

Periglaciális lejtős tömegmozgások vizsgálata a King George-szigeten (Déli Shetland-szigetek, Nyugat-Antarktisiz)

NAGY BALÁZS¹–SZALAI ZOLTÁN²

Abstract

Periglacial mass movements in King George Island (South Shetland Islands, West Antarctica)

The mass movement is the most important process in the geomorphic evolution on the glacier free surfaces („oases”) on the Antarctic islands. The Hungarian participant of the 22nd Polish Antarctic Expedition has worked on two sample areas and investigated this process. This paper presents achievements of this fieldwork and of the laboratory analysis of collected samples. The research focused on changes in the active layers (thickness of defrozen material, the temperature, the groundwater depth) during the summer period. The collected samples were analysed by ICP-AES and ETA-AAS. These measurements have served the estimation of environmental risks resulting from of the weathering of the parent-rock and investigations into geomorphic processes unexplorable by traditional fieldwork methods. The research has resulted new additional knowledge about the effects of the global warming in the Antarctic region, the physical processes of the investigated periglacial forms and has demonstrated the relevance of various methods of analytical chemistry for modern geomorphic research.

Bevezetés, célkitűzés

Az antarktisz peremvidék jégtakaróval övezett jégmentes foltjai, oázisoknak nevezett szürke, hideg kősvatagai – a felszínfejlődést tekintve – a fagyott kontinens legdinamikusabban változó területei. Ezen antarktikus partvidéki ökoszisztémák éghajlat-ingadozásokhoz kapcsolódó környezet-változása legeredményesebben a periglaciális és glaciális folyamatok vizsgálatával követhető nyomon.

A 22. Lengyel Antarktisz Expedíció (1997–1998) a Henryk Arctowski Kutatóállomás térségében végzett periglaciális geomorfológiai kutatások során a permafrost jellegzetességeit, nyári-őszii degradációját, az aktív rétegben lejátszódó áramlási folyamatokat, s az így létrejött felszínformákat tanulmányozták. A kijelölt mintaterületek térképezését és állapotfelmérését követően egy hosszú távú mérésorozat segítségével nyomon követhetők az oázisok legfontosabb felszínformáló jelenségei, a periglaciális folyamatok és ezek aktivitásának változása. A vizsgálatok a „*Variability of the Antarctic Coastal Ecosystem*” nemzetközi kutatóprogramba illeszkednek.

¹ ELTE Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 2.

² MTA Földrajztudományi Kutatóintézet 1112 Budapest, Budaörsi út 45.

Jelen tanulmányban az oázisok felszínfejlődésében döntő jelentőségű lejtős tömegmozgások antarktisi jellegzetességeiről, s a terepen (két mintaterületen) gyűjtött üledékminták laboratóriumi elemzési eredményei alapján a vékony törmeléktakaró sajátosságairól kívánunk beszámolni.

A kutatási terület jellemzése

A King George-sziget a 4662 km² összterületű, vulkanikus Déli-Shetland-szigetcsoport legnagyobb (1310 km²-es) tagja. Ez egy szigetív, ami a Dél-Amerika és az Antarktisz között húzódó, főként tenger alatti Skócia-vonulat részét képezi. A vizsgálatoknak otthont adó szigetet az Antarktisi-félszigettől a Bransfield-szoros, Dél-Amerikától a Drake-átjáró választja el.

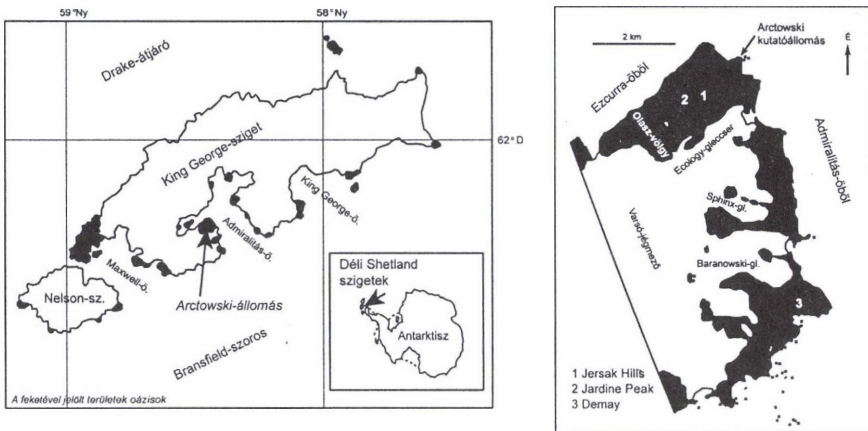
A szigetmagot mintegy 90%-ban befedő jégtakaró 700 m-es tszf-i magasságig emelkedik, a jégvastagság meghaladja a 350 m-t. A fennsík jellegű jégmezőkről gleccserek ereszkednek a tenger irányába. A jégárak többsége – a jégtakarók peremi túlcsoordulásaként – eléri a tengert. A térségben mért 0,1°C/10 éves ütemű felmelegedés (RAKUSA-SUSZCZEWSKI S. 1993) hatására a jégárak hátrálnak (15–20 m/év), a jégnyelvek és a jégtakaró vastagsága csökken, a jégmentes felszín kiterjedése nő, újabb és újabb jégcsiszolta sziklatűk bukkannak ki a jég alól.

Az eljegesedett terület peremvidékén gleccserekkel körülvéve sorakoznak a partmenti oázisok, s a kutatóállomások kopár kősvatagokban, a tengerparton helyezkednek el. (Az Antarktison jelenleg működő 34 állandó kutatóállomásból 9 a King George-szigeten található!) Az 1977-ben alapított Henryk Arctowski Lengyel Antarktisi Kutatóállomás (D.sz. 62°09'41", Ny.h. 58°28'10") a sziget D-i oldalán nyíló fjord, az Admirális-öböl Ny-i partján áll.

A vizsgálatok mintaterületeit az állomás körüli 7–8 km²-es, jégnyelvekkel darabokra szabdaltnak oázisban jelöltem ki. Ezek a nagy méretarányban feltérképezett területek eltérő tszf.-i magasságokban fekszenek, kitettségük, lejtésük, kőzetanyaguk és a növényborításuk különbözik, s a bázistól egyikük sincs messzebb 10 km-nél. Néhányuk az SSSI (*Site of Special Scientific Interest*) No. 8 szigorúan védett térségben található. A kutatás teljes területe az Admiralty Bay ASMA (*Antarctic Specially-Managed Area*) része (1. ábra).

Alkalmazott módszerek

A térségre jellemző periglaciális tömegmozgások sajátosságairól, hosszabb periódusú aktivitásáról, a *permafrost* kiterjedéséről, annak nyári degradációjáról, a talajvízszint változásáról adatokat szolgáltatató vizsgálataink számára a mintaterületekről és közvetlen környezetükről a Brit Antarktisi Szolgálat térképészeti alappontjait felhasználva, szintező, teodolit, GPS segítségével nagy méretarányú (1:200–1:5000) topográfiai térképek készültek. Ugyancsak elkészült a vizsgálati területek geomorfológia térképe, ill. több geomorfológiai és szedimentológiai keresztmetszvény, továbbá ábrázoltuk a növényborítást és az osztályozott felszíni üledékek mintázatát is.



1. ábra. A vizsgálat mintaterületeinek elhelyezkedése

Geographical setting of sample areas

A Jardine Peak térségben létesített 10 m-es oldalhosszúságú négyzetekből felépülő 100x100 m-es kutatóháló rácspontjaiban havi rendszerességgel, a kutatóhálóban futó transzekt mentén, 2 m-enként, földbe vert acélrudak alkalmazásával heti gyakorisággal, NELSON F. et al. (1995) módszerei alapján mértük az aktív réteg vastagságát és a talajvíztükör szintjét. Az ÉNy–DK-i futású, 104 m hosszú szelvény (völgyalji keresztmetszet) mentén a nyári olvadási periódusban, 6 megfigyelőhelyen, napi rendszerességgel folytak a talajhőmérséklet-mérések, s a mintaterület közepén felállított mérődoboz hőmérséklet-, légnyomás- és csapadékadatainak leolvasása is ugyanekkor történt. A megfigyelőpontokon talajszelvények készültek, és az itt gyűjtött minták 1, 5, 10, 20 cm mélységből származnak (ANGIEL, M. 1990.).

A Jersak Hills területen kijelölt 90 m hosszú É–D-i szelvény mentén 5 m-enként heti gyakorisággal mértük az aktív réteg vastagság és a talajvízmélység változásait, eközben a felszínközeli üledék horizontális elmozdulását a földbe szúrt jelzések segítségével lehetett vizsgálni. A megvizsgált talajminták a kúszónyelvek, törmeléksávok közepéről és a lejtőalji akkumulációs zónából, a nyelvek elvégződési térségéből (1, 5, 10 és 20 cm mélységből) származnak.

A minták szemcseösszetételét pipettás módszerrel határoztuk meg. A fotometriai vizsgálatokhoz a minták salétromsav-hidrogénperoxidos módszerrel lettek feltárva. Ez az eljárás a kontrollként elvégzett királyvizes módszerhez hasonló eredményeket adott. A feltárás során 1 g légszáraz anyaghoz 10 cm³ tömény HNO₃-t adtunk és 24 órán át szobahőmérsékleten állni hagytuk. Ezt követően ehhez 4 cm³ tömény H₂O₂-t töltöttünk és 3 órán át 105 °C-on főztük.

A feltárt minták Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb és Zn tartalmát Perkin-Elmer típusú ICP-AES berendezéssel mértük. A töménysavas extrakciós minták As, Cd és Hg-tartalmát, valamint a desztilláltvizes kioldási kísérlet mintáinak nehézfém-tartalmát Zeiss típusú ETA AAS-sel határoztuk meg.

Vizsgálati eredmények

A lejtős tömegmozgások geomorfológiai jellegzetességei

A mintaterületeken végzett felmérések adatokat szolgáltatottak a jelenlegi permafrost elterjedésről, az aktív réteg nyári-őszi vastagságának változásairól, a talajvíz szintjéről, valamint ezen tulajdonságok és a perigaciális felszínformáló folyamatok kapcsolatáról. Bár az elkészített geomorfológiai és szedimentológiai térképek több évtized, a terepen mért adatok viszont csak egyetlen év olvadási periódusának jelenségeit, állapotát tükrözik, a hosszú távú következtetések levonásához ezért a (más mérésekkel is kiegészített) vizsgálatok 3–5 évenkénti ismétlésére lenne szükség (PIETRUCIEN, CZ.–SKOWRON, R. 1991).

A 0 °C körüli nyári középhőmérséklet okozta nagy fagyváltozékonyság, az erős kifagyás következtében a lávaárak és vulkáni csatornák, kürtök kemény kitöltésének aprózódásával keletkező törmelék a meredek falú sziklataréjok kivételével mindent beborít (DUTKIEWITZ, L. 1981). Ráhullik a jégkumulától, táplálóterületeiktől elszakadt, halott, zsugorodó jégnyelvekre, ily módon – a jégmagokat évtizedekre konzerválva – eltemetett jég keletkezik. Az alacsony évi középhőmérséklet azonban lehetőséget teremt arra is, hogy a nyáron a felszín alá szivárgó vízből keletkező jég a mélyben összeceMENTÁLJA az üledékeket. Az így létrejött örökké fagyott föld, a permafrost olvadási és fagyási jelenségei, vízháztartása felelős az oázisok felszínét legaktívabban formáló periglaciális folyamatok működéséért.

A vizsgált oázisokban szigetszerű megjelenésű örökfagy kiterjedése a térségben regisztrált felmelegedés miatt csökken. A jelenlegi (tengerparton mért), 10 évente 0,1 °C-al csökkenő -1,6 °C-os évi középhőmérséklet közelít az örökfagy jelenlétének határértékéhez (-1,1 °C). A permafrost eltűnésével a hozzá kapcsolódó, ma még uralkodó folyamatok leállnak.

Mivel az oázisok nyári vize túlnyomó részben a nyáron felengedő, 0,5–2 m vastag felső permafrost-zónából, az aktív rétegből származik, s a fagyott aljazaton áramlik, ennek hiányában a nedvesség nyomban a max. 10 m vastag törmelék alatti vulkáni összletek repedéseibe szivárog és a felszín teljesen kiszárad. A vékony téli hótakaró olvadása és a kevés nyári csapadék nem pótolhatja a fagyott talaj olvadásából származó, a permafrost-felszínen áramló, tengerparti édesvízű lagúnákat tápláló vizeket. Mivel a lagúnák életközösségei az antarktisi élővilág igen fontos részét képezik, ezért az édesvíz jelenléte döntő a hűvös, antarktisi óceáni klímájú térség tengerparti ökoszisztémájának működésében. Továbbá ez a törmelék átáztató nedvesség a fagyott zóna fölötti talajmozgások életben tartásával a felszínformálódás alapja is.

Gravitációs törmelékletők

A 25–40°-os lejtésű, kúpok formáló törmelékletők (talusok) az aprózódással pusztuló, hátráló sziklafal-lábak jellemző felszínformái. E 100 m-es magasságot is elérő legyezőszerű törmelék-kúpok – bár jelenlétük nem kötődik a permafrosthoz – az aktív

réteg fagyos, lejtős tömegmozgásainak fontos alapelemei, mivel azok fő törmelékutánpótlói (WASHBURN, A. L. 1979). A vulkáni törmelékes és lávaközetek alkotta ormok aprózódó anyaga a száraz (glaciális olvadékvizekkel átítatott jégtakaró-peremtől távoli), meredek lejtőket burkolja, s gyakran hegylábi holtjégtömböket is maga alá temet.

A pusztuló hátaik, gerincek – összeszűkülő garatokon keresztül – mélybe hulló kőzetei kezdetben litoklázisokat, régi eróziós árkokat követnek, s gyakran abráziós színlők és fosszilis hordalékkúpok alkotta akkumulációs térszíneken terülnek szét. A talus-peremeken, a lejtő megtörési övezetében a törmelékletjtől olvadások idején kimosódó finomszemcsés hordalék (kőzetliszt, homok) kerül a nagy energiájuk révén messzire jutó nagyobb tömbök közé, s a vizet jobban tartó, kisebb hézagterfogató zónában indulnak meg az első fagyos tömegmozgások.

Geliszoliflukció

A lejtők lassan lefelé mozgó anyaga a bőséges törmelékutánpótlású térségekben (elsősorban az oszlopos elválású, könnyen aprózódó bazalt- és andezitormok alatt) íves, nyelvszerű formákba rendeződik. A fagyos talajfolyás, a geliszoliflukció által mozgatott törmelékben m-es kőtömbök is utaznak. A nyelvek hossza 2–20 m közötti, az egymásra épülő, girlandos lépcsők 0,2–2 m magasak. Egy-egy nyelv elmozdulása nem éri el az évi 5 cm-t. A leghosszabb formák a 100 m-en felüli területek akkumulációs térszín-szegélyén találhatóak. Ezek az 5–10°-os lejtők a felszíni 0,5–1 m-es kiszáradó réteg alatt az egész olvadási szakaszban átázottak. A magasabb, nagyobb lejtésű térség fagyott talajának felolvadásából származó nedvesség itt gyűlik össze, s több dm vastagságban átnedvesíti a permafrost fölötti zónát.

A kavicsos-kőzetlisztes, gyengén osztályozott anyagú, hosszú nyelvek fölött rövid, meredek homlokú talajfolyás-karélyok húzódnak. Ez a terület csak a hóolvadás és az esők idején ázik át, s bár az aktív réteg alatt itt is a fagyott talaj húzódik, a permafrost felszínén az olvadás során megjelenő víz gyorsan a lejjebb fekvő térszín felé vándorol.

Az aktív réteg alsó 3–10 cm-es része nedves csupán, s ez a rövid, de a nagy lejtés miatt egymásra torlódó geliszoliflukciós nyelvek kialakulásának kedvez. Az íves, akár m³-es kőtömböket is tartalmazó nyelvvégek lépcsői kedvező hófelhalmozódási helyet jelentenek. A legnagyobb, 2 m-es magasságot is elérő lépcsők az uralkodó széllel ellentétes oldalakon jönnek létre. E hóakkumulációs mélyedések (mint kicsiny nivációs fülkék) a niváció révén teszik hangsúlyossá a fagyos talajfolyás nyelvek által formált lejtőinek teraszos-lépcsőzetes alakját.

A nyári permafrost olvadásból bőséges vízutánpótláshoz jutó sík (0–2°) térszínnek kőzetanyaga poligonális hálózatba rendeződik (l. Jardine Peak mintaterület), az enyhén lejtő (2–5°), de teljesen átázó és a vizet jól tartó felszíneket kúsó kő- és sárgasalagok borítják.

Fagyos talajkúszás

A lépcsőzetessé váló lejtők kőzetanyaga a lejtőirányú mozgás és a fagyemelés következtében osztályozódhat. A nyelvek max. 10–30 cm átmérőjű, vízzel egész nyáron átitatott törmeléke a lépcsők alatt kőszalagokba, sáros sávokba rendeződik. A periglaciális lejtők e jellemző mintázata mindenhol létrejön, ahol az üledékkúszást, a termikus térfogatváltozást lehetővé tevő átnedvesedett aktív réteg sekélyebb 150 cm-nél (az alapkőzet fölött még permafrost van) és legfeljebb csak a felső 5–10 cm szárad ki a sötét felszín felmelegedése és az erős szelek hatására.

A kúszás során méret szerint osztályozódó törmelék több 10 m hosszúságot elérő szalagfüzereit az 5 cm-nél nagyobb durva kőzetanyag határolja. A sávok közepe puha, süppedékes, 1 cm-nél kisebb szemcsékből álló, sáros öszlet, s az olvadási periódusban 10–30 cm-t mozog előre. A vízzel telített sárszalagok olvadási-fagyási jelenségei a nyári időnyben napszakos ritmusúak.

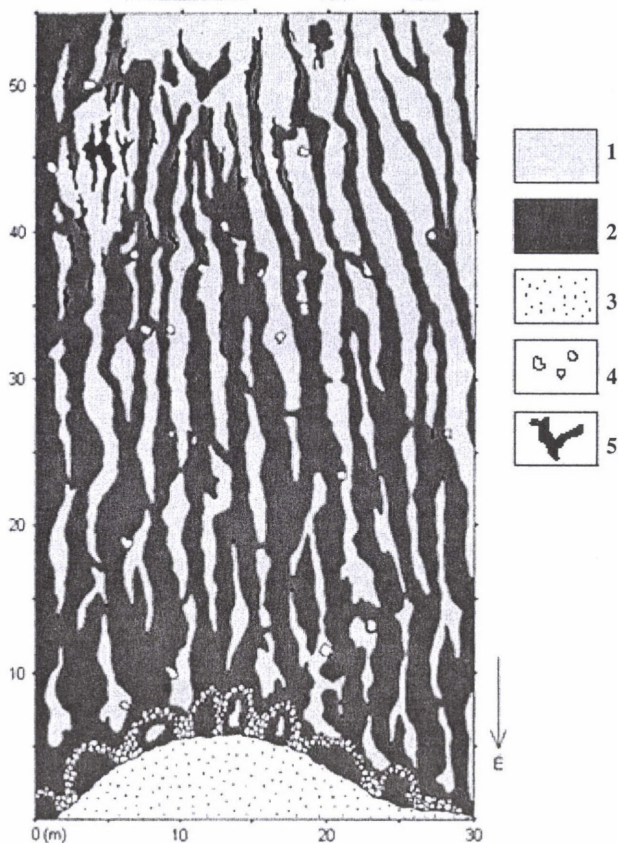
A fagyos talajkúszás az oázisok rendkívül aktív, nagy tömegű törmelék szállítását tömegmozgása (l. Jersak Hills), így működése csak ott lehet folyamatos, ahol a kőzetutánpótlás bőségesen rendelkezésre áll. Erről a lejtők felsőbb részein épülő talusok gondoskodnak, az előzetes, gyenge osztályozást pedig a géliszoliflukció végzi. A kúszósávok első 5–10 m-én a törmelékek már szabályos, lejtőirányú, kb. 1 m széles szalagokba rendeződnek, s több 10 m (esetleg 100 m) után az aktív réteg vizének elszivárgása szab gátat az anyagáramlásnak, és növényzet (moha) jelenik meg a megállt törmeléken (2. ábra).

Latyakfolyások

Az oázisok meredek lejtőjű gerinceiről, egykori nunatakjairól a nyári heves havazásokat követő hirtelen olvadások során az átnedvesedő, aktív rétegű felszín finomabb, kőzetliszt- és homokanyaga híg latyakfolyásokat formálva zúdul le az oldalakon. A teljesen átkeveredő, de egyszerre csak néhány m³ finom anyagot mozgató sebes folyások 10–30 perc alatt több száz m²-nyi felületet hálóznak be arasznyi szélességű, hosszú szárnyelveikkel. Az állandó erős szélben a latyakfolyások gyorsan kiszáradnak, s a finom szemcséket a szél könnyedén áttelepíti. Az oázisperem gleccsereit elérő latyakárak szélfújta üledékei a jégen lepelként terülnek szét, ám a gleccserfelszíni olvadékvizek a barázdáikba gyűjtik őket, így ezek az oázis porviharai mellett a jégnyelvek sáröveinek, ogiváinak legfontosabb anyagforrásai.

Sziklagleccserek

A sziklás gerinceket óriás törmelékkúpok, kő- és latyakfolyások határolják. A kőtörmelék gyakran lejtőn elhelyezkedő gleccserjég- (holtjég) foltokat fed be, így – periglaciális tömegmozgások eredményeként – hegylábi sziklagleccserek alakulnak ki. A jéglenccsüket borító törmelék a jéggel együtt lassan mozog lefelé, s a meredek peregű, több 100 m hosszú nyelvek felszíni kőzetei a lejtő felé görbülő, íves, karélyos keresztirányú sávokba, lépcsőkbe rendeződnek (GÁBRIS GY. 1991).



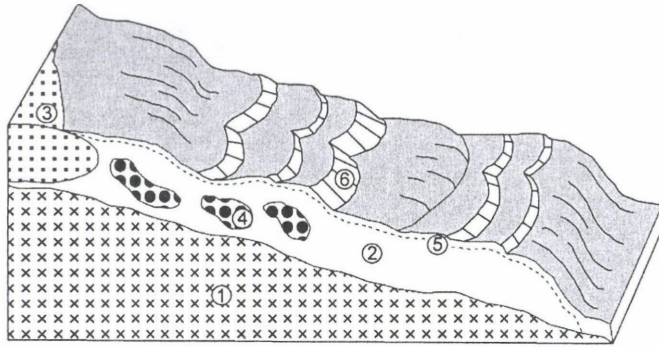
2. ábra. Kúszó törmeléksávok a Demay mintaterületen. – 1 = <math>< 2\text{ cm}</math>; 2 = 2–15 cm; 3 = törmeléklejtő, 10–15 cm; 4 = kőtömbök, 30–60 cm; 5 = moha

Creeping debris stripes in Demay sample area. – 1 = <math>< 2\text{ cm}</math>; 2 = 2–15 cm; 3 = debris slope, 10–15 cm; 4 = stone blocks, 30–60 cm; 5 = moss

A térképek szerint az 1980-as évek végén még jégnyelvet rejtő Olasz-völgyből mára teljesen eltűnt a gleccser, helyette egy 500 m hosszan nyújtózó, 15–20 m magas, 40–60°-os peremlejtőjű jégmagvú, mozgó törmeléknyelv húzódik a völgyfenéken. Az 50 m-es tszf-i magasságban elvégződő sziklaár-homlokot helyenként jégalagútban haladva töri át egy időszakos patak. Az aktív sziklagleccser tápláló-területén (200 m fölötte) a periodikusan hulló, csuszamló kőtörmelék néhány cm-es burka alól még foltokban előbukkan a jégbélés (3. ábra).

A jégmagvú morénák tömegmozgásai

Az eltemetett jég jellegzetes alakzatai a jégárok közötti jégmagvú morénacsancok. E törmelékes vonulatok a nunatakok előterében kigyóznak két, a sziklakibuk-



3. ábra. Sziklagleccser hosszmetset-vázlata (Olasz-völgy). – 1 = alapkőzet; 2 = a sziklagleccser üledéke; 3 = holtjégtömeg; 4 = eltemetett jégmagok; 5 = permafroszt-határ; 6 = törmelékklépcsők és barázdák

Longitudinal profile of a rock glacier (Italian Valley). – 1 = bedrock; 2 = sediment left by the rock glacier; 3 = mass of dead ice; 4 = buried ice cores; 5 = boundary of permafrost; 6 = debris steps and furrows

kanást kerülő gleccser között. Gerincük 40–50 m-rel is a környező jég fölé magasodhat, szélességük eléri a 200 m-t. A hatalmas morénák szerkezetét megvizsgálva arra a meglepő felismerésre juthatunk, hogy az óriás sáncok törmeléke mindössze 10–100 cm-nyi vékony külső burok az alatt terpeszkedő jégen. A nunatakokról a gleccserekre hulló kőzetlepel késlelteti a befedett jég olvadását, s így magasodhat (évtizedek alatt) a törmelék – és alatta a jég – az őket közrefogó gleccseryelvek fölé.

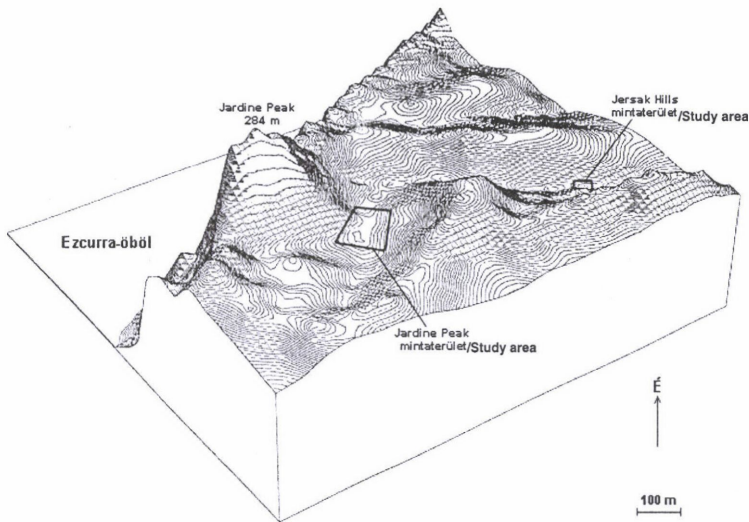
Az ilyen típusú, antarktisi oázisok peremére jellemző morénák oldalát nyáron elborítják a több 10 m² területű csuszamlások, hiszen a néhány cm vastag, sötét törmelék alatt, ha lassan is, de olvad a jég, s a síkos, tükörjég csúszópályán az átnedvesedett morénaanyag gyakran megcsúszik. Az éjszakára megfagyó, nappal felengedő sáros, latyakos lejtőüledék a szakaszos csuszamlások formájában a morénavonulat lábához tart, így a vonulat szélesedik, s mivel a gerincél felől érkezik – alacsonyodik is.

A Jardine Peak mintaterület

Elhelyezkedése, geomorfológiai és szedimentológiai jellegzetességei

A Jardine Peak mintaterület a névadó 284 m magas, túszerű dyke lábánál, 163–175 m magasságban, egy elhagyott gleccservölgy felső szakaszán létrejött nivációs fülke-csoport előterének kis „olvadékvíz-síkságán”, egy völgytalpon és a határoló lejtőkön terül el. E 100x100 m-es mintaterületen az alapkőzet csak egy helyen bukkan a felszínre, s a törmelékvastagság min. 1 m. A lejtőket gyengén osztályozott törmelék borítja, a geliszoliflukciós nyelvek a völgytalpig nyomulnak, a patakmedret övező magasabb, sík térszínen fejlett kőpoligon-hálózat jött létre (4. a,b,c. ábra).

A nyári-őszi aktív rétegvastagság-mérések a permafroszt oladási periódusra eső erős degradációját mutatták ki. A december közepétől március második feléig tartó



4a. ábra. A Jardine Peak mintaterület elhelyezkedése.

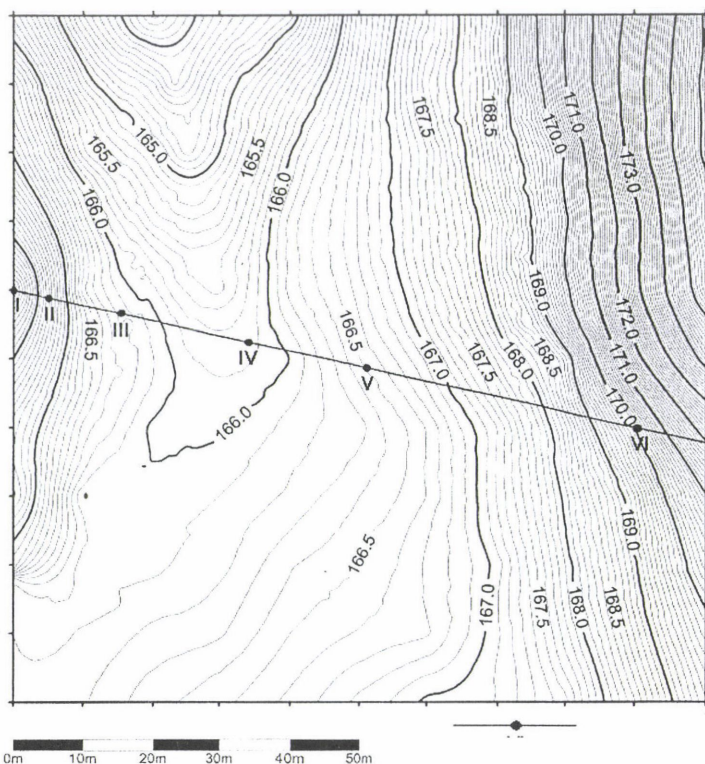
Geographical position of Jardine Peak sample area

olvadás során az örökfagy fölötti – felszíni és felszín alatti – vizek által szabályozott talaj-felengedés 210 cm mélységig hatolt. A legnagyobb degradációs értékek a tömött, átkevert, finomszemcsét (homokot) nagy arányban tartalmazó meredek lejtőkön (gyors areális vízfolyás a permafrost-felszín fölött, majd kiszáradás) és a sziklatörmelékes aljzat lineáris, felszín alatti vízfolyásainak térségében (a kövek közötti üregekben irányítottan áramló víz bevágja medrét a permafrostba) alakultak ki. A legkisebb aktív réteg vastagság (40 cm) a nivációs fülkék felől a felszínen áramló hideg (1–2 °C-os) víz homokos mederágya alatt tapasztalható.

Ahol a gyorsfolyású patak vízének hűtő hatása nem érvényesült (a lassabban áramló, vagy pangóvízes térségekben), az 5–6 °C-ra felmelegedő víz alatt 70–80 cm-nyi üledékréteg engedett fel. A nivációs fülkék néhány dm vastag firnfoltjai alatt még a nyár közepén is teljes egészében fagyott volt a talaj, a hó elolvadásával azonban a permafrost felszín hirtelen 1 m mélységbe süllyedt (5–6. ábra).

A nyár második felétől a felszíni folyóvíz (a 2–3 nyári havazás olvadékától eltekintve) kizárólag a permafrost olvadásából származott. Március végén, a hirtelen őszi fagyok idején az 1–4 °C-ról -10–15 °C-ra csökkenő léghőmérséklet hatására néhány cm-es jégpáncél alakult ki az átázott, vagy vízzel borított felszíneken. A permafrost fölött áramló víz így nyomás alá került, s számos helyen (kis szökőkutakat alkotva) áttörte a felszíni jeget. A kiömlő, majd gyorsan megfagyó víz az olvadékvíz-síkságokon domború jéglencsét hozott létre. A rájégesedési folyamat (icing, nalegy-képződés) az oázisok őszének, kora telének egyik legjellegzetesebb felszíni jelensége.

A mintaterületet átszelő ÉNy–DK-i irányú szelvény (4., 6. ábra) mentén folytatott permafrost-degradációs, talajvíz- és mikroklíma-méréseket szedimentológiai mintavételezéssel is kiegészítettük, amelynek célja a talajtípusok meghatározása, az

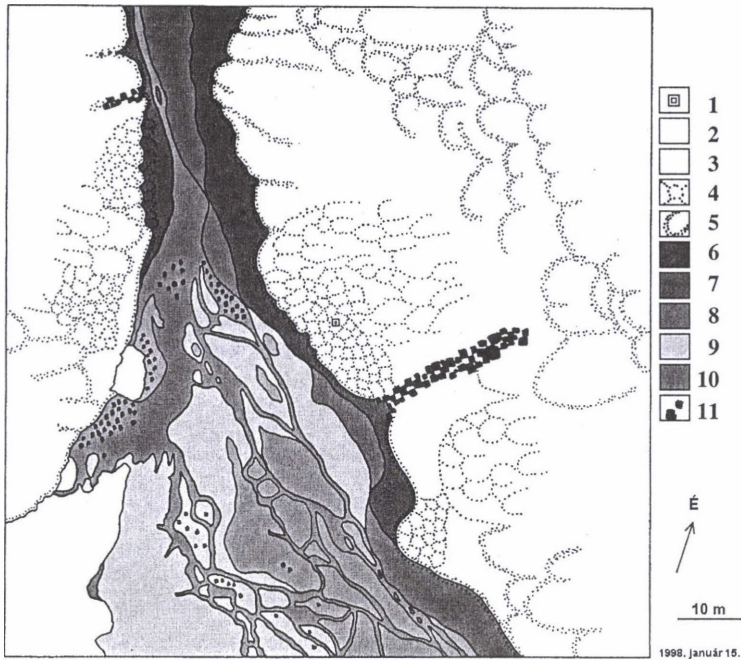


4b. ábra. A Jardine Peak mintaterület szintvonalas térképe. – I–VI = mintavételi a keresztmetszet mentén

Orographic map of Jardine Peak study area. – I–VI = sampling sites along profile

üledékek eredetének és mozgásának tisztázása volt. A tundrai glejes kriogén talajokba (ANGIEL, M. 1994) mélyített szelvények közül az I. és II. pont a Jardine Peak hegylábi lejtőjén, a III. a völgytalp – Jardine Peak felőli – „ármentes térszínének” fejletlen poligonjaiba, a IV. a patakmeder lapos zátonyszigetén, az V. a mintaterület közepének jól fejlett poligonjaiba, s a VI. a Jersak Hills felé emelkedő völgyoldal egyik geliszoliflukciós nyelvvégebe mélyült.

A felszíni vízfolyások által nem érintett vizsgálati helyek üledékösszetételének közös jellemvonása, hogy a legnagyobb szemcsék aránya a felszíni 5 cm-ben kimagasló, bár a poligonok esetében – a nagyobb kövek poligonperemre történő szállítása következtében – az ugrás kevésbé éles, vagyis a felszíni nagyobb szemcsés törmeléklepel a kőpoligonok térségében megszakad, és tovább osztályozódik. A VI. szelvény az egyetlen, amely aktív, fagyos, lejtős tömegmozgás által létrehozott formát tár föl. Csak ennél a pontnál tapasztaljuk, hogy a durvahomokos, kavicsos öszlet aránya – az 5–10 cm mélységre jellemző finomabb homok feldúsulása alatt – lefelé haladva nő. A durvább szemcsék fagyemeléssel zajló felszín felé áramlását itt a felszínközeli rétegek – különösen az olvadási periódus elején aktív – folyása szakítja meg.



4c. ábra. A Jardine Peak mintaterület geomorfológiai térképe. – 1 = meteo-mérődoboz; 2 = firnfoltok; 3 = törmelékletjtő; 4 = poligonok; 5 = törmeléknyelvek; 6 = sziklás terasz; 7 = sziklás magas ártér; 8 = magas ártér; 9 = alacsony ártér; 10 = patak; 11 = sziklás kövek

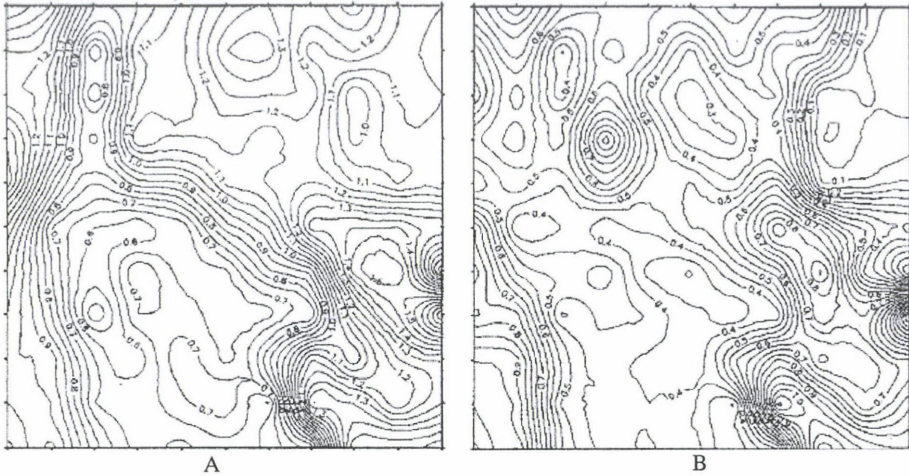
Geographical position of Jardine Peak sample area, its orographic and geomorphological maps. – 1 = meteorological measuring box; 2 = firn spots; 3 = debris slope; 4 = polygons; 5 = debris lobes; 6 = rocky terrace; 7 = rocky high flood plain; 8 = high flood plain; 9 = low flood plain; 10 = stream; 11 = rocks

A talajfagy nyár eleji lassú, majd egyre gyorsuló felengedésének első fázisa hosszan, több hétre is elnyúlhat, s az ilyenkor még csak 10–40 cm vastag aktív réteg finomabb frakciója mozog legerőteljesebben. A nyári erősebb felmelegedéssel a felső réteg víztartalma csökken, a folyás lelassul, s a fagyemelés gyengén osztályozza a felszíni törmeléklet. Ebben a pontban az aktív réteg legnagyobb vastagsága 150 cm-t ért el, s az összlet – lapos gelizoliflukciós nyelvet formálva – igen lassan áramlott a lejtőn lefelé (7. ábra).

A Jersak Hills mintaterület

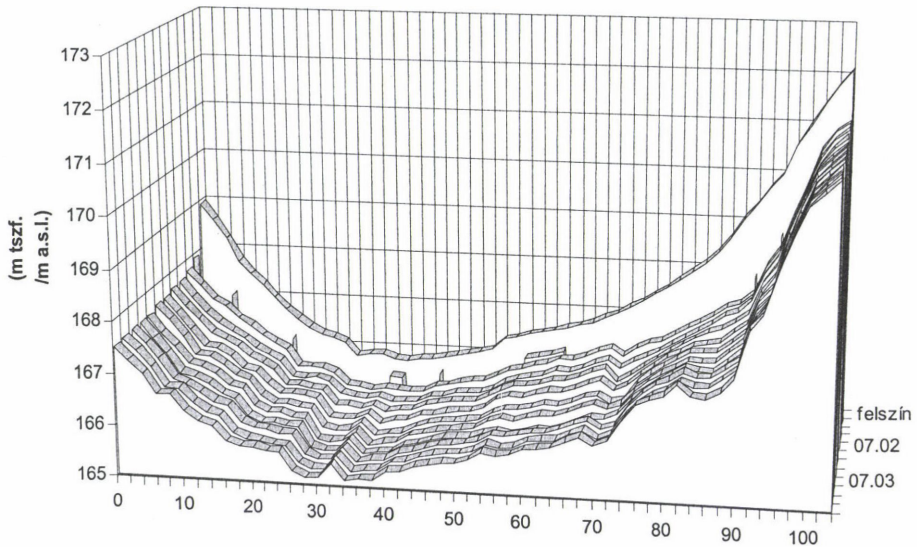
Elhelyezkedése, geomorfológiai és szedimentológiai jellegzetességei

A Jersak Hills mintaterület pleisztocén abrúziós színlőn, a Jersak-dyke kifagyással pusztuló, oszlopos elválású, meredek falának É-i előterében, 132–145 m magasságban húzódik. Az andezitoszlopok mellett az – egy patakbevéágásban is kibukkanó



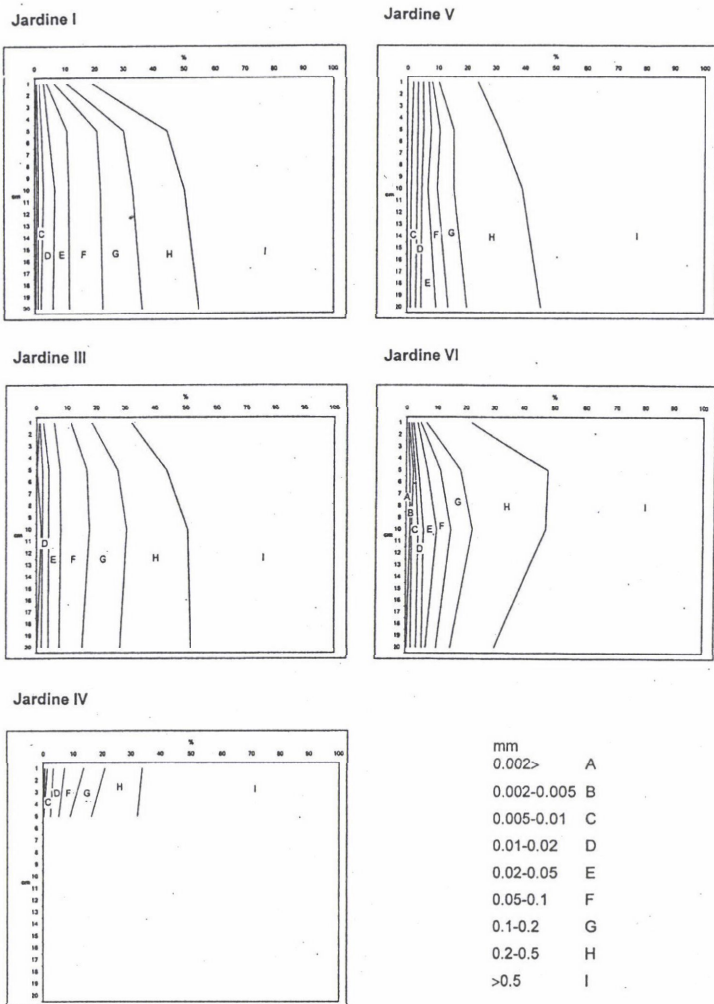
5. ábra. A permafrost-degradáció alakulása a Jardine Peak mintaterületen. – A = az aktív réteg legnagyobb vastagsága (m), 1997–1998 nyár–ősz; B = az permafrost degradáció maximális mértéke (m) 1998. 01. 14.–1998. 03. 17.

Evolution of permafrost degradation in Jardine Peak sample area. – A = maximum thickness of the active layer (m) in summer and autumn of 1997–1998; B = maximum extent of permafrost degradation (m) 01. 14. 1998 – 03. 17. 1998



6. ábra. A fagyott réteg felszínének változása a Jardine Peak mintaterületen létesített szelvény mentén (heti gyakoriságú mérések alapján). ÉNy–DK-i keresztmetszvény (m)

Changes on the surface of the frozen layer along the section in Jardine Peak sample area (based on measurements of weekly frequency). Northwest–Southeast section (m)

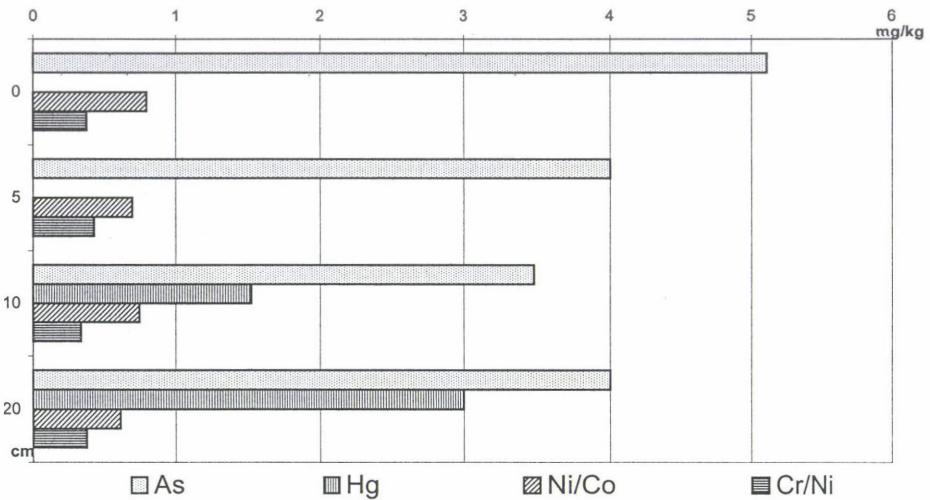


7. ábra. A Jardine Peak terület mintavételi helyeinek szemcseeloszlása

Distribution of granulometric composition in sampling sites of Jardine Peak sample area

– alapkőzetet a 3°-os lejtő alsó szakaszán 80 cm, felső részén legalább 140 cm vastag törmeléktakaró burkolja. A sziklafal alatti kőzetanyag nyelvszerű formákba rendeződött, alattuk kúszó törmeléksávok, a vízszintes felületen fejletlen poligonok borítják a felszínt (8. ábra).

A jól osztályozott anyagú, sáros, átázott törmelékszalagok enyhén domború felszínű, látványos kúszónyelvei az átnedvesedett, fagyott üledékaljzattal rendelkező, kis lejtésű térszinek jellemző formái. A mintaterület jelenleg 30 m hosszú, lejtésirányba tartó sávjainak felszínközeli kőzetanyaga – a fagyemelés és üledékszállítás jelenlegi üteme mellett – elméletileg kb. 200 év alatt haladna végig a jelzett távon, ám a felmele-



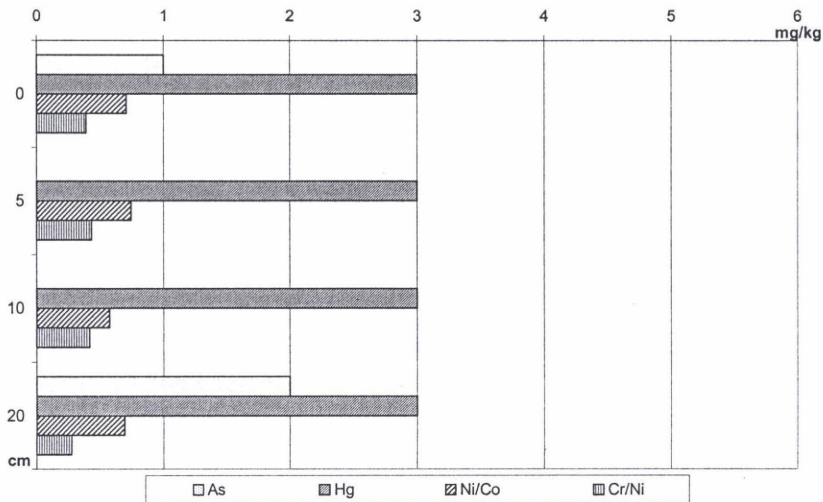
8. ábra. Gyengén fejlett kőpoligon vertikális nyomelemeloszlása
Vertical distribution of trace elements within a poorly developed stone polygon

gedés következtében az aktív réteg vastagsága mind jobban megnő, és a vékony törmelék réteg teljesen felengedve átveszi a vizet az azt elnyelő andezit alapkőzetbe, így kiszáradva a fagyemelés, a kúszás aktivitása lecsökken, megszűnik. Ezt a sávot a kúszónyelvek még növényzettelen vége jelzi.

Míg a szalagok középső és felső szakaszán erős mozgás és kezdődő keveredés tapasztalható, a nyelvvégek törmeléke megállapodott, s csak addig nyomul előre, amíg tart alatta az üledéket cementáló permafrost. A kiszáradó övezet feljebb emelkedésével a kúszónyelvek elvégződése is hátrébb kerül, s a már megállt, korábbi sáros szalagszakaszokon mohafoltok jelennek meg.

Az üledék-mintavételi helyek a jelenlegi, ill. a korábbi kúszósávokon találhatóak. A nyelvközépen, nyelvvégen és a már mohával takart szalagrészen vett üledékek szemcseméret- és nyomelem-eloszlásai jelentős különbségeket mutatnak. A legfelső 5 cm kivételével, a vízzel teljesen átitatott, aktívan mozgó középső szalagszakasz nagy mennyiségű finomhomok- és kőzetliszt-frakciót tartalmaz. A fagyemelés során a nagyobb szemcsék a szalagperemre kerülnek és kőgátként kísérik a sáros sávokat.

A szárazabb nyelvvégi szakaszon már alig tapasztalható lejtőirányú elmozdulás, a fagyemelés révén a felszínközelbe került durvább törmelék összetorlóódik, gyakran a szalagvég kiszélesedik, ellaposodik, így a nagyobb szemcsék lassabban (vagy egyáltalán nem) jutnak ki a nyelv szélére. Felszíni arányuk a nyelvközépi érték háromszorosa. A mohafoltokkal borított, (jéggel cementált törmelékalkjattal a nyár nagy részében már nem rendelkező) 2–3%-os humusztartalmú, már megállt szalagokon a hőszigetelő növényréteg következtében a fagyemelés és felszíni osztályozás alárendelt (9. ábra).



9. ábra. Jól osztályozott kőpoligonon vertikális nyomelemeloszlása
Vertical distribution of trace elements within a well sorted stone polygon

A mintaterületek nyomelemtartalmának általános jellemzése

Az oázisok felszínét formáló periglaciális folyamatok a krioturbációs, folyás- és kúszásjelenségek révén tartják mozgásban a törmeléktakarót. A változatos felszínformák kialakulása során az aprózódott kőzetanyag az elsődleges leülepedési környezetet jelentő törmeléktakarókról, gravitációs törmelékletjtőkről a fagyos lejtős tömegmozgások hatására tovább szállítódik, és jelentős keveredésen megy keresztül. A mozgó üledékek elemösszetételi vizsgálatával következtethetünk az elmozduló összletek kőzetanyagának származási helyére, az átkeveredés mértékére és módjára, valamint vastagságára.

A Jardine Peak és a Jersak Hills vidékét alkotó kőzetek különféle andezittípusok. A Jardine Peak kipreparálódott kürtőkitöltéseit mikroofiolitos bazaltos andezit, míg a közelében fekvő Jersak dyke-okat porfirites piroxénandezit építi fel. E kőzeteknek döntő hatása van az üledékek elemösszetételének kialakulására (BIRKENMAJER, K. et al. 1981). BAKUN-CZUBAROW, N. (1981). mérései alapján a számban álló kőzetek nehézfém-tartalma a kőzet típusára jellemző átlagos értékek alatt marad (BIRKENMAJER, K. et al. 1981) A kőzettörmelékéből származó mintákról még a számban álló kőzeteknél is alacsonyabb nehézfém koncentrációkat mértünk (1. táblázat). Bár a legtöbb szakirodalmi forrás szerint a vulkanikus kőzetek általában nehézfémekben a leggazdagabbak, a legtöbb vizsgált nehézfém esetében megállapítható, hogy a helyi vulkanitok aprózódása és mállása során kialakult üledékek kadmiumban, ólomban és molibdénben igen szegények, s mangánt is csak a meszes alluviumokra jellemző mértékben tartalmaznak (KABATA-PENDIAS, A.–PENDIAS, H. 1984). Az üledékek teljes króm-, kobalt-, réz- és nikkeltartalma szintén alacsonyabbak a vártál.

1. táblázat. A szálban álló kőzetekből és üledékeikből kioldható összes elemtartalom átlagos értékei, (mg/kg)*

Mintavételi hely	Co	Cr	Cu	Ni
Jardine Peak (szálban álló kőzet)	33	120	105	34
Jardine Peak (üledék)	11	2	55	7
Jersak Hills (szálban álló kőzet)	45	10	200	11
Jersak Hills (üledék)	11	3	50	8

* BIRKENMAYER K, et al. 1981 (szálban álló kőzetek) és saját mérések (üledékek) alapján.

A Jardine Peak közvetlen környezetében található üledékek helyileg viszonylag nagy koncentrációban tartalmazhatnak higanyt. Ebben a formációban arzént ennél alacsonyabb koncentrációban mérhetünk. A Jersak formáció üledékeinek arzéntartalma a formációénál jóval magasabb. Ez az elemösszetételben mutatkozó eltérés lehetőséget adhat a különböző helyekről származó üledékek keveredésének vizsgálatára is.

A vizsgált üledékek jellegzetes vertikális eloszlást mutatnak a legtöbb nehézfém-tartalom tekintetében. Az átkeveréstől mentes területeken jellemzően a felszíni mintáknak a legalacsonyabb a nehézfém-tartalma, viszont már 5 cm-es mélységben is a felszínnél jóval magasabb elem-tartalmak mérhetők. Ez vagy arra utal, hogy a szél által hordott porok jelentősen befolyásolják a felszíni rétegek nehézfém-tartalmát, vagy pedig arra, hogy a víz kioldja és elszállítja őket.

Az üledékekből kioldódó nehézfémek a lagunák helyi életközösségére akár jelentősebb hatást is gyakorolhatnak (KLIMOWICZ–UZIĄK, S. 1996). Vizsgálataink során e természetes terhelés mértékének becslésére is kísérletet tettünk. Az olvadékvizeket kioldó képességet desztillált vizes extrakciós eljárással vizsgáltuk. Nyomelemek a dyke-ok közötti völgy üledékeiből (10 °C-on) a vízben ppb, és tízed ppb nagyságrendben oldódnak. Mivel az olvadékvizek hőmérséklete fagyponthoz közeli, így helyi viszonyok között a felszíni vizek nehézfém-tartalma ennél jóval alacsonyabb, emiatt a mintaterület életközösségeire inkább az esszenciális nyomelemek alacsony koncentrációi (mint limitáló tényező) lehetnek hatással.

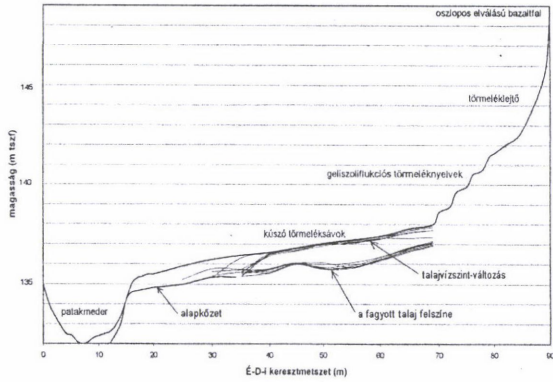
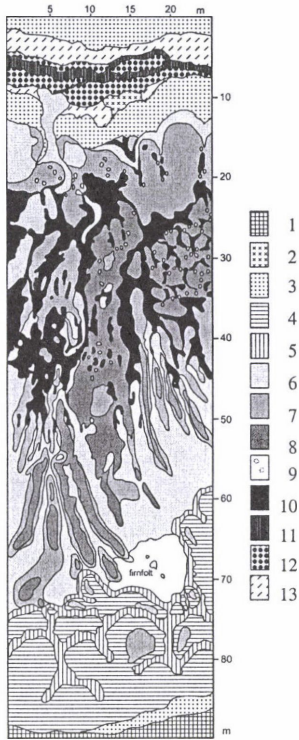
A szálban álló kőzetek és az üledékek nyomelemtartalmának különbségei

A szálban álló kőzetek és az üledékek elemarányai között is jelentős különbségek mutatkoznak. Ez részben az eltérő mérés technikának, részben pedig a különböző ásványok eltérő mállási és elem-kioldódási sebességének köszönhető. Jelentős különbség a szálban álló kőzetek és az üledékek elemarányai között a Cr/Ni arányok esetében van, ami a krómnak az üledékekből való rendkívül kis mértékű kioldódásával magyarázható (2. táblázat).

2. táblázat. Ni/Co és Cr/Ni arányok közti különbségek a mintaterület szálban álló kőzetéből és üledékeiből kioldható összes elemtartalom között*

Mintavételi hely	Ni/Co	Cr/Ni
Jardine Peak (szálban álló kőzet)	0,97	3,60
Jardine Peak (üledék)	0,60	0,20–0,30
Jersak Hills (szálban álló kőzet)	0,24	0,91
Jersak Hills (üledék)	0,30	0,20–1,00

* BIRKENMAYER, K. et al. 1981 és saját mérések alapján



10. ábra. A Jersak Hills mintaterület geomorfológiai térképe és É–D-i szelvénye. – 1 = oszlopos elválású sziklafal; 2 = alapkőzet-kibukkanás; 3 = törmelékletjtő; 4 = fagyos törmelékfolyásnyelvek; 5 = a nyelvek homlokai; 6 = 5–30 cm; 7 = 1–5 cm; 8 = 1 cm alatt; 9 = kőtömbök; 10 = mohával borított felszín; 11 = patak; 12 = alluviális hordalék; 13 = osztályozatlan törmelékletjtő

Geomorphological map and north–south section of Jersak Hills sample area. – 1 = columnar rock wall; 2 = outcrop of bedrock; 3 = debris slope; 4 = frozen lobes of solifluction; 5 = front of lobes; 6 = 5–30 cm; 7 = 1–5 cm; 8 = under 1 cm; 9 = stone blocks; 10 = surface covered with moss; 11 = stream; 12 = alluvial sediment; 13 = debris slope, poorly sorted

A Ni/Co és Cr/Ni hányadosainak rétegenkénti változásának több oka is lehet. Az eltérő mérési módszereken túl ez utalhat az egy formáción belül található kőzetek inhomogenitására, valamint arra, hogy a kioldható elemtartalmat

elsősorban a mállási folyamatok határozzák meg, nem pedig az oldott állapotú elemek adszorpciója.

A völgykeresztmetszet nyomelem-eloszlása

A Jersak Hills és a Jardine Peak kürtőkitöltések között húzódó – szimmetrikus keresztmetszetű – völgy üledékeinek nyomelemtartalom-eloszlása az eltérő alapkőzetnek köszönhetően jellegzetes aszimmetriát mutat. Mivel egy üledék, ill. egy kőzet a benne található (nyom-)elemek arányával is jellemezhető, s a területet alkotó kőzeteknek elsősorban a Ni/Co és Cr/Ni hányadosai ismertek a szakirodalomból, így vizsgálatainknál célszerű volt ehhez igazodni.

A völgykeresztmetszeti elemeloszlás-aszimmetria alapvető jelensége, hogy a Jardine I pont Ni/Co és Cr/Ni hányadosai más értékeket mutatnak a völgy többi pontján vett üledékeknél (10. ábra). Ez egyértelműen arra enged következtetni, hogy az egykor

nunatakokként magasodó dyke-ok között húzódó völgy mai patakmedre a Jersak domokról származó üledékeken alakult ki. A felszínközeli törmelékek által kijelölt (származási hely szerinti) kőzettani határ nem a várt helyen, azaz völgy fenekén, hanem a Jardine Peak-et határoló, fagyos talajfolyással átformált törmelékletjő alján, a névadó dyke lejtőjén húzódik. A glaciális teknővölgy fenékmorénájára húzódó törmelék tehát elsősorban a Jersak Hills irányából érkezik, s ebbe vágta be medrét későbbiekben a patak.

A higany- és arzéntartalom eloszlása is a Ni/Co és a Cr/Ni hányadosok alapján jelzett határt erősítik meg, kiegészítve azzal, hogy utalnak a két formációból származó üledékek keveredésére is. A nagyobb As- és Hg-koncentrációk értelemszerűen a Jardine I pontban a legmagasabbak, és ettől távolodva egyre csökkennek. Míg a higany csökkenése viszonylag egyenletesnek tekinthető (a különböző mélységekben itt is nagy különbségek vannak), addig az arzén a völgytalpban (a folyóvízi üledékben) dúsul fel ismét.

A völgytalp poligonjai

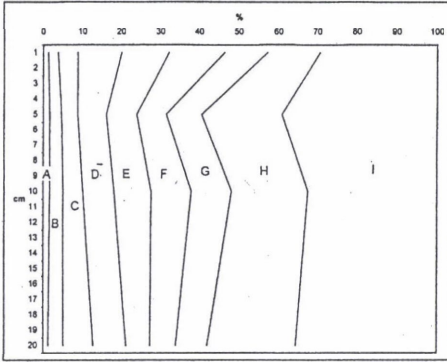
A Jardine III és Jardine V mintavételi pontoknál található gyengén és jól osztályozott kőpoligonok elemeloszlása is kiegészítő ismereteket tartogat a képződmények dinamikáját illetően. A jól osztályozottnak leírt poligont alkotó üledékek elemkoncentrációi a felszíni durva homoktól eltekintve egyenletesen csökkennek. A gyengén osztályozott poligonból vett minták alapján úgy tűnik, hogy abban különböző elemkoncentrációjú rétegek vannak. (Ahhoz, hogy ez egyértelműen bizonyítható legyen, részben a fagyott rétegek elemzésére és nagyobb mintaszámra volna szükség.). A minták Ni/Co és Cr/Ni arányait alapul véve a poligonok feltételezhetően egyazon helyről származó üledékeken alakultak ki.

Az anyag átkeveredésének mértékére a kőpoligonokat alkotó üledékek higanytartalmának eloszlása is adhat további információkat. A gyengén fejlett forma esetében az üledékek higanykoncentrációja a mélységgel párhuzamosan emelkedik (*10. ábra*), azaz az átkeveredéstől (krioturbációtól) mentes üledékek elemeloszlására emlékeztet. Ezzel ellentétben a jól fejlett poligonokban az üledékek teljesen átkeverednek, így a nyomelemek egyenletesen oszlanak el bennük. Az általunk vizsgált kőpoligonokban ez a séma csak a *higany* és az *arzén* esetében volt igaz (*11. ábra*). A többi vizsgált elem homogén eloszlást mutat mindkét poligonon belül. Ez arra utal, hogy az üledékben az arzén és a higany más szemcseméretre köthető, mint a többi vizsgált elem. Az elemeloszlás és a poligonok belső mozgási folyamati közötti kapcsolat teljesebb feltárásához azonban több poligon tanulmányozására, nagyobb mintaszámra, s a poligonok teljes mélységben való vizsgálatára volna szükség.

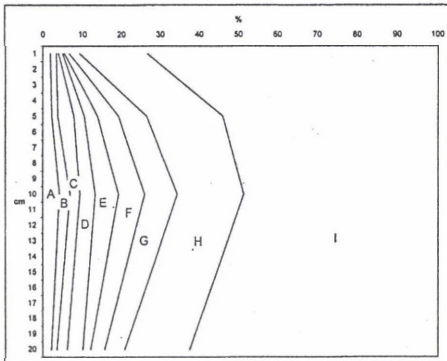
Kúszó törmeléknyelvek elemeloszlása

A szoliflukciós nyelvek különböző pontjain vett minták vertikális elemeloszlása arra utal, hogy a nyelv különböző szakaszain eltérő mozgásformák uralkodnak. A

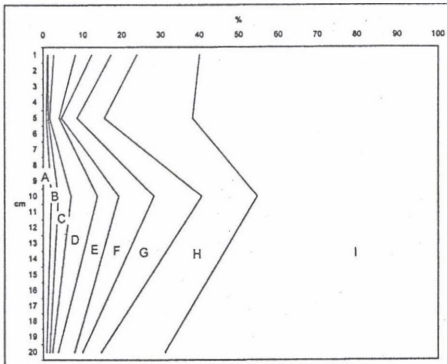
Jersak közép



Jersak alsó



Jersak alsó (moha)



11. ábra. A Jersak Hills terület mintavételi helyeinek szemcseeloszlása. Jelmagyarázatot l. a 7. ábránál.

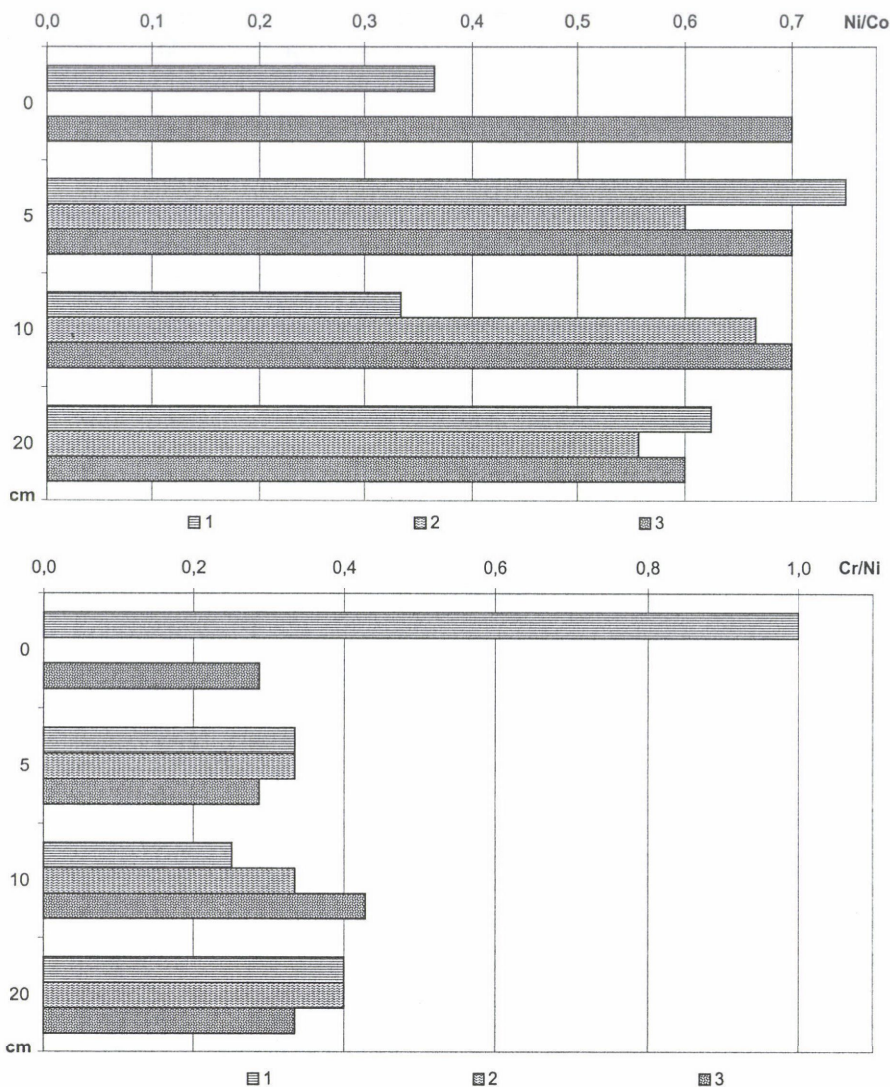
Distribution of granulometric composition in sampling sites of Jersak Hills sample area. For explanation see Fig. 7.

főbb ásványalkotó fémek (Al, Fe, Mn), valamint a cink, a króm és a Ni/Co, Cr/Ni elemarányok – a legfelső, 1 cm vastagságú réteg kivételével – a kúszó törmeléknyelvek végén gyakorlatilag teljesen homogén eloszlást mutatnak. A mohával fedett részen a legfelső réteg is megegyezik a mélyebbről vett minták jellemzőivel. Amennyiben a szoliflukciós nyelvből feljebb (az aktívan mozgó, nedves szakaszon) veszünk mintát, az elemeloszlás homogenitása megszűnik (12. ábra).

E jelenség az eltérő típusú anyagmozgásra utal. A szoliflukciós nyelv felső-középső szakaszán az anyag lamináris áramlásokként halad. A törmeléknyelv alján a lecsökkenő lejtőszög (gyakorlatilag a relatív helyzeti energia csökkenés) következtében az anyag megállapodása előtt a turbulens áramlások válnak uralkodóvá, ami átkeveredést okoz. A nyelv alsó részén a legfelső 1 cm (fedő) réteg nyomelem-koncentrációi a nyelv egészétől eltérnek. Feltételezhető, hogy ez a jelenség a felszíni kiszáradást követően, szélfúvás révén máshonnan történt anyagáthalmazás következménye. Ezt támasztja alá az a tény is, hogy ahol a nyelvet már növényzet (mohataró) borítja, nincs ilyen eltérés a felszíni és a mélyebbről vett minták között.

Összegzés

Az Antarktisz partvidékén húzódó, szigetszerű megjelenésű permafrosttal rendelkező, antarktisi óceáni klímájú szubpoláris sivatagok (BLUME, H.-P. et al. 1997) felszínét elsősorban a periglaciális folyamatok



12. ábra. Szoliflukciós nyelv vertikális Co/Ni (a) és Cr/Ni (b) eloszlása (Jersak Hills). – 1 = középső rész; 2 = alsó rész; 3 = mohával fedett

Vertical Co/Ni (a) and Cr/Ni (b) distribution of a solifluction lobe (Jersak Hills). – 1 = middle part; 2 = lower part; 3 = covered with moss

formálják. A niváció, a vízszintes térszíneket alakító krioturáció (poligonok), valamint a szél és a folyóvíz felszínformáló szerepét meghaladva ma a periglaciális lejtős tömegmozgások a legjelentősebb, a legnagyobb tömegű törmelékanyagot mozgató jelenségek.

A permafrosthoz kötődő mozgások átkeverik, elszállítják az aktív réteg üledékeit, a lejtős, törmelékkal borított és állandóan fagyott aljzattal rendelkező felszínek állandó mozgásban vannak. A téli erős kifagyás (vékony hótakaró mellett) és a tavasztól őszig tartó olvadási idény 0 °C körüli hőmérséklete (igen erős fagyváltozékonyság) gondoskodik az aprózódott törmelékutánpótlásáról. A lejtős tömegmozgások révén mozgó anyag az alsóbb szintek törmelékburkát vastagítja. A 100 m-en felüli akkumulációs térszínek alapkőzet-kibukkanásokkal szaggatott, üledék-cementáló permafrost aljzattal rendelkeznek, így az aprózódott összlet innen lassan lejjebb vándorol. Az alsóbb szintben (20–50 m alatt) azonban a nyári felmelegedés, az aktív réteg vastagodása már meghaladja az 1–2 m vastag törmelékburok kiterjedését, így a mozgásra képes összlet kiszárad, mivel a permafrost olvadásból származó nedvesség elszivárog az aljzattal alkotó, repedésekkel gazdagon átjárt vulkáni kiömlési és törmelékes kőzetekben. A kiszáradt törmelékburok már csak a ritka, hevesebb esőket és a télvégi (lassú olvadás idején zajló) átnedvesedést követő csuszamlások idején mozdul meg. E kis, lepényszerű csuszamlásfoltok a felső 30–50 cm-re korlátozódnak és a szállítási útvonal sem haladja meg a 20 m-es hosszt.

Napjainkban a periglaciális lejtős folyamatok törmelékszállítása 50–80 m-es tszf. magasságig van közvetlen hatással a törmelékutak vastagodására, ám e szint alatt is rálelhetünk a sajátos jégkörnyéki lejtős alakzatokra, pl. rétegzett törmeléklejtőkre. A partmenti lávakőzetbe vagy piroklasztikumba vésett holocén abrázios színlők 20–30°-os peremlejtői – a hóolvadék, a szél és tömegmozgások által szállított – jól rétegzett, 2–10 cm-es kövekkel tarkított kőzetliszt és homokösszletekből épülnek fel.

A helyszíni geomorfológiai megfigyelések, valamint az alapvető talajlaboratóriumi vizslatok sikeresen egészíthetők ki különféle fotometrikus elven végzett mérésekkel. E vizsgálatok egyrészt alátámaszthatják a különféle tömegmozgásokkal és más periglaciális formák dinamikájával kapcsolatos, terepi megfigyeléseken alapuló elméleteket, másrészt fényt deríthetnek olyan geomorfológiai jelenségekre és folyamatokra is, amelyek a hagyományos terepi módszerekkel nem kimutathatóak.

A laboratóriumi extrakciós vizsgálatok szerint a megállapodott, és a még mozgó üledékekből – helyi körülmények között – kioldódni képes nehézfémek általában mérési határérték alatti koncentrációkban jelenhetnek meg, így a jelen levő potenciálisan toxikus elemek elsősorban az elmállatlan része ásványaiban (korpuzskuláris formában) dúsulhatnak fel, a gleccserek előterében húzódó gleccsertavakban, ill. lagúnákban.

A periglaciális folyamatok létét, működését meghatározó permafrost-felszín és aktív rétegváltozás jellegzetességeiről az Antarktisz e térségéből eddig nem voltak információk. Állapotfelmérésünk és az olvadási időszakhoz kapcsolódó, hosszú periódusú méréseink segítségével képet kaptunk – a permafrost szempontjából is – érzékeny, peremi helyzetű terület felszínfejlődését meghatározó tényezőkről. A mai oázis-térségekben (a jelenlegi felmelegedési ütem mellett) a rendelkezésre álló adatok alapján a permafrost eltűnése 50–80 éven belül várható. Ezzel párhuzamosan várhatóan a periglaciális folyamatok fokozatos háttérbe szorulása is be fog következni.

A kutatóút a Lengyel Tudományos Akadémia Antarktisi Biológiai Intézete, az OMF B Tét Alapítványa, a Soros Alapítvány és az ELTE Természetföldrajzi Tanszék segítségével valósult meg, amely intézeteknek és szervezeteknek a szerzők ezúttal mondanak köszönetet. Szintén köszönet illeti Stanislaw RAKUSA-SUSZCZEWSKI, igazgatót a meghívásért és BALOGHNÉ DI GLÉRIA Máriát a talajlaboratóriumi mérésekért amelyeket a Földrajztudományi Kutatóintézetben végzett el.

IRODALOM

- ANGIEL, M. 1990. Thermic and humidity relations of chosen Spitsbergen soils during spring ablation of the snow cover – Pol. Polar Res., Vol. 11, No. 1–2, pp. 25–37.
- ANGIEL, M. 1994. Heat flux in selected polar soils in spring and summer (Hornsund, Spitsbergen) – Pol. Polar Res., Vol. 15, No. 1–2, pp. 51–70.
- BIRKENMAJER, K. 1981. Raised Marine Features and Glacial History in the Vicinity of H. Arctowski Station, King George Island (South Shetlands, West Antarctica) – Bull. de l'Académie Polonaise des Sciences, Vol. 29, No. 2.
- BIRKENMAJER, K.–NAREBSKI, W.–SKUPINSKI, A.–BAKUN-CZUBAROW, N. 1981. Geochemistry and origin of the Tertiary island-arc calc-alkalinevolcanic suite at Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, Antarctica) – Studia Geologica Polonica, Vol. 72., pp. 7–56.
- BLUME, H.-P.–BEYER, L.–BÖLTER, M.–ERLENKEUSER, H.–KALK, E.–KNEESCH, S.–PFISTERER, U.–SCHNEIDER, D. 1997. Pedogenic zonation in soils of the Southern Circum-polar Region – Advances in GeoEcology 30, Reiskirchen, pp. 69–90.
- DUTKIEWICZ, L. 1981. Preliminary result of investigations on some periglacial phenomena on King George Island, South Shetlands – Biulletin Periglacialny, Lodz, pp. 13–23.
- GÁBRIS GY. 1991. Éghajlati felszínalaktan I. Periglaciális geomorfológia – Tankönyvkiadó, Budapest, 125 p.
- KABATA-PENDIAS, A.–PENDIAS, H. 1984. Trace Elements in Soils and Plants, – CRC Press Boca Raton, 315 p.
- KLIMOWICZ, Z.–UZIĄK, S. 1996. Soil and vegetation condition in small valleys at southern coast of Bellsund, Spitsbergen – Pol. Polar Res., Vol. 17, No. 1–2, pp. 93–106.
- NELSON, F.–BROWN, J.–LEWKOWICZ, T.–TAYLOR, A. 1995. Active Layer (Permafrost) – Additions to the ITEX Manual, pp. 12–18.
- PIETRUCIEN, CZ.–SKOWRON, R. 1991. Acting of shallow tundra lakes on thickness of active layer in Oscar II Land, Spitsbergen – Pol. Polar Res., Vol. 12, No. 2, pp. 203–213.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI, S. (ed.) 1993. The Maritime Antarctic Coastal Ecosystem of Admiralty Bay, Dept. of Antarctic Biology, Polish Academy of Sciences, Warsaw, 216 p.
- WASHBURN, A.L. 1979. Geocryology. A survey of periglacial processes and environments – E. Arnold Ltd, London, 406 p.