

Bemærkninger om dal-dannelser i smeltevandsterrasser med eksempler fra Island og Danmark

JOHANNES KRÜGER



Krüger, J.: Bemærkninger om dal-dannelser i smeltevandsterrasser med eksempler fra Island og Danmark. *Dansk geol. Foren., Årsskrift for 1984*, side 7–13, København, 28. februar 1985.

Present-day gully formation in glacio-fluvial terraces of the outwash plains Skeidararsandur and Mýrdalssandur in South Iceland is analysed. The climate may be characterized as cold temperate oceanic. The gullies develop by backward movement of the valley ends by two different processes of water erosion. A dry valley pattern is produced by those streams which are fed by water from the intensively melting of snow during spring. During this time the ground surface underlying the snow is still frozen and the melt-water has to flow over its surface. A second type of gullies is currently formed by streams fed by ground-water inflow. Obviously, the overall gully formation is closely connected with the fossil pattern of braided river channels on the surface of the outwash plains and terraces.

A more developed pattern of fossil gullies in a former periglacial area in western Denmark is also discussed. The gullies are situated in an outwash plain of Weichselian age. In spite of the fact that these gullies were formed under periglacial climate conditions the above processes are considered as the basic factors for the gully formation. Snow-meltwater, collecting in fossil glacio-fluvial braided stream channels, as well as inflow of groundwater into the proglacial river valleys (Karup dalen and Hjortedal) due to high groundwater table above permafrost initiated the gully formation.

Johannes Krüger, *Laboratorium for Geomorfologi, Geografisk Centralinstitut v. Københavns Universitet, Øster Voldgade 10, 1350 København K.* 23. oktober 1984.

På smeltevandssletter foran nutidsgletschere findes såkaldte proglaciale eller extramarginale smeltevandsdale med terrassedannelser. Udformningen af disse dale skyldes sænkninger af dybdegrænsen for smeltevandsflodens erosion efter dannelsen af selve smeltevandssletten. Sænkningerne af erosionsbasis sker i forbindelse med niveauændringer eller ændringer i afløbsforhold og vandføring. I dalsiderne er ofte udviklet erosionskløfter, der er nedskåret på særdeles markeret måde i terrasserne og den tilgrænsende smeltevandsslette. Flertallet af disse kløfter fremtræder som tør-dale, medens et fåtal er vandførende.

I Danmark fures terrasseskrænterne i de proglaciale smeltevandsdale af tilsvarende erosionskløfter, bl.a. langs Karup dalen og Hjortedal sydvest for Viborg. Disse smådale er undertiden betegnet senglaciale eller postglaciale dale (Schou, 1949), men oplysninger om deres dannelse savnes i høj grad. Det er fremført i litteraturen, at en tilsvarende nutidig dal-dannelse i flodterrasser i Spitsbergen er et periglacialt fænomen og skyldes termokarst processer, og at de pågældende dale

er initieret af det iskile-polygon-net, som findes på terrasse-overfladen (Svensson, 1982).

Her skal på basis af feltobservationer og flyfoto-studier fra Skeidararsandur og Mýrdalssandur i Island omtales en alternativ mekanisme, der kan initiere og udvikle dannelsen af erosionskløfter og dale i smeltevandsterrasser i et koldt tempereret oceanisk klima. Desuden gøres der nogle sammenlignende betragtninger over erosionsdalene på Karup fladen i Vestjylland (fig. 1).

Skeidararsandur

Det geomorfologiske kort på figur 2 viser et udsnit af landskabet foran den centrale del af Skeidararjökull, der er en hovformet sydlig udløbsgletscher fra Vatnajökull. Randmorænen ligger ca. 3,5 km foran den nuværende gletscherrand og rager 20–30 m op over det tilgrænsende landskab. Randmorænen dannedes omkring århundredskiftet på et tidspunkt, da mange islandske gletschere var i fremrykning (Thorarinsson, 1943; Galon, 1973). Fra denne tid stammer også de højestliggende partier af den foranliggende smel-

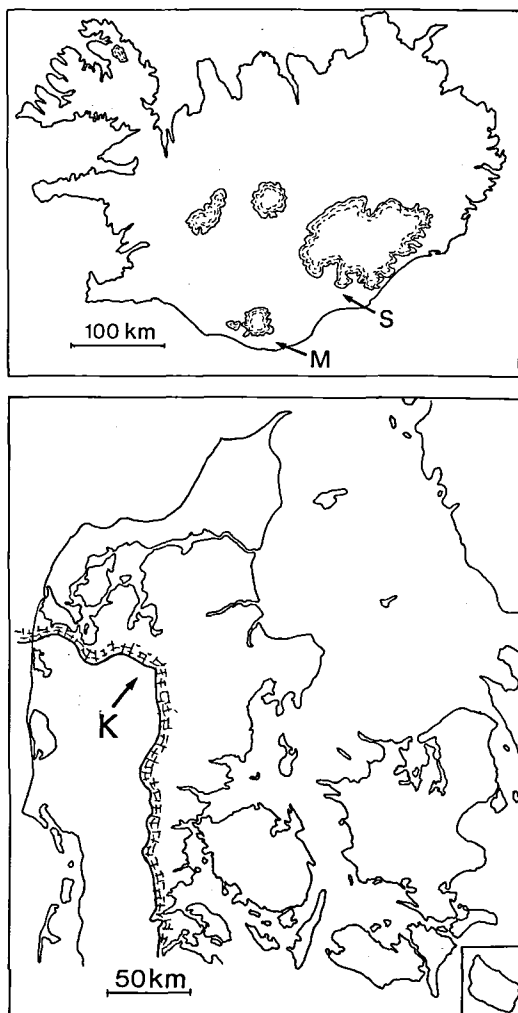


Fig. 1. Oversigtskort med angivelse af Skeidararsandur (S) and Mýrdalssandur (M) i Island, samt Karup fladen (K) i Danmark. Endvidere er Hovedopholdslinien i Jylland indtegnet.

Location map showing the outwash plains Skeidararsandur (S) and Mýrdalssandur (M) in Iceland, as well as the Karup outwash plain (K) in Denmark. Furthermore, the map of Denmark shows the important geomorphological dividing line in Jylland, the so-called Main Stationary Line, which in general is interpreted as the maximum limit of the advance of the Weichselian ice sheet.

tevandsslette Skeidararsandur, hvis proksimale del ligger 80–90 m over havniveau. Det karakteristiske flettede forløb af tidligere smeltevandsløb er bevaret på terrænoverfladen og tegner tydeligt billedet af små smeltevandsvifter med top-punkter beliggende langs randmorænenes fod på de steder, hvor smeltevandet har forladt gletscheren. På kortet ses endvidere to proglaciale

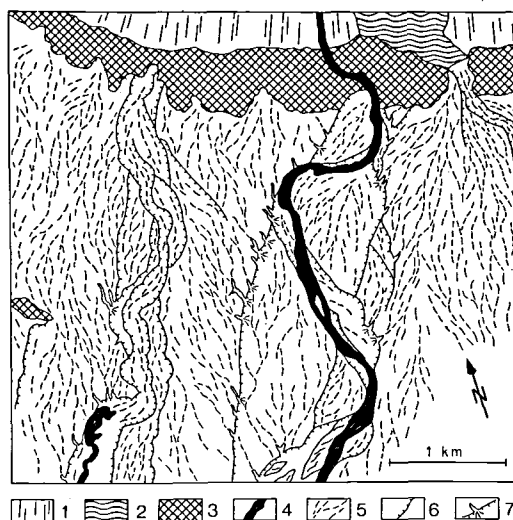


Fig. 2. Geomorfologisk kort over en del af smeltevandssletten Skeidararsandur med smeltevandsfloden Sandgigjukvísl. (1) Bundmoræne med »flutes«. (2) Småbakked dødmoræne. (3) Randmoræne. (4) Flod. (5) Render efter flettede strømløb. (6) Terrasseskrænt. (7) Erosionskløft med aflejningskegle ved munden. Kortlagt på basis af flyfoto fra 1960.

Geomorphological map showing a part of the outwash plain Skeidararsandur and the proglacial river Sanggigjukvísl. (1) Fluted ground moraine. (2) Hummocky dead-ice moraine. (3) Hilly ice-marginal moraine. (4) River. (5) Fossil braided river channels. (6) Erosion scarp. (7) Gully with alluvial fan. Mapped on basis of air photographs taken in 1960.

dale – en vestlig, hvis nordlige del er en tørdal, og en østlig med floden Sandgigjukvísl, der fører gennem randmorænen og dræner smeltevandet fra den centrale del af Skeidararjökull. Vandløbet i den vestlige dal fødes af udstrømmende grundvand. Begge dale er fladbundede og omgivet af erosionsterrasser, der er beliggende 1–15 m over dalbunden.

Flere steder er terrasseskrænterne furet af kløfter. Disse kløfter, der er 2–10 m dybe og har et V-formet tværsnit, kan følges 25–200 m ind på terrasserne eller den tilgrænsende smeltevandsflade. I mange tilfælde findes en lille aflejningskegle ved munden. Dal-enderne er oftest meget stejle med en brat overgang til en fossil smeltevandskanal. Det fremgår af det geomorfologiske kort, at erosionskløfterne i langt overvejende grad er knyttet til bestemte terrasseskrænter, nemlig de terrasseskrænter, hvor de fossile smeltevandsrender fører frem mod skræntens overkant. Derimod er der yderst få erosionskløfter knyttet til de terrasseskrænter, der løber parallelt

med de fossile render, eller hvor renderne fører bort fra terrasseskræntens overkant. Endvidere fremgår det, at den retning, den påbegyndte kløftdannelse udvikler sig i, er styret af det flettede forløb af smeltevandskanalerne og ikke af forløbet af den pågældende terrasseskrænt.

I observationsperioderne om sommeren har disse erosionskløfter altid været tørre selv efter perioder med voldsom regn, hvilket tilskrives smeltevandsmaterialets store permeabilitet. Men da dannelsen af kløfterne ikke desto mindre er knyttet til et dræneringsmønster på terrænoverfladen, må det antages, at de pågældende strømløb fødes af vand fra forårets snesmeltning. På denne tid er jordoverfladen under sneen endnu frosset. Sne-smeltevandet kan derfor ikke trænge ned i jorden, men må følge de gamle glacio-fluviale kanaler (se også Churski, 1973).

Kløfterne i terrassekanterne tænkes derfor udviklet på den måde, at dal-enderne ved sne-smeltevandets erosion rykker gradvis tilbage i bunden af de glacio-fluviale kanaler. Som følge af det ganske unge stadium, på hvilket disse smådale befinder sig, er terrasserne ikke sønderdelt i nævneværdig grad.

Mýrdalssandur

På Mýrdalssandur er tilsvarende erosionskløfter under udvikling i terrasseskrænterne langs de proglaciale smeltevandsdale, men desuden findes kildedale med vandløb, der fødes af udstrømmende grundvand. Grundvandet er dels nedbørsvand (den årlige nedbør udgør mere end 2000 mm), dels smeltevand fra Höfdabrekkujökull, der er en sydøstlig udløbsgletscher fra iskappen Mýrdalsjökull. Kildedalene optræder hyppigst langt fra gletscherranden – oftest i en afstand af mere end 10 km – og kan være flere kilometer lange. Opstrøms kan kildedalene være for-grenede (fig. 3). De modne afsnit af dalene er fladbundede, medens de øverste dele er V-formede i tværsnit og kan have stejle dal-ender, hvor grundvandet strømmer frem i dagen (fig. 4). I andre tilfælde strømmer grundvandet blot frem i bunden af et i forvejen eksisterende dalsystem. Da det øverste punkt i langt de fleste kildedale ligger i en fossil glacio-fluvial rende på smeltevandsletten (fig. 5), må det antages, at vandløb på terrænoverfladen i forbindelse med forårets snesmeltning også er medvirkende ved



Fig. 3. Geomorfologisk kort over en del af smeltevandsletten Mýrdalssandur med smeltevandsfloden Blautakvísl. Området er beliggende 10–15 km sydøst for Höfdabrekkujökull. (1) Flettede strømløb. (2) Render efter flettede strømløb. (3) Terrasseskrænt. (4) Erosionskløft i terrasseskrænt. (5) Aflejringskegle ved munding af erosionskløft. (6) Kildedal. Kortlagt på basis af flyfotos fra august 1960.

Geomorphological map showing a part of the outwash plain Mýrdalssandur and the glacio-fluvial river Blautakvísl. This area is situated 10–15 km southeast of the glacier Höfdabrekkujökull. (1) Braided rivers. (2) Fossil braided river channels. (3) Erosion scarp. (4) Gully. (5) Alluvial fan. (6) Valley fed by ground water. Mapped on basis of air photographs taken in August 1960.

dannelsen af kildedalene og bl.a. styrer retningen for den tilbagegående erosion. Lignende dale med vandløb, der fødes af grundvand, er omtalt fra Skeidararsandur af Hjulström (1955) og Churski (1973).

Karup fladen

Det geomorfologiske kort på figur 6 viser et udsnit af Dollerup keglen, der er den nordligste af de tre smeltevandsvifter, der tilsammen danner Karup fladen sydvest for Viborg. Den del af fla-



Fig. 4. Kildedal med stejl dal-ende. Mýrdalssandur. Juli 1984.

Valley fed by groundwater. Notice the steep valley end. Mýrdalssandur. July 1984.



Fig. 5. Kildedal med tilbagegående erosion i den opstrøms retning i en tidligere glacio-fluvial rende. Mýrdalssandur. Juli 1984.

Valley fed by ground water demonstrates backward-moving erosion in the upstream direction of a fossil glacio-fluvial channel. Mýrdalssandur. July 1984.

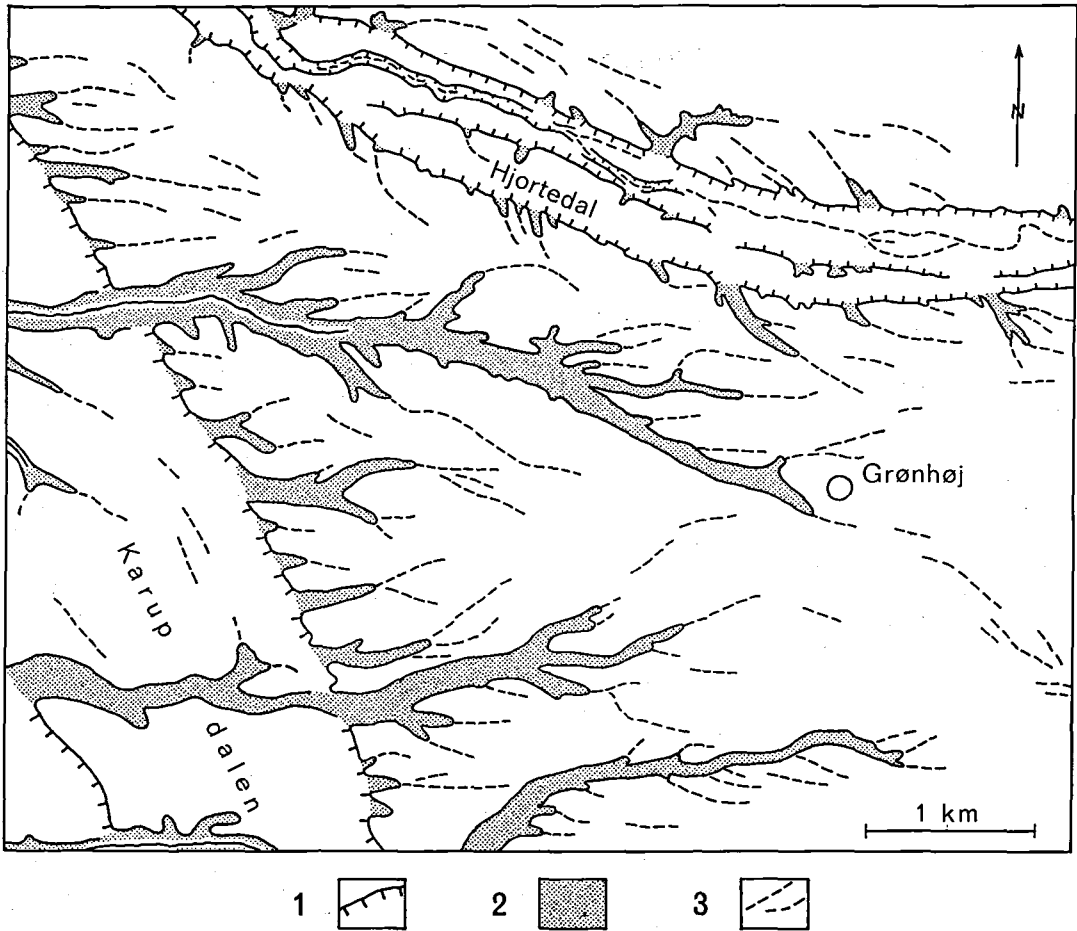


Fig. 6. Geomorfologisk kort over en del af Karup fladen med de proglaciale smeltevandsdale Hjortedal og Karup dalen. (1) Terrasseskrænt. (2) Erosionsdale og kløfter. (3) Render efter flettede strømløb. Kortlagt på basis af flyfotos fra 1965 og målebordsblade med en højdekurvækvadistance på 5 fod.

Geomorphological map showing a part of the outwash plain Karup fladen and the proglacial valleys Hjortedal and Karup dalen. (1) Erosion scarp. (2) Gully. (3) Fossil braided river channels. Mapped on basis of air photographs taken in 1965 and topographic maps with contour interval about 1.5 m.

den, kortudsnittet viser, ligger 4–10 km vest for keglens toppunkt ved Skelhøje (80 m over havet). Herfra hælder terrænoverfladen generelt mod vest og sydvest. På fladen kan der skelnes mellem tre morfologisk forskellige daltyper: (1) Proglaciale smeltevandsdale, (2) lange forgrenede erosionsdale, og (3) korte erosionskløfter. Herudover ses spor efter flettede strømløbssystemer inde på smeltevandsfladen.

De proglaciale smeltevandsdale udgøres af Karup dalen og Hjortedal. Karup dalen udgår fra et kegletoppunkt ved Moselund ca. 20 km syd for Skelhøje, medens Hjortedal starter nær Skelhøje og slutter sig til Karup dalen nordvest for kort-

udsnittet. I begge dale er der veludviklede terrasser, der er opstået i forbindelse med gentagne ændringer af afløbsvejen for smeltevandet i takt med isens bortsmeltning nord for Karup fladen (Milthers, 1935; Hansen, 1971).

De lange forgrenede erosionsdale gennemskærer på markant måde Karup dalens terrasser og kan følges 2–4 km ind på den tilgrænsende smeltevandsflade. Hovedretningen for disse dale svarer til retningen af de render, de flettede strømløb har frembragt på Karup fladen; det gælder f.eks. Resen Bæk dalens forlængelse sydøst for Grønhøj. Ligeledes udgår dalenes enkelte grene fra sådanne render. Den øvre del af disse ero-



Fig. 7. Udsigt gennem erosionskløft og ud på Karup dalens øverste terrasse. September 1984.

View across a fossil gully and the upper terrace of the proglacial river valley Karup dalen. September 1984.

sionsdale er i dag tørdale, hvorimod den nedre del rummer et vandløb, der fører ud til Karup Å.

Den tredje kategori af dale er de mange erosionskløfter, der furer terrasseskrænterne – ikke blot langs Karup dal og Hjortedal, men også langs de forgrenede erosionsdale. Erosionskløfterne er 0,1–1 km lange og 4–8 m dybe tør-dale (fig. 7). De har almindeligvis et V-formet tværsnit, men profilet kan være ændret noget fordi flere af kløfterne har været benyttet som færdselsveje (se ældre udgaver af målebordsblade samt Müller, 1904). Kun i få tilfælde findes der en aflejringskegle ved dalmundingen.

Der er forskellige morfologiske træk, der synes at vise, at erosionskløfternes udvikling har været styret af det fossile strømløbssystem inde på Karup fladen. For det første ligger kløfterne, der almindeligvis ender brat, næsten uden undtagelse i forlængelse af disse fossile render på smeltevandssletten. For det andet ses det, at kløfterne især optræder langs Karup dalen, sandsynligvis fordi denne dal løber næsten vinkelret på det fossile strømløbssystem. I modsætning hertil optræder erosionskløfterne mere spredt langs Hjorte-

dal, der næsten er orienteret parallelt med renderne på den tilgrænsende flade. Endelig er det påfaldende, at flertallet af kløfterne langs Hjortedal – både langs dennes sydside og nordside – har samme orientering som renderne efter de flettede strømløb.

Diskussion

De fremlagte observationer fra Skeidararsandur og Mýrdalssandur viser, at i et koldt tempereret oceanisk klima som det sydislandske udvikles særdeles velmarkerede erosionskløfter i terrasseskrænterne langs de proglaciale dale på smeltevandssletterne. Der kan her skelnes mellem to morfogenetiske typer: (1) Lange forgrenede kildedale, der fortrinsvis opstår i forbindelse med udstrømmende grundvand og almindeligvis optræder fjernt fra gletscheren, og (2) forholdsvis korte tør-dale, hvis dannelse er knyttet til smeltevandets erosion om foråret, hvor vinterfrosken endnu ikke er gået af jorden. I begge tilfælde udvikles kløfterne og dalene ved, at deres øverste punkt forlægges gradvist tilbage ved ned-

brydning af dal-enden. Det er påfaldende, at den retning, denne proces foregår i, nøje er knyttet til det flettede forløb af fossile glacio-fluviale kanaler på den terrasse eller slette, som dalene udvikles i.

Iagttagelserne fra Island lader sig imidlertid ikke umiddelbart overføre til det danske eksempel fra Karup fladen. Ganske vist kan her findes de samme morfologiske dal-typer, men er dannelsesmåden den samme?

Den manglende tilstedeværelse af sand- og gruskegler ud for erosionskløfternes munding på første terrasse i Karup dalen og Hjortedal viser, at disse kløfter ikke har været aktive i Postglaciale tid, men at dal-dannelsen må være foregået på et tidligt tidspunkt i Karup dalens udvikling, da isen endnu befandt sig ved Hovedopholdslinien syd for Dollerup. På det tidspunkt var klimaet arktisk. Det viser bl.a. tilstedeværelsen af fossile frostsletter i selve smeltevandsletten (Nørvang, 1942). Det betyder, at de små erosionsdale og kløfter på Karup fladen må være opstået under periglaciale klimaforhold, hvor jorden har været permanent frossen et stykke under terrænoverfladen – og dermed under andre klimaforhold end den tilsvarende nutidige dal-dannelse på smeltevandsletterne i Syd Island.

Bortset fra denne forskel synes smådalenes form at vise, at den formdannende proces – ligesom i eksemplerne fra Island – har været vandløbserosion. Småvandløbene må have fået deres tilførsel af vand, dels fra overfladevand fra forårets snesmeltning, dels fra udstrømmende grundvand fra bunden af den aktive zone eller fra ufrosne partier mellem permafrost-lag. Uanset hvilke processer, der har initieret dal-dannelsen, så er det dog tilsyneladende de oprindelige rønder efter flettede strømløb på Karup fladen, der

har styret udviklingen af de pågældende erosionsdale og kløfter – og ikke et iskile-polygon-net.

For en nærmere redegørelse mangler der fortsat egentlige detailanalyser af de mange smådale, der furer terrasseskrænterne i de proglaciale smeltevandsdale i Vestjylland.

Tak

Feltiagttagelserne i Island er gjort i tilknytning til de glacialmorfologiske-sedimentologiske undersøgelser, der løbende udføres i Mýrdalsjökulls randområde og er støttet af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd og Carlsbergfondet. Endvidere på en rekognosceringstur til Skeidararjökull i sommeren 1977 og på en rejse med Styrelsen for Nordiske Geo-ekskursioner under Nordisk Ministerråd til Vatnajökulls sydrend i maj 1984.

Litteratur

- Churski, Z. 1973: Hydrographic features on the proglacial area of Skeidararjökull. *Geographia Polonica*, 26, 209–254.
- Galon, R. 1973: Geomorphological and geological analysis of the proglacial area of Skeidararjökull. Central section. *Geographia Polonica*, 26, 15–56.
- Hansen, K. 1971: Tunnel valleys in Denmark and northern Germany. *Bull. geol. Soc. Denm.*, 20, 295–306.
- Hjulström, F. 1955: The ground water. *Geogr. Ann.*, 37, 234–245.
- Milthers, K. 1935: Landskabets udformning mellem Alheden og Limfjorden. *Dann. geol. Unders.*, II, 56, 36 s.
- Müller, S. 1904: Vei og bygd i sten- og bronzealderen. *Årb. f. nord. oldkyndighed*, 1–64.
- Nørvang, A. 1942: Frostsletter i Jylland. *Meddr. dansk geol. Foren.*, 178–205.
- Schou, A. 1949: *Atlas over Danmark. I. Landskabsformerne*. 160 s.
- Svensson, H. 1982: Valley formation initiated by ice wedge polygonal nets in terrace surfaces. *Biuletyn Perygl.*, 29, 139–142.
- Thorarinsson, S. 1943: Vatnajökull. Scientific results of the Swedish-Icelandic investigations 1936–37–38. *Geogr. Ann.*, 25, 1–54.