også de tilsvarende sten med abraderet overflade. På rekognosceringsture langs sjællandske kyster vinteren 1972–73 er følgende svenske graniter genfundet som strandsten: Karlshamnsgranit, rød Växjögranit, Uthammarsgranit, Virbogranit, Uppsalagranit, Vängegranit, Järnagranit, Siljansgranit, Kristinehamnsgranit, Filipstadsgranit, Bohuslänsgranit og Strömstadsgranit. Hertil kommer den bornholmske Vanggranit og Hammergranit. Det er hensigten at udvide denne række i takt med øvelsen og sikkerheden i at bestemme de enkelte granittyper i marken.

Ledebloktypernes kornstørrelsesforhold

Når ledeblokke benyttes i kvantitative analyser, er det vigtigt, at større indbyrdes forskelle mellem optællingsresultater er reelle og ikke stammer fra den benyttede analyseteknik, hvor de primært kan skyldes (1) forskelle i optællingskriterierne, men også kan forårsages af (2) systematiske operatørvariationer ved bestemmelser af ledeblokke, (3) forskelle i grupperingen af ledeblokke, og (4) forskelle i valget af statistiske metoder.

I 1909 gør V. Milthers opmærksom på betydningen af at basere ledeblokoptællinger på en bestemt kornstørrelse, idet mange ledebloktyper repræsenteres forskelligt, alt efter, om optællingen foregår blandt store eller små sten. Optællinger i markstensbunker vil derfor give forholdstal, der er mere eller mindre forrykket i forhold til tællinger på strand- eller grusgravslokaliteter (Jessen, 1922). Ikke desto mindre er ledeblokundersøgelser senere udført på optællinger, der dels er foretaget blandt store sten i markstensbunker, dels omfatter alle tilstedeværende kornstørrelser (V. Milthers, 1929, 1931, 1934, 1948, 1956). For nogle få udvalgte ledebloktypers vedkommende er afhængigheden af kornstørrelsen påvist kvantitativt (Hesemann, 1931, 1933; Gry, 1932; Berthelsen, 1949; Lundqvist, 1951; Marczinkzi, 1968). De undersøgelser har vist, at dalaporfyrgruppen overrepræsenteres i optællinger blandt små sten, medens andelen af Ålandsblokke er størst i de store kornstørrelser. Når K. Milthers derimod hævder i et så centralt arbejde som »Ledeblokke og Landskabsformer i Danmark« (1942), at de 6 mest benyttede ledebloktyper i Danmark er ret uafhængige af kornstørrelsesforholdet og derfor egner sig til statistisk brug, – hersker der mindst talt nogen usikkerhed om de enkelte ledebloktypers kornstørrelsesforhold.

På den baggrund er et andet af undersøgelsens formål at belyse de enkelte ledebloktypers kornstørrelsesforhold, ikke blot for de traditionelle typer, men også for de ovennævnte granitbjergarter.

For at få repræsenteret så mange ledebloktyper som muligt foretages systematiske opsamlinger af ledeblokke på udvalgte lokaliteter rundt i Dan-

Tabel 1. Knudshoved Odde. Kumulativ procentfordeling på kornstørrelsesklasser (cm³)

Ledebloktype	Antal	8-15	8-31	8-63	8-124	8-249	8-499	8-999	8-1999	8-∞
<i>Skolithos</i> -sandsten ...	430	0,9	2,5	8,1	20,2	44,4	71,4	87,4	97,9	100,0
Påskallavikporfyr ...	288	3,1	7,9	16,9	33,6	59,6	80,4	92,2	98,5	99,9
Brun Østersøkvarts- porfyr	206	7,3	17,0	33,5	52,4	74,2	87,8	93,6	99,4	99,9
Vanggranit	127	0,8	5,6	11,1	25,3	53,6	78,0	89,8	96,9	100,1
Ålandsgranit	112	5,4	18,8	31,3	49,2	70,6	83,1	91,1	100,0	—
Bredvadporfyr	104	10,6	22,1	48,1	69,3	84,7	96,2	99,1	99,1	100,1
Hammergranit	88	0,0	1,1	7,9	18,1	60,1	82,8	87,3	95,3	100,0
Särnaporfyr	83	6,0	20,4	40,9	57,8	79,5	92,8	95,2	100,0	—
Ålandsrapakivi	81	2,5	12,4	23,5	42,0	64,2	79,0	88,9	97,5	99,9
Grönklittporfyr	69	8,7	20,3	39,1	52,1	75,3	92,7	95,8	100,1	—
Uthammarsgranit ...	54	0,0	3,7	11,4	29,9	55,7	79,7	88,9	98,1	100,0
Rapakiviagtig Ålandskv.	33	6,1	12,2	27,4	51,6	63,7	81,9	94,0	100,1	—
Ålandskvartsporfyr ..	28	7,1	28,5	46,4	57,1	75,0	82,1	89,2	96,3	99,9

mark. Der er indtil nu opsamlet ledeblokke på to strandlokaliteter, dels Draget på Knudshoved Odde i Sydsjælland (Tabel 1), dels Smidstrup i Nord-sjælland (Tabel 2). Ledeblokkenes kornstørrelse udtrykkes ved volumenet, der er uafhængigt af form og massefylde. Materialet er delt op i 9 kornstørrelsesklasser, og materiale mindre end 8 cm³ udeladt (omtrentlige grænse mellem grus og sten). På Knudshoved Odde er ialt indsamlet 1812 ledeblokke, hvoraf 1703 fordeler sig som angivet i tabel 1, hvor der kun er medtaget typer, som forekommer i mere end 25 eksemplarer. De resterende 109 blokke udgøres af Hedenporfyr, rød Østersøkvartsporfyr, Kåtilaporfyr, Karls-hamnsgranit, Venjanporfyr, Uppsalagranit, Virbogranit, Vängegranit, Kin-nediabas, Garberggranit, skånsk basalt, Blybergporfyr, Klittbergporfyr, Månstaporfyr og hvidprikket flint. Hertil kommer rød Växjögranit og Jär-nagranit, som endnu ikke er indsamlet systematisk på lokaliteten, hvor der med jævne mellemrum stadig foregår indsamling. På Smidstrup-lokaliteten er opsamlet 590 ledeblokke. Heraf udgør 146 bjergartstyper, repræsenteret ved mindre end 25 eksemplarer. Det drejer sig om rhombeporfyrkonglomerat, Påskallavikporfyr, Strömstadgranit, Särnaporfyr, Ålandskvartsporfyr, Kristi-nehamnsgranit, rapakiviagtig Ålandskvartsporfyr, Grönklittporfyr, skånsk basalt, Hedenporfyr, Siljansgranit, rød Østersøkvartsporfyr, Uppsalagranit, Kåtilaporfyr, Venjanporfyr, Uthammarsgranit og hvidprikket flint.

Blandt ledebloktyper, som optræder i stor mængde på begge lokaliteter er *Skolithos*-sandsten overrepræsenteret blandt store sten, medens det omvendte

Tabel 2. Smidstrup. Kumulativ procentfordeling på kornstørrelsesklasser (cm³)

Ledebloktype	Antal	8-15	8-31	8-63	8-124	8-249	8-499	8-999	8-1999	8-∞
Kinnediabas	130	2,3	10,8	27,0	41,6	57,8	77,8	93,2	97,0	100,1
Ålandsgranit	52	17,3	40,4	55,8	69,3	82,8	96,3	98,2	98,2	100,1
Filipstadsgranit	51	3,9	11,7	15,6	39,1	76,4	88,2	96,0	99,9	-
Ålandsrapakivi	47	6,4	27,7	46,8	65,9	82,9	85,0	95,6	97,7	99,9
Rhombeporfyrr	42	23,8	50,0	66,7	78,6	92,9	95,3	100,1	-	-
Bohuslänsgranit	42	0,0	9,5	26,2	50,0	81,0	92,9	97,7	100,1	-
Brun Østersøkvarts- porfyrr	27	40,7	66,6	75,0	88,8	92,5	96,2	99,9	-	-
Bredvadporfyrr	27	33,3	74,0	88,8	99,9	-	-	-	-	-
Skolithos-sandsten ..	26	0,0	3,8	15,3	30,7	42,2	57,6	80,7	92,2	99,9

er tilfældet med Bredvadporfyrr. Herudover viser Särnaporfyrr, Grönklittporfyrr og rhombeporfyrr, som kun indgår på den ene lokalitet, en udtalt tendens til at optræde relativt hyppigt blandt små sten. Flere granittyper er underrepræsenteret blandt de små sten, men deres andel stiger kraftigt omkring kornstørrelsen 63 cm³ og stabiliseres derefter.

Kornstørrelsesfordelingerne kan umiddelbart forklares ved (1) ledebloktypernes kritiske kornstørrelse, det vil sige den kornstørrelsesgrænse mindre end hvilken identifikationen af den pågældende bjergartstype er usikker, (2) forkløftningsintensiteten på ledeblokkenes hjemsted, samt (3) den kemiske og mekaniske nedbrydning under den glacial transport og senere.

Underrepræsentationen af de porfyriske granittyper, Uthammargranit, Filipstadsgranit og Bohuslänsgranit inden for kornstørrelsesklasserne mindre end henholdsvis 63 cm³, 63 cm³ og 31 cm³ skyldes utvivlsomt, at de bjergarters kritiske kornstørrelse ligger omkring henholdsvis 47 cm³, 85 cm³ og 27 cm³. Den tilsvarende underrepræsentation af Hammergranit i klasserne mindre end 124 cm³ kan være betinget af, at bjergarten først er erkendt som erratisk blok på et sent tidspunkt i undersøgelsen og derfor endnu ikke er opsamlet systematisk indenfor alle kornstørrelser. Overrepræsentationen først og fremmest af Bredvadporfyrr, men også af Grönklittporfyrr blandt små sten, kan forklares ud fra forkløftningsintensiteten, der bestemmer den gennemgående maksimale kornstørrelse, som disse bjergartstyper kan sønderdeles i. Den almindeligste afstand mellem forkløftningsflader på Bredvadporfyrens hjemsted er 1-10 cm, og det tilsvarende tal for Grönklittporfyrr er 5-20 cm (fig. 3). Når de bjergarter undertiden optræder som større blokke, er de næsten altid gennemsat af forkløftningsplaner. På de fleste hjemsteder for graniter er derimod målt afstande på 20-100 cm mellem forkløftningsplanerne. Når Marcussen (1973) mener, at ledeblokkene under normal glacial

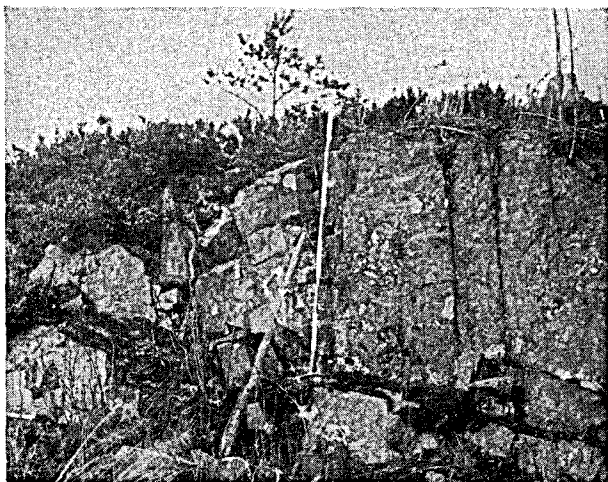


Fig. 3. Forkløftning i Grönklittporfyr. Grönklitten, Dalarne. J. K. fot. 1972.

transport skulle være nedbrudt totalt på den lange transportvej frem til Danmark, og transportmåden derfor må have været en anden, for eksempel flydende isbjerge, bygges på en ældre opfattelse af den glacial abrasionsproces, der nærmest analogiseres med den fluviale. Undersøgelser af sten i moræner viser derimod, at glacial transport indebærer, at de bjergartstyper, der har en stor udgangsstørrelse knuses i mindre grad end små sten (Holmes, 1960). Det er også i bedre overensstemmelse med det nyere glaciologiske teorikompleks for mekanisk nedbrydning af materiale under glacial transport, som medfører, at endog meget store blokke kan overleve lang transport i en gletscher (McCall, 1960; Weertman, 1968). Teoretisk må såvel Bredvadporfyrens forkløftningsegenskaber som de abrasionsprocesser, der har virket under den glacial transport, derfor gøre Bredvadporfyren stærkt kornstørrelsesafhængig, hvorimod mange granittyper til gengæld må være uafhængig af kornstørrelsen. Det synes de foreløbige undersøgelser da også at bekræfte, men der skal dog inddrages flere lokaliteter, før det er muligt at sige, hvilke ledebloktyper, der fremtidig kan anvendes kvantitativt og hvilke blot kvalitativt.

Benyttes den Milthers'ke ledebloktællingsmetodes forhold mellem n , s og ϕ på tællingen fra Draget på Knudshoved Odde fås 0:44:56, hvis alle kornstørrelser medtages. Fra en optælling samme sted i 1968 er forholdet 0:42:58 (Krüger, 1969). Udskydes sten mindre end 250 cm^3 og 500 cm^3 forrykkes det tilsvarende forhold til henholdsvis 0:38:62 og 0:26:74, idet den gennemgående minimale stenstørrelse i markstensbunker er $300\text{--}400 \text{ cm}^3$. For Smidstrup-tællingen er forholdet 50:27:23, hvis alle kornstørrelser med-

regnes, og 72:11:17 og 67:0:33 i de tilfælde, hvor sten mindre end henholdsvis 125 cm³ og 250 cm³ udskydes. Taleksemplerne understreger blot, hvor nødvendigt det er at undersøge ledeblokkens kornstørrelsesforhold, inden blokkene benyttes i kvantitative analyser.

(Foredrag ved Dansk Geologisk Forenings årsmøde 3. november 1973)

Litteratur

- Andersen, S. A. 1945: Isstrømmenes Retninger over Danmark i den sidste Istid, belyst ved Ledeblokundersøgelser. *Meddr dansk geol. Foren.* **10**, 594–608.
- Berthelsen, A. 1949: Nogle ledebloktællinger på Horsensegnen. *Meddr dansk geol. Foren.* **11**, 449–455.
- Boulton, G. S. 1970: On the origin and transport of englacial debris in Svalbard glaciers. *J. Glac.* **9**, 213–29.
- Boulton, G. S. 1971: Englacial debris in glaciers: reply to the comments of Dr. J. T. Andrews. *J. Glac.* **10**, 410–11.
- Boulton, G. S. 1972: Englacial debris in glaciers: reply to the comments of dr. J. T. Andrews. *J. Glac.* **11**, 155–56.
- Flint, R. F. 1971: *Glacial and Quaternary geology*. New York.
- Gry, H. 1932: Undersøgelser over Ledeblokke i Skaane. *Meddr dansk geol. Foren.* **8**, 143–57.
- Hesemann, J. 1930: Statistische Geschiebeuntersuchungen. *Z. Geschiebeforsch.* **6**, 158–62.
- Hesemann, J. 1931: Quantitative Geschiebebestimmungen im norddeutschen Diluvium. *Jb. preuss. geol. L.-A.* **51**, 714–58.
- Hesemann, J. 1933: Über die Bedeutung von Korngrösse, Verwitterung und Art der Ablagerung für die Geschiebeführung. *Z. Geschiebeforsch.* **9**, 1–6.
- Hesemann, J. 1934: Ergebnisse und Aussichten einiger Methoden zur Feststellung der Verteilung kristalliner Leitgeschiebe. *Jb. preuss. geol. L.-A.* **55**, 1–27.
- Holdsworth, G. 1973: Barnes Ice Cap and englacial debris in glaciers. *J. Glac.* **12**, 147–48.
- Holmes, C. D. 1960: Evolution of till-stone shapes. Central New York. *Bull. geol. Soc. Am.* **71**, 1645–60.
- Jessen, A. 1922: Kortbladet Varde. *Danmarks geol. Undersøgelse*, række 1, **14**.
- Krüger, J. 1969: Landskabsformer i sydlige Sjælland. Studier over glaciallandskabets morfologi, opbygning og dannelse. *Geogr. Tidsskr.* **68**, 105–212.
- Krüger, J. 1972: En undersøgelse af skandinaviske ledeblokkens fordeling og hyppighed i forskellige kornstørrelser. Projekt 2: Oversigt over igangværende og planlagt forskning i glacialmorfologi. *Univ. geogr. Inst.* 5–19.
- Lundqvist, G. 1951: Beskrivning till jordartskarta över Kopparbergs Län. *Sveriges geol. Undersøgelse*, Ca **21**.
- Lüttig, G. 1958: Methodische Fragen der Geschiebeforschung. *Geol. Jb.* **75**, 361–418.
- Marcussen, I. 1973: Stones in Danish tills as a stratigraphical tool. *Bull. geol. Instn. Univ. Uppsala N.S.*, **4**.
- Marczinski, R. 1968: Zur Häufigkeit und Verteilung von Geschieben in verschiedenen Korngrößen – Berichten saaleglazialer Ablagerungen Norddeutschlands. *Mitt. geol. Techn. Univ. Hannover* **8**, 74–86.

- McCall, J. G. 1960: The flow characteristics of a cirque glacier and their effect on glacial structure and cirque formation. Norwegian cirque glaciers. Ed. W. V. Lewis. *Royal geogr. Soc. research ser.* 4, 39–62.
- Milthers, K. 1942: Ledeblokke og Landskabsformer i Danmark. *Danmarks geol. Undersøgelse*, række 2, 69, 1–137.
- Milthers, V. 1909: Scandinavian indicator-boulders in the quaternary deposits. *Danmarks geol. Undersøgelse*, række 2, 23, 1–153.
- Milthers, V. 1929: Betydningsfulde Forekomster af Basaltblokke i Jylland. *Meddr dansk geol. Foren.* 7, 309–316.
- Milthers, V. 1931: Israndens Tilbagerykning fra Østjylland til Sjælland-Fyn, belyst ved Ledeblokke. *Meddr dansk geol. Foren.* 8, 1–70.
- Milthers, V. 1934: Die Verteilung skandinavischer Leitgeschiebe im Quartär von Westdeutschland. *Abh. preuss. geol. L.-A. N. F.* 156, 1–74.
- Milthers, V. 1948: Et Tilbageblik over Strejftog efter Ledeblokke gennem 40 Aar 1898–1937. *Meddr. dansk geol. Foren.* 11, 247–305.
- Milthers, V. 1956: Et vestjysk istidsområde. *Meddr dansk geol. Foren.* 13, 63–78.
- Nobles, L. H. & Weertman, J. 1971: *Influence of irregularities of the bed of an ice sheet on deposition rate of till*. Till a symposium. Ed. R. P. Goldthwait. Ohio State. 117–26.
- Noe-Nygaard, A. 1970: Hornfelserne fra Oslofeltet – en overset gruppe ledeblokke i Danmark. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1970*, 1–3.
- Nunberg, J. 1971: Próba zastosowania metod statystycznych do badan zespłu gíasów Fennoskandyjskich wystepujacych w utworach glacialnych pólnocno-wschodniej Polski. *Studia geol. Polonica* 37, 1–103.
- Paren, J. G. 1972: Recent work: Iceland. *Ice*, 40, 2.
- Weertman, J. 1961: Mechanism for the formation of inner moraines found near the edge of cold ice caps and ice sheets. *J. Glac.* 3, 965–77.
- Weertman, J. 1968: Diffusion law for the dispersion of hard particles in an ice matrix that undergoes simple shear deformation. *J. Glac.* 7, 161–65.
- Ødum, H. 1968: Flintkonglomeratet i Jylland, Tertiærformation og ledeblok. *Meddr dansk geol. Foren.* 18, 1–32.