

SIVATAGTÍPUSOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

JEAN DRESCH

a Sorbonne Egyetem Földrajzi Intézetének igazgatója (Párizs)

Sivatagok, vagy legalábbis a száraz, terméketlen területek a negyed-háromnegyed részét teszik ki a kontinenseknek és az ilyen területek Ausztráliában 85⁰/₀-ot, Afrikában 64⁰/₀-ot és Ázsiában 48⁰/₀-ot érnek el. Ez a néhány számadat csak érdekes jellegű. Hiszen Földünk minden nappal kisebbnek látszik az egyre gyorsabban szaporodó emberiség számára. Egyesek attól tartanak, hogy az ember szükségleteit nem lehet kielégíteni, következésképpen a figyelem az alig lakott és kihasználatlan óriási sivatagos területek felé fordul. Lakóik olyan csoportokba tömörülnek, amelyek — igen gyakran — még megőrizték az archaikus gazdasági és szervezési formákat és semmiben sincsenek a világközösség hasznára. Sőt arra töreksenek, hogy elmeneküljenek a sivatagos területekről. Így a ritkán lakott területek lakói éppen akkor menekülnek el, amikor az emberiség újabb használható területeket keres!

A száraz, terméketlen területek a földgolyó legegységesebb vidékei és látzólag fakó, egyhangú színűek a nagy fényben, inkább ásványjellegű a vidék képe, hiszen itt nincs növényzet. Sokkal több homokot képzelünk el benne, mint amennyi a valóságban van. Az egyhangúság igen nagy változatosságot takar. A második világháború óta a sokat fejlődött sivatagtudománynak olyan sivatagtípus felosztásokat kellene szolgáltatnia, amelyben a gyakorlati hasznosításokat is részletezve nevén lehetne nevezni.

I. Bioklimatikus sivatagtípusok

A sivatagtípusok és változatok egyik felosztása általánosságban a klimatikus és biogeográfiai adatokból, valamint a szárazság-indexekből kísérelte meg a felosztást. Az volt a célja, hogy a vízhiány mértékét kifejezze, mert az az oka a szárazságnak, illetve az evapotranszpirációnak.

Nagyon sok mutató egyszerű hidrotermikus együttható, amelyik a lecsapódási és hőmérsékleti tényezőket összegezi és kapcsolja. A Lang-, Köppen- és a De Martonne-féle első ilyen indexek nagyon kezdetlegesek. Megkísérelték ezeket pontosabbá tenni azzal, hogy a száraz évszak hosszát fejezték ki (F. BIROT), a biológiai viszonyokat a legmelegebb hónapok átlagos maximumainak és a leghidegebb hónapok átlagos minimumainak bevezetésével (L. EMBERGER), valamint a hánados-értékeket a maximumok és minimumok függvényében csoportosították, hogy így ugyanazon a klimatikus egységen belül meghatározhassák a fokozatokat. H. GAUSSEN, és nyomában mások is, a száraz időszakok jelentőségének megállapítására empirikus meghatározásokból kiindulva egy xerothermikus

indexet kombinálnak ombrotermikus görbékkel, de ezek gyakorlatiak, hideg és meleg, valamint nedves és száraz hónapok szerepelnek benne. De végül is mindig kerülő úton igyekeztek a valóságos párologtatás kifejezéséhez eljutni, amit sem műszerek, sem azok eredményeit felhasználó indexek (J. DUBIEF, R. CAPOTRAY) nem fejeznek ki kielégítő módon. Ezeknek az eszközöknek az az előnyük, hogy egyszerűek, ezért is alkalmazzák a De Martonne-féle indexeket is egyre gyakrabban, valamint a H. Gaussen-féle indexeket és görbéket.

Hogy ezeknek nagyobb súlyt biztosíthassanak, legalábbis látszólag, szovjet klimatológusoké és földrajzi szakembereké az érdem, hogy a hőmérleget a Nap sugárzásával, fényvisszaverődéssel és más tényezőkkel határozták meg pontosabban. Indexeik azonban nem kerültek nemzetközi használatba, ellentétben THORNTHWAITE különféle indexeivel. THORNTHWAITE indexszámai segítették elő annak a sivatagi vidéktérképnek elkészítését, amelyet PEVERIL MEIGS szerkesztett az UNESCO részére, és amelyiknek hasznos volta magától értetődő. De van még egy felosztása a sivatagi vidékeknek és ezt is — mint THORNTHWAITE indexszámai — az a törekvés sugalmazta, hogy kölcsönösen ellenőrizhetők legyenek a klimatikus adatok és a növénytakaró biológiai feltételei, mégpedig az evapotranszpiráció és egy olyan egyensúly függvényében, ahol a párologás és transzpiráció útján vesztett víz sohasem elégtelen a növényzet öntözésére.

PEVERIL MEIGS a csapadék főtényező alapján háromféle száraz sivatagos vidéktípust különböztet meg: kisértőségű — felszáraz (ahol a növényzet sztyepes és a száraz növénytermesztés lehetséges); száraz (ahol évente van idényszerű csapadék, de ez elégtelen a száraz növénytermesztésre); szélsőségesen száraz (évi idénycsapadék nélkül). A megkülönböztetés tényezői a következők: 1. a csapadékidények (nincs évszak, nyár, tél) és 2. a leghidegebb és a legmelegebb hónapok átlaghőmérséklete, ahol is a meleget és a hideget biológiai ismérvek szerint állapították meg (*meleg* akkor, ha a leghűvösebb hónap átlaghőmérséklete $20^{\circ}\text{C}^{\circ}$ fölötti; *mérsékelt* akkor, ha a leghűvösebb hónap átlaga $10^{\circ}\text{C}^{\circ}$ és $20^{\circ}\text{C}^{\circ}$ között ingadozik és a legmelegebb hónap átlaghőmérséklete $30^{\circ}\text{C}^{\circ}$ -nál kisebb; *hűvös* akkor, ha a leghidegebb hónap átlagos hőmérséklete $0^{\circ}\text{C}^{\circ}$ és $10^{\circ}\text{C}^{\circ}$ közötti; végül *hideg*, ha fagy).

A geográfusok azonban összetettebb kritériumokat szeretnének kapni az egyes sivatagtípusok meghatározására. Általában ugyanis elfogadták a klimatológusok és biológusok szempontjait egy bioklimatikus fogalom meghatározására, mert a sivatagi annál is inkább összetett fogalom, mert nem zónaszerű, noha a legnagyobb sivatagok trópusi sivatagok. Elégtelennek látszik az indexszámokkal való meghatározás következésképpen olyan klimatikus eszközökkel, amelyeket a 0° feletti vagy a 0° körüli nagy hőmérséklet-ellentétek jellemeznek. A csapadékeloszlás szélsőségesen szabálytalan, nemcsak egyazon éven belül, hanem az évek között is. Azonkívül ezekkel a tökéletlen indexszámokkal akarják megmagyarázni azt a növényzetet, amelyet a szegénység jellemez és csakis akkor játszik szerepet bizonyos vidéken, ha a szárazság csökken. Végeredményben a földrajztudósok — akik elemezni, osztályozni és magyarázni akarják a vidékeket és ezeket az elemzéseknél és magyarázatoknál a segítségével szeretnék ezt a sivatagi vidéket emberibbé tenni —, úgy hiszik, hogy nem szabad eltekinteniük a vidékek negatív szempontjaitól, a csapadékhánytól, a bioklimatikus egyensúlytól, a talaj szegénységétől és hiányától, úgyszintén a növényzet hiányától. A sivatagos vidékeket ásványi jellegűnek minősítették. A szikla kiemelkedik a törmelékből. A litológiai és tektonikus szerkezet és a morfológia tehát meghatározó jelentőségű, hiszen a sivatagos vidéken uralkodó eróziós folyamatok, a ter-

moklaszcia, hidratáció, lecsurgás (nem koncentrált) sokkal hatékonyabbak, mint minden más morfológiatikus övezetben, hogy ebből meg lehessen különböztetni a legkisebb sziklaváltozatokat, szemben a kemény és lágy kőzetekkel. Ezek tehát azok a szerkezeti, morfológiai és morfogenetikai adatok, amelyeket a földrajztudósok jól felhasználhatnak a sivatagos vidékek típusainak és altípusainak meghatározásakor, hogy azután azokat térképezzék. Egyesek megpróbálkoztak ezzel: H. MORTENSEN, W. MECKLEIN Németországban, a szovjet geográfusok, F. JOLY Franciaországban. De a kísérletet nem általánosították valamennyi sivatagra és nem készült róluk kis mértékű kartográfiai ábrázolás.

II. A sivatagos vidékek főbb típusai

A sivatagos vidékeket nagy általánosságban meztelenségük határozza meg, vagyis a növényzet hiánya vagy szegényessége, a talaj hiánya, vagy silány volta — ezt bárki észreveheti és megkülönböztetheti, és így a földrajztudós is a domborzat és felületi lerakódások révén. A legegyszerűbb sivatagok a leglaposabbak. Megfelelő mennyiségű és magasságú domborzat már beleviszi a megkülönböztetéshez szükséges alapelemeket: mennyiségi kavardás a sivatagos vidék jelleg alapvető tényezőiben, hőmérsékletben, csapadékban és ennek következtében mennyiségi és minőségi változások a növényzetben, talajban, morfogenetikus folyamatokban és szintekben. Ugyanis olyan hegyoldalon végig, amelyet a földrajzi adatok lépcsőzetessége jellemez, mindegyik lépcső hat az alatta elhelyezkedőre, sőt egy víz partján mindaz, ami a vízfolyás ellenében fölfelé történik, hat minden alatta, a vízfolyás irányában fekvő pontra. Így egy hegy jelenléte a benne levő különböző lépcsőzetektől függően többé-kevésbé radikálisan átalakítja azokat a feltételeket, amelyek meghatározzák az alsóbb vidéket és a hegy lábánál fekvő síkságokat.

Ha a hegy jelenléte a szerkezeti adottságok fő következménye, ezek a feltételek is meghatározzák a lerakódások természetét és különösen a szemcsenagyságot. Ha ugyanis ezek mérete körülbelül 0,5 cm alatti, ha finom homok, iszap vagy agyag, a szél is elmozdíthatja — ami sajátos jelenség a növényzet nélküli vidékeken — és ami a víz munkájával együtt hozzájárul a lejtők és síkságok kitakarításához, de képtelen arra, hogy a durva üledéket elmozdítsa. Így nagy különbségek adódhatnak az olyan sivatagos vidékek között — ahol a kőzetek omlásából nagyméretű törmelék keletkezik, amit annál nehezebb elmozdítani, minél egyenetlenebb a térben a lefolyás és minél szabálytalanabb az időben, valamint olyan vidék esetében — ahol a kőzetek löszös jellegű finom szemcsét termelnek, valamint olyan vidékek között —, ahol a szemcsés kőzet közvetlenül homokot szolgáltat. Az utóbbi vidékek igen gyakran kristályos pajzsok vagy régi táblák, amelyek lapossága gazdag dűnékkel váltakozik.

Ezek a törmelékek sokkal inkább hatásosabb folyamatokból származtak, mint a jelenlegi valódi sivatagok. A kialakulásukat biztosító domborzatokhoz hasonlóan olyan korszakokból származnak, amikor az éghajlat különböző volt. Ezért sivatagos vidékeken az öröklés annál nagyobb szerepet játszik, minél nagyobb a sivatag. A hagyatékok között nemcsak lösz és homok fordul elő, hanem talaj, vasanyagú réteg, szilíciumos kérgék, kalciumos, gipszes rétegek, amelyek erősen összetettek és nagyban hozzájárulnak kialakításukhoz a sivatagtípusok is.

1. Pajzsok és lapos táblás vidékek

Az afrikai—arab sivatagok (Szahara, Kalahári, Szíriai—arab sivatag) — ide számíthatjuk a Thar-t és az ausztráliai sivatagokat — lapos, meleg sivatagok: a magasabb szintek itt korlátozott területet foglalnak el és általában nem elég magasak ahhoz, hogy a sivatag félsivataggá változzék, eltűnjön, esetleg egy magasabb sivatag kerüljön rá. Csak a Hoggar, a Tibesti, a Sinai-félsziget és Arábia olyan szerencsés, hogy magaslatain a hó és hideg hatására félsivatagos növényzet jelentkezzék. Ezek a lapos sivatagok olyan régi kristályos pajzsok, amelyeket feltételezhetően a hipotetikus kontinenssel: Gondvanával azonosíthatunk.

Hogy a Gondvana helyes vagy hamis feltevés-e, az itt nem lényeges. A sivatagok mindenesetre bizonyos rokonságot árulnak el. A paleogeográfiai adottságok ezen a vidéken összehasonlíthatók: végtelen kristályos felületeken tönkösödés ment végbe, ezekre a tömbökre üledékes takaró telepedett: táblák általában táblás borítással vagy gyengén lejtő, általában kontinentális és homokkő lerakódások (óriási kueszták), tektonikus, feltöltött teknők. Ugyancsak végbement itt paleoklimatikus pliocén-negyedkori fejlődés is. A hőmérséklet sohasem volt hideg, de hűs lehetett. A csapadék kielégítő volt ahhoz, hogy nagy folyók keletkezzenek, mégpedig nemcsak a hegységek völgyeiben, hanem a síkságokon is, amit részben tavak foglaltak el, legalábbis két alkalommal. A folyók hordták össze a szaharai homokbuckás terület anyagát elterebélyesedő teknőikben. De a trópusi front fejlődése bizonyára különbözött a mérsékeltől: erős ellentétek jelentkeztek az igen száraz időszakok között, amelyek során a sivatag az alacsonyabb részek felé vándorolt — valamint a nedves időszak között, aminek vagy a zónánkénti csapadék kiegyensúlyozása lett az eredménye, vagy éppen ellenkezőleg, a mérsékelt és trópusi esők konvergenciája. Következésképpen a trópusi pajzs-sivatagokat bizonyos közös jegyek jellemzik, ezek közül a legfontosabbak a következők:

1. Az eróziós- és letarolás-formák nagymértékben befolyásolták a lerakódás-(felhalmozódás-) formákat. Ellentétben E. F. GAUTIER megállapításaival, nem itt kell keresnünk a sivatagsüllyedés legjobb példáit. Ezen nem is lepődhetünk meg: a párkányzat kőzete szemcsés vagy palás kőzet és ritkábban eruptív, kitódult kőzet, vagy ellenálló kvarcit. A takaró kőzet homokkő vagy kalciumos kőzet, a leggyakrabban vékony, néha márgás. A hőmérsékleti és vízhatásra végbemenő mállás következtésképpen finom terméket szolgáltat, port, iszapot, homokot és ez mind alkalmas arra, hogy a víz munkája takaróba hordja, vagy a szél szétszórja. A sík felületek tehát eróziós felületek, szigethegyek, letarolt síma, kiegyenlített felületek, amelyek a hegyoldal (lejtő) visszahúzódásával fölfelé terjednek inkább, mint a felületek süllyedésével.

2. Az eróziós formák a szerkezeti sík formákkal szomszédosak, a hamada típusal, amelyet meredek perem határol. Pajzsok és vasanyagú vagy szilíciumos kérgek a trópusi, kalciumos, vagy ritkán gipszes peremek ugyancsak meghatározhatják a szerkezeti táblákat.

3. Durvaszemcsés lerakódások lejtőn csak a meredek részletek (kőzetek) lábánál fordulnak elő, amint göromba darabokban hevernek. Általában súlyosak. A folyóteraszok a völgyekben vagy a hegyek lábánál mind a nedves időszak hagyatékai. A depressziókat főleg homok tölti fel. Az agyagos, sós teknők, a szaharai „szebka” gyakori, különösen a mérsékelt széleken, de a takírtípusú depresszió ritka. Általában a homok kerül túlsúlyba: a homoktakaró, az akadá-

lyokba kapaszkodó dűnék gyakoriak. A szaharai homokbuckás területek nagyon változatos formájúak, a szabályos szélővezetben (passzátszelek) legtöbb a hosszúra nyúlt dűne, a dűnés sziklák összekeverednek a trópusi szelekben, mégpedig az évszakosan váltakozó szelek hatására, valamint az előrehaladottabb rögzítésnek megfelelően. Ezek a homokbuckák régiek, ami talán segít megérteni a borkánok viszonylagos ritkaságát.

4. Ezek a pajzsos sivatagi vidékek természetesen változatosak. De a szerkezeti és paleomorfológiai feltételek általános egyöntetűsége olyan nagy, hogy az altípusok klimatikusak. Megkülönböztethetünk: szélsőségesen száraz sivatagot, ez a valószínű sivatag L. EMBERGER meghatározása szerint (Közép-Szahara, a líbiai rész, Roub al Khali). Egyébként a szélsőségesen száraz és száraz közötti megkülönböztetést gyakran használják a klimatológusok és botanikusok, a klimatikus adatok és indexszámok alapján. A terepen már sokkal kényesebb ennek a meghatározása. W. MECKLEIN megkísérelte Líbiában. Az „Extremwüste”-ben már nem jelentkezik a kiapadt folyómeder (szaharai vádi) nyomai, sem a lapos területi folyómunkaé, hanem egy bizonyos vegyi behatás magyarázza meg az itteni poros és sokszögű talaj jelenlétét. A „Vollwüste”-ben állítólag a fizikai hatások uralkodnak és itt a szél még kisebb mértékben tevékeny, mint a félsivatagban, ahol szerinte a víz munkája ugyancsak hathatósabb lenne. A földközi-tengeri száraz sivatagban bizonyos mértékű lineáris erózió jelentkezik, amelyik kéregket alkot. Noha ezek a megkülönböztetések igen érdekesek, nagyon is vitathatók és bizony a Szaharán kívül nem általánosíthatók. De úgy látszik, hogy az arab Szahara-sivataggal kapcsolatban, a legnagyobb és szélességben a legkiterjedtebb, anélkül, hogy a hatalmas hegységek megzavarnák az övezetszerű differenciálódásokat és meg lehet állapítani olyan morfológiai különbségeket is, amelyek általánosíthatók, egyrészt a valódi sivatag és a szélsőségesen száraz sivatag között, másrészt pedig a félszáraz vidékek között.

Az első esetben, a völgyeket nem minden évben önti el az ár, ha csak az áradások nem kitartóak, a formákat főleg a szélszóró vagy takaró vízmunkának lehet tulajdonítani, és a talaj, ha van ilyen, öröklött. Kereshetünk átmenetet a száraz és a szélsőségesen száraz között, erre jellemző a lefolyás és a növényzet degradálódása. Mégis a *sivatagosság* fogalma (aréisme) eléggé formális: a sivatagosság lényegében a síkságból és törmeléktakaróból adódik; a lejtés hiánya akadályozza meg a lefolyást és nem az átlagsapadék elégtelensége, mert hiszen mindenütt eshet a földgolyó felületén. A lefolyást ezenkívül még megakadályozza a sűrű talaj, amelyen nincs szél okozta letarolásból eredő finom anyag, mert a legszélsőségesebb sivatagok végül is a legrégebbi sivatagoknak látszanak. A szél hatása már vitathatóbb. Bizonyos, hogy a szél okozta letarolás főleg ott tevékeny, ahol a finom anyagot meg lehet mozdítani, és az inkább jelentkezik a félsivatagokban, mint a valódi sivatagokban. A valódi sivatagokban a fő finom anyagkészlet a pliocénnegyedkori nedves időszak óta halmozódott föl. Ez itt is, nagyobb részében hagyaték. Ezt ma valamennyi sivatagra nézve elfogadjuk. De ha a Szaharában a finom anyag már nem halmozódik fel, annak az az oka, hogy a szél szétszórja. A szelek behordják a port a Szaharán kívüli vidékekről, Sahel felé, vagy a földközi-tengeri partvidék felé, amint ez trópusi sivatagoknál normális. Így a szélsőséges sivatagokban a szélműködés látszólagos szegénysége talán abból adódik, hogy már nincs felújítható finom anyag. A porszerű anyagot gyakran a szaharai kavics- és homok-takaró védi, vagy pedig túl tömör ahhoz, hogy könnyen mozgatható legyen. Ezenkívül az idős kavics- és homokrétegek lapos volta sem kedvez az örvénylő szél tevékenységének.

Viszont elfogadhatjuk, hogy a félsivatagos vidékeken egy jobban szervezett hidrográfiai hálózat tevékeny lehet minden nedves évszakban, különösen a főbb csatornáknál. Még a másodrangú csatornák is működésbe lépnek minden évben a félnedves vidékeken. Ezek az átmeneti típusok azonban jelentősen különböznek aszerint, hogy a trópusi peremeken vagy a sivatagok temperált vidékein fekszenek, mégpedig egyszerre a jelenlegi bioklimatikus feltételek és az öröklött feltételek következtében. A déli szegényvidékeken a terület magán viseli a nedves trópusi hatás jegyeit. Laterites pajzsok, a száraz trópusi klímából maradt szilíciumos kérgék, az alacsonyabb szélességi körök felé nyúló sivatag öröklött szelókozta formák. Északi vidéken a felszín elárulja az egykori hűvös és nedves éghajlati szakaszok jegyeit. Nagyon valószínű, hogy ez a mérsékeltbb vidék jegesedése. Így ott a hőellentétek sokkal erőteljesebb hatást gyakoroltak a domborzat formáira, az eróziós és a felhalmozódás-formákra. Itt tisztábban jelentkezik, mint a trópusi határvidékeken, a meszes és gipszes kéregképződ-ményeken.

A gondvianai pajzsok kívül, kétségtelenül jelentkezik terjedelmes sivatagok, például Szovjet Közép-Ázsiában, az Egyesült Államok Nagy-medencéjében vagy Patagóniában. Ezek csak kivételesen szélsőséges sivatagok. Sőt ezeket összehasonlítják az enyhülő szélsőséges sivatagokkal is. Az utóbbiak mérsékelt, hideg és magas láncokkal telített síkságok. Ez az oka annak, hogy azokon megvan a folyami lefolyás, pedig ez fontos tényező: a hegyi folyók összehordtak itt durva, vagy finom üledéket és elmosták, vagy eltemették a harmadkori képződményeket. A folyami erózióval lehet értelmezni a Kara-Kum hosszirányú folyosóit. Fel kell hagyni a két nagy észak-szaharai homokbuckás terület faid-jeinek és gassi-jainak magyarázatával. Az utóbbiak inkább eltemetett sivatagok, mint sík pajzs-típusok. Átmenetek a medencés és hegyes sivatagok között.

2. Medence-, hegyláb- és hegyvidéki sivatagok

A sivatagok arculatát ebben az esetben a terjedelmes hegységek határozzák meg. A hegységek általában elég magasak ahhoz, hogy a magas szinten bioklimatikus lépcsőzet alakuljon ki, vagy az eltüntesse a sivatagot. Vagy pedig meghatározzon az alacsony sivatag fölött, a medence és a hegyláb fölött, továbbá egy vagy több erdőlépcsőzet fölött egy magaslati sivatagot, végül pedig átalakítsa fokozatosan az alsó sivatagot felső hideg sivataggá, anélkül, hogy közbülső erdős fokozat ékelődne be. Bármint legyen is, a medence- és hegyláb-sivatagok morfológiája függ a hegységtől és a folyóktól (patakoktól), amelyek áradást okoznak a hó- vagy jégolvadáskor és elég erősek ahhoz — legalábbis az áradásos időszakokban —, hogy bőségesen hordjanak el olyan tekintélyes hordalékot, amelyet a fagyoskodó repedés vagy a lejtős oldalak hegyi patakjai dolgoztak ki, mert ez utóbbiak szintén hozzájárulnak a törmelék elhordásához. Az előbbieken kívül a hegység a síkság éghajlatát is módosítja, aszerint, hogy a síkság és a hegy-lejtő szeles-e vagy szélmentes, növeli, vagy csökkenti a csapadékot, a szél erejét és örvénylését. Így, ha a pediment és sima tereptípusok nem hiányoznak, az akkumulációs és eltemetett formák jóval nagyobb jelentőségűek. Ezekkel a sivatagtípusokkal kapcsolatban — a Szaharával ellentétben — beszélhetünk sivatagi süllyedésről is.

Ha ez valóban így is van, bármilyen legyen is a hegység, terjedelmes vagy magas, magától értendő, hogy a sivatagos hegységek, hegylábak és medencék kombinációi nagyok, mégpedig aszerint, hogy a hegyláncok milyen magasak,

milyen a szerkezeti típusuk a hegységek különböző éghajlati övezeteiben. A sivatagos hegység, hegyláb- és medence-típusokat sematikusán négy csoportba oszthatjuk. Ezek ugyan valamennyien komplikáltak, de különféleképpen. A két amerikai vidék, az Andok sivatagjai, az észak-amerikai sivatagok, a partmenti láncok, a Sziklás-hegység mind dél felé húzódnak. A sivatagos vidék változatait bizonyosan a szerkezet és a domborzat határozza meg: az Andok erős ellentétei, az észak-amerikai nyugati hegyláncok hosszirányú elaprózódása és szétterülése, az ebből adódó éghajlati aszimmetria és az elterebélyesedés. Ezenkívül a két láncolat több bioklimatikus zónán is áthalad.

Az *Andok* a szélességben és magasságban megoszló sivatagok legsematikusabb változatait tárják eléink az Andok sivatagátlója mentén: a chilei—perui Egyenlítő alatti és partmenti sivatag fölé a trópusi magas sivatag emelkedik. Lépcsőzetes emelkedése eléri a fennsík száraz paramo-it. Sivatagok, az argentin lejtős oldalon mediterrán és trópusi félsivatagok, amelyek a patagóniai hűvös kontinentális sivatagba mennek át. De bármilyen legyen is a csekély éghajlati különbség, a hatalmas hegyláb — amely a harmadkor végén érte el magasságát — rányomja bélyegét a sivatagra: ezek részben az Andok szikkadt folyómedreinek óriási árterületei, ahol a hordalék a lejtők aljában megkövesedett, részben pedig a légköri behatások révén a hegyoldalakat többé-kevésbé törmelékkel borítják be. A légköri hatások nagyon változatosak, kezdve a partmenti hőmérséklet-változás nélküli sivatagtól, ahol nincs hőmérséklet okozta aprózódás, egészen a fennsíkgig és a puná-ig, ahol egész évben hűvös van, majd egészen föl a magas hegycsoportokig — ezek a 4700 m magasságot is túlhaladják —, ahol minden éjszaka fagy. A dél felé egyre hidegebb hegyláncolat sok törmeléket termel és még inkább adott a múltban. A törmelék a keleti argentin lejtőn terült szét: a Chaco lösze és az északi pampáké, amely a magas Andokból jövő szél hatására terjeszkedik. A törmelék nagyobb szemcséjű a patagóniai hegytövi síkságokon. Ami a dűnés domborzatokat illeti, ezek kevés helyet foglalnak el és gyakran leszűkülnek, szétterülnek, kis formákat alkotnak és elszigetelt vagy láncolatos barkánokba sorakoznak. Általában litológiai okokból a homok kevés és itt nem tudott hosszan felraktározódni és osztályozódni, mint a Szaharában. A kavics- és homokrétegek sem annyira fejlettek. Itt megkülönböztethetjük a hiper-sivatagi és sivatagi jelleget. Nem hiszem azonban, hogy a Szaharára érvényes ismérvek itt használhatók lennének. A vádi, a lefolyással kialakult lineáris csatorna itt mindig a vidékhez tartozik és idősebb, de jelenlegi hatása is — bármennyire epizódoszerű is — jelentősnek látszik.

Az *észak-amerikai sivatagos vidékek* szélességben kevésbé kiterjedtek, viszont hosszirányban alaposan megnyúltak. A szélességben csak trópusi és mérsékelt. De a sivatagtípusok változatossága nem annyira gyenge, mint az Andokban. A Sziklás-hegység szerkezete és domborzata összetettebb és az éghajlati változások és az ellentétek bővebbek. Ezek felületi hegycsoportokká oszlanak, magasságuk és köztetani összetételük is nagyon változatos a táblás vidékek vagy feltöltött medencék között. A medencék tektonikusán gyakran változékonyak egészen a negyedkorig. Úgy jelentkeznek, mint a hegycsoportok, a medencék és síkságok egyvelege. A hegység mindenütt jelen van, néha hatalmas terjedelmű és magasságát tekintve, anélkül azonban, hogy olyan magas sivatagos síkságokat alkotna, amelyeket a punával és a fennsíkkal lehetne összehasonlítani. Maga a hegység gyakran annyira szerény, hogy nem okoz a magassággal kapcsolatos bioklimatikus differenciálódást. A fennsíkok, a medencék és a síkságok sokkal több helyet foglalnak el, mint az Andokban, kivéve Argentínát. A sivatagi típus-megkülön-

böztetések is komplikáltak: leírtak pedimentum sivatagokat, hiszen ilyet a Sziklás-hegységgel kapcsolatban leírtak, megvitattak. Gyakoriak, különösen a kristályos vidékeken, az elaprózott meleg hegycsoportok, ahol a szervezett lefolyás másodlagos, vagy legalábbis takaróban és szétszórt vízmunkával társul. De a pedimentumok végtelen playakban vagy bolson-okban végződnek, ahol a feltöltés annál vastagabb, minél erősebben felemelték a negyedkori talajmozgások a hegységeket viszonylag a helyi alap szintje fölé, gyakran a törések hosszában lesüllyedve a Ranges-medence stílusában. Így a felhalmozódott törmelék eredete is különféle lehet, távoli köves allúvium, egyenetlen szemcséjű törmelék, változó szemcsenagyságban, közeli eredetűek, homokkő és agyag; ugyanennyi típust lehet meghatározni a belső lefolyású hegylábakon és síkságokon. Tehát a formák eléggé változatosak és bizony elég nehéznek látszik ezeket felhasználni arra, hogy a sivatagok és szélsőséges sivatagok között csoportosítást hajtsunk végre. Ezek igen korlátozott kiterjedésűek. A Colorádó-sivatag a Kaliforniai-öböl belsejében növényzettel eléggé borított és mindenütt érzékelhető egy koncentrált lefolyás takaróban vagy szétszórtan. Az Andokhoz hasonlóan a homokfelhalmozódás és a dűnés rendszer kevés és ritka: ennek kétségtelenül az az oka, hogy a gránit kiegyeztetése nem elég terjedelmes és még inkább azért, mert a homokkőszzerű sorozatok kisebb jelentőségűek, mint a Szaharában, ahol a primer Tassili-k, a közbeiktatott vagy a befejeződő kontinens szállította a homokanyag nagy részét.

Szovjet Közép-Ázsia és a közép-ázsiai sivatagos vidékek alkotják a sivatagvidékek harmadik csoportját. Bizonyos szerkezeti jellegzetességek az Andokra emlékeztetnek, mert több igen magas hegylánc, a magas sík felületekből emelkedik ki és a magasan fekvő sivatagok miatt. Ezeken a hó és jég, a viszonylag nedves hegyoldalak, legalábbis akkor, ha a szélnek ki vannak téve, táplálták és táplálják ma is a folyókat. A magas hegyláncok azonban nem zárják ki a szerényebb hegységek létét, azok uralkodnak a tektonikus medencékben és a síkságokon. A jelenlegi magasság a közelebbi múltban lezajlott mozgások eredménye. A sivatagok tehát fiatalok, mint Amerikában is, ahol azonban a medencék gyakran nagy magasságban fekszenek. De — és ez a másik lényeges különbség — az ázsiai sivatagos vidékek hosszúak, mérsékelt szélességűek és hidegek. Ezeket tehát a nagy magasságban levő sivatag jellemzi, ahol azonban a jég okozta pusztítás és a felhalmozódás-formák, periglaciális talajfolyásból származó süllyedés, morénák, folyami-jég lerakódások mind-mind sokkal nagyobb szerepet játszanak, mint az Andokban. A Tien San és a Pamir *szirtiszei* sokkal inkább fedettek, mint a puna vagy az Altiplano. Mint a csendes-óceáni Andokban, a magas sivatagok itt is meghosszabbodnak a hegyláb-sivatagokkal és a nagy lejtők lépcsőzetei szerint átalakulnak a nedves szelek hatása alatt.

A síkságok is annyira megsüllyedtek, hogy a szovjet geomorfológusok hosszú időn át tagadták a pedimentumok létét. Egyes síkságok öregek és terjedelmesek, mint az Aral—Kaspi-síkság, amelyeket harmadkori tengeri és lagunalerakódások borítanak annyira, hogy az Uszt-Urt fennsík valóságos hideg „hammada” (zaharai köves fennsík). Viszont a nagy hegycsoportok lejtőit elárasztotta a lösz, annyira, hogy a szovjet földrajztudósok diluvialis és proluvialis lerakódásnak tartják saját kifejezésük szerint, vagyis olyan helyi eredetű lerakódásnak, amelyik a szétszóródott vagy megszakított koncentrált vízmunka során fagyrepedések törmelék átalakulásából és továbbhordásából keletkezett. A többi feltöltésformáció a folyami kavicszétterítés. Gyakran durva anyaggal van tele, vagy közeli hegyipatakokból származik. Ezek alluviális homok- és kavicsréteg-

ből állnak. De folyásmentében a lerakódások egyre finomabbakká válnak, agyagosak és homokosok, gyakran közbeeső rétegződéssel. Így értelmezik a Kara-Kum és Kizil-Kum jelentős homokos felhalmozódását. A többé-kevésbé messziről származott homokot a folyók hordták és rakták le. Sőt a „kum” formák maguk is még magukon hordják nemcsak a folyami hordalék jegyeit, hanem az agyagos-homokos tömegekben a lineáris bevágásokat, különösen ilyen a helyzet a Karakumnál. A közép-ázsiai sivatagok sokkal összetettebbek, annak ellenére, hogy a hatalmas hegycsoportokkal szemben állnak a medencék, amelyek még zártabbak, és óriásiak — mint a Tarim-medence — és erősen depresszáltak, hiszen a Turfán-medence negatív oldal. Gyakran azonban a csatlakozó apróbb hegységek nem elég magasak ahhoz, hogy a magasságban bioklimatikus lépcsőzet alakulhasson ki. A medencék mindig feltöltöttek, gyakran igen nagy vastagságban, jelentős folyók művei, ami bizonyítja a pliocén-negyedkori tektonikus mozgások nagyságát és az erózió hatékonyságát. A medencék közül egyeseket, különösen a Tarimot is úgy tekintik, mint szélsőséges sivatagot és a Takla-Makan élő dűne csoportjai, a világ legnagyobb és legfélelmetesebb ilyen formációja. És ezt nem lehet ugyanolyan ismérvek szerint definiálni, mint a saharai hiper-sivatagot. Amennyire a saharai hiper-sivatag szegény homokban, ez ebben igen gazdag és a folyami hatás itt tekintélyes nemcsak a homok jelenléte miatt, hanem azért is, mert a belső útjukat még a dűne csoportokban is fel lehet ismerni.

Végül a *földközi-tengeri sivatagok és félsivatagok* átmenetet jelentenek a sík pajzsvidékek és a hegyes sivatagi vidékek között. Hirtelen kapcsolatban állnak a merev afrikai-arab párkányzat és az összetett üledék és az Alpoknak nevezett vidék harmadkori hegyalakulása között. Ezek magukba foglalják a szíriai—arab parti szegélyeket és a harmadkori redőzésű vidékeket, ahol a merev tömbök még gyakran éreztetik hatásukat. A litológiai és tektonikus szerkezete a földközi-tengeri hegységeknek igen változatos: felemelkedett vagy az alapredőzetbe olvadt szegély-töredékek, a jura-típusnak nevezett hegyláncok, gyakori redőzeteivel, néha ezek zártak, a rugalmas és pikkelytípusú hegyláncok, felhordott takarók, zöld- vagy diapirikus sós agyag kőzet kitudulás-stílus komplikált formában. Mindennek az eredménye az igen méltóságteljes, változatos hegyláncok, de ezeknek soha sincsen meg sem az Andok vagy a Tien San magassága, sem terjedelme, nincs meg a „régí” csoporthegység, elaprózott hegységek és medencék sincsenek, magas és mély síkságok sem. Ugyanis a földközi-tengeri éghajlat maga is átmeneti. Lényegében száraz vidék a hosszú nyár szárazsága miatt. De az átmenet a szélsőséges sivatagból a félnedvesbe sokkal gyorsabb, mint a Szahara trópusi szegélyein. Mégpedig részben éghajlati, másrészt morfológiai okokból, azonkívül a domborzat is sokféle változatossággal szerepel az említett átmenetekben. Éppen ezért akadnak a földközi-tengeri vidékeken a sivatagi és félsivatagi formák széles skálájára.

III. Következtetések.

A sivatagos különbözőségek gazdasági és emberi következményei

A sivatagos vidékeken az anyagi viszonyok a legkegyetlenebbek, amivel az embernek meg kell küzdenie. Ezért itt az ember helyfoglalásának közös jellegzetességei vannak: nomádok szétszóródottsága, mert a pásztorkodók csak nagyon kiterjedt legeltetéssel és a térben megszakítva tudnak csak megélni, minthogy a csapadék egyik évszakra a másikkra igen szabálytalan. A helyhez-

kötött mezőgazdasági élet az öntözött oázisokra korlátozódik. Ezek valóságos kis szigetek egyenetlenül elszórva, ahol a víz tulajdonjoga és elosztása alapvető és komplikált törvénykezés tárgya és itt a mezőgazdálkodás kertészkedés alakban jelenik meg. Ez a kétféle életforma kétféle ellentétes földkihasználást és foglalatást eredményezett ugyan és ez inkább kiegyenlítő, mint ellentétes, amint ezt a különböző társadalmi kapcsolati formák is bizonyítják és az uralkodó természeti adottságokhoz való alkalmazkodás formái nagyon változatosak. A síksági és hegyes sivatagok között nemcsak gazdasági, hanem természeti földrajzi szempontból is ellentétek jelentkeznek. A hegységet a lépcsőzetes bioklimatikus feltételek határozzák meg, ahol ez a lépcsőzés többé-kevésbé komplikált, aszerint, hogy a hegység „kicsi” vagy „nagy” és a lejtők iránya szerint. Ez lehetővé teszi különböző magasságokban az évszakok szerinti vándorló legeltetést. A magasvidéki legelők fontossága magyarázza a sivatagos vidékeken a hegységek emberi fontosságát. Sík vidéken, a kiegészítő legeltetés óriási felületekre szóródik szét, általánosságban és rendszerint olyan vidékek között, amelyek sivatagi foka egyenlőtlen, a sivatagok és a félsivatagok vagy félig-nedves szegélyvidékek között. Ezért itt a mozgások sokkal terjedelmesebbek és a nomád állattenyésztők tömörülése a szegélyvidékek felé erősebb, ahol a legelők sűrűbbek és nem száradnak ki olyan gyorsan.

Ez az ellentét a sík sivatag és a hegyvidéki sivatagok között akkor is magától értetődő, ha azt helyhez kötött foglalkozásuk foglalják el. A lapos síkságok, ahol nincs jelentős homokba süllyedés, magától értetődően a legszegényebbek a régi módon elérhető vízben: itt az oázisok távolabb fekszenek egymástól és elszigeteltebbek. A hegységekben a vízforrások annál kiadósabbak, mennél magasabbak a hegyek és mennél hatalmasabbak. A folyók áradásai tavasszal következnek be, ha pedig jéggel borítottak a hegyek, akkor nyáron lép fel az áradás, ez a legmelegebb évszak; itt olyan csoda történik, mint a Nilusnál, amely elviszi a trópusi vizet Egyiptomig a nyári hőségben és szárazságban. Az erős lejtők mentén könnyebb is a vizet szabályozni, ugyanígy a hosszirányú profilképződmények, sőt a völglejtők mentén. Itt a belső medencék, hegylábak, hegyi patakok olyan víz-takarókból táplálkoznak, amelyet kutakból vagy karéz-ekből, vagy qanat-okból merítenek, ezek az iráni öntözéstechnika jellegzetes földalatti vezetékei. Láthatjuk, hogy a sivatagos vidékeken a hegységek vonzó hatást töltenek be, viszonylag jelentősebb ez a hatás, mint más vidékeken.

Ezek az ellentétek olyanok, hogy jelenleg a sivatagos vidékek általában fejletlen vidékek, de a sík sivatagok vannak a legkedvezőtlenebb helyzetben. A hagyományos életformák a legnagyobb válságba kerülnek. A hagyományos nomád pásztorkodás a legnehezebben alkalmazható korszerű világunk termelési és csererendjéhez és a szaharai-arab oázisok a látszólagos ragyogásuk mögött olyan nyomort takarnak, hogy a parasztok — akik valaha a távolságok és társadalmi kapcsolataik révén voltak idekötve — legfeljebb megszökhetnek innét a jövőben.

Mit is kellene tenni, hogy a sivatagos vidékeknek e legelhagyatottabb és hátrányosabb helyzetben levő vidékeiről, amely számára és életszínvonalára nézve egyaránt nyomorúságos, ne pusztuljon ki a lakosság. A válasz erre a kérdésre technikai és politikai természetű. De csak akkor érvényes ez a válasz, ha alaposabban és teljesebben megismerjük a sivatagokat és olyan osztályozásukról gondoskodhatunk, amelyik nem csupán bioklimatikus index-számokon nyugszik.

SKANDINÁVIA KARSZTVIDÉKEI

BALÁZS DÉNES

Skandinávia földtani és földrajzi kutatásában a legutóbbi időkig kevés figyelmet fordítottak e terület karsztvidékeinek tanulmányozására. A földrajzkutatókat a glaciális formák nagyszerűsége lenyűgözte és a kutató munka középpontját az ősi masszívumdarab pleisztocénkori (főleg posztglaciális) fejlődésének problémái képezték.

Európa más tájaihoz viszonyítva Skandinávia nem bővelkedik karsztos területekben. Európában — számításaim szerint — mintegy 600 000 km²-nyi karsztosodó felszínt találunk (a terület 60%-a), ebből Skandinávia területére alig 9300 km² esik (ez utóbbi a Kemi-järvi torkolatától a Varanger-fjord közepéig húzott vonaltól Ny-ra eső területnek — a tulajdonképpeni Skandináv-félsziget, 848 000 km² — alig 1,10%-a). A Fennoskandináv-masszívum finnországi területein a karsztosodó kőzetek előfordulása oly ritka, hogy azt teljesen elhanyagolhatjuk, ezért e cikk keretében csak a Skandináv-félsziget és a hozzátartozó szigetekkel (Öland, Gotland) foglalkozunk.

Annak ellenére, hogy Skandinávia karsztos területekben szegény, földrajzi szempontból az ottani karsztosodás tanulmányozása — Skandinávia sajátos pleisztocén és posztpleisztocén fejlődése miatt — mégis rendkívül fontos és szükséges feladat. Különösen hasznos lenne a magyarországi karsztvidékek genetikai problémáinak megoldásához a skandináviai megfigyeléseket számításba venni, hiszen a skandináviai posztglaciális karsztosodás és a hazai periglaciális időszak karsztfejlődése között sok hasonló vonást lehet kimutatni.

I. A skandináviai karsztok kialakulásának geológiai és geomorfológiai feltételei

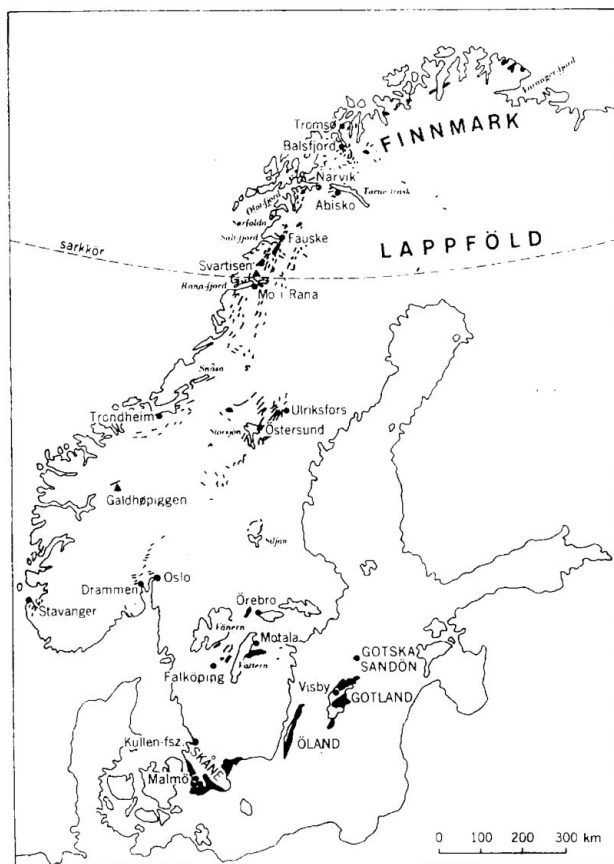
A Skandináv-félsziget karbonátkőzetekben szegény terület, aminek az oka a terület ismert földtörténeti fejlődése. Skandinávia mint a Balti-pajzs (Fennoskandináviai-ősmasszívum) része az algonkium óta lassan emelkedik és szárazulatot képez. Átmeneti transzgresszió csak a kambriumban és szilurban érte, ekkor rakódott le az a párszázméter vastag

meszes-márgás rétegösszlet, amely a későbbi, illetve a jelenkori karsztok alapközete (1. ábra).

A szilurban jelentős szerkezeti változások is érték a területet. A Fennoskandináviai-masszívum és a tőle Ny-ra fekvő Eria-masszívum közötti geoszinklinális üledékei — a masszívumok nyomására — redőkbe préselődtek, amelyeket a hegységképző erők a Balti-pajzs peremére toltak. A kaledóniai orogenezis során létrejött ősi Skandináv-hegység a geológiai ókor és középkor során tönkösödött, majd a harmadkor végén a lepusztult tönkdarabok összetöredezve ismét kiemelkedtek. A hegységképződés során főleg a hegység É-i harmadában sok helyen felszínre kerültek a kambroszilur üledékek metamorfizálódott, kristályos rétegei is.

A terület mai természeti képének alapját a pleisztocén időszak formálta ki. Karsztfejlődés szempontjából ez az időszak negatív szerepet játszott. Ha volt is a preglaciális időkben karsztosodás, az ebből az időszakból származó formákat a jégárak teljesen elpusztították. Sőt, nemcsak a karsztos formakincseket tüntette el, alakította át a glaciális erőzój, de sok helyen magát a karsztosodás amúgy is szegényes mészkőrétégeit is összetörte, elsodorta. Csúpan a jégtakaró atlanti peremvidékein, a fjordok oldalában ismerünk néhány olyan barlangüreget, melynek kialakulása feltételezhetően az utolsó eljegesedés időszakából származhat.

Elméletileg nincs akadálya annak, hogy gleccserek alatt karsztformák alakuljanak ki, hiszen számos vizsgálat adatai szerint a gleccser alatti kőzet nincs fagyott állapotban (2. ábra). A gleccser mozgása miatt természetesen a gleccser alatti mészkő felszínén karsztos formák (karr, dolina stb.) nem alakulhatnak ki, azonban az olvadékvizek lefolyást találhatnak a mészkőágy hasadékaiban, litoklázisaiban. Mivel pedig a hideg víz korráziós hatásfoka magasabb, a gleccser olvadékvizei — a viszonylag alacsony széndioxid-tartalom ellenére — a mészkő repedéseit barlangjáratokká bővíthetik ki. A skandináviai geológiai előfeltételeket ismerve azonban megállapíthatjuk, hogy a pleisztocén alatt nagyobb glecs-



1. ábra. Karsztosodó karbonátkőzetek (mész, dolomit) elterjedése Skandináviában

csér alatti karsztos hidrográfiai hálózat sehol nem alakulhatott ki.

A skandináviai karsztok kialakulásának tényleges kezdetét a jégtakaró végleges visszahúzódásától lehet számítani. Ez pedig igen



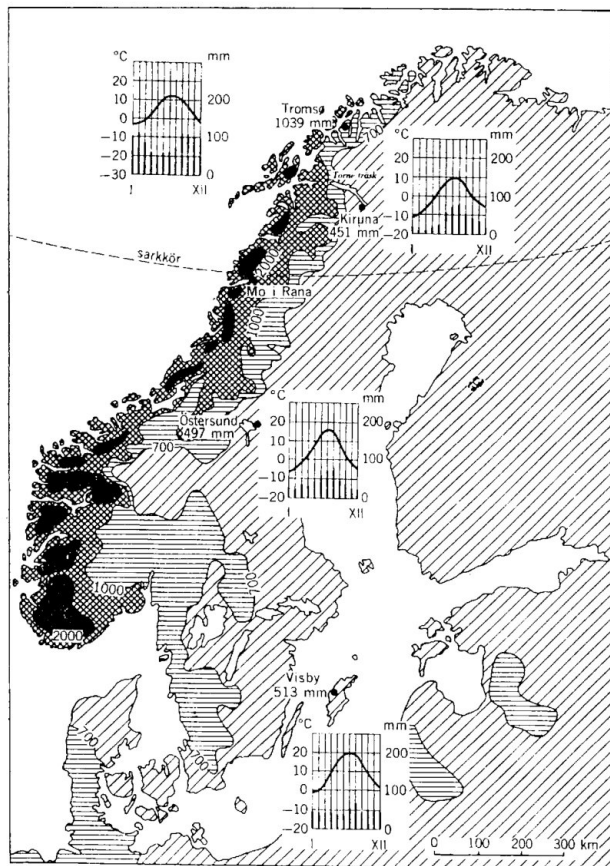
2. ábra. Verenskiöld vizsgálatai szerint a Spitzbergi gleccserei alatt a kőzet nincs átfagyva, viszont a jégtakaró nélküli talajban a kőzetrétegek fagyponthoz alatti hőmérsékletűek

rövid idő, hiszen alig 10 000 évre tehető (Yoldia időszak kezdete), sőt a lappföldi karsztos területek 6—8000 évvel ezelőtt szabadultak fel a jégpáncél alól. A skandináviai karsztos formakincsre tehát — a klimatikus hatásokon kívül — a karsztformák kialakulására rendelkezésre álló viszonylag igen rövid geológiai időszak nyomja rá a bélyegét.

A karszt fejlődése szempontjából az sem hanyagolható el, hogy milyen az adott karsztosodó kőzettömeg szintbeli elhelyezkedése az erózióbázishoz képest, azaz milyenek a *geomorfológiai előfeltételek*. Ebből a szempontból a Skandináv-hegység Ny-i oldalán található mészkőrétegek fekvése a legkedvezőbb, itt van a legjelentősebb relatív szintkülönbség, tehát a karszt belsejébe jutó csapadékvíz itt tud maximális eróziós-korráziós hatást kifejteni. A kaledóniai redőkre K felől támaszkodó lapos, begátolt, moعاتaras szilurtablák, a Götaland és Öland szigetek igen alacsony meszes táblái csak embriónális karsztformák kialakulását tették lehetővé.

II. Klimatikus előfeltételek

A geológiai feltételek csak a holt anyagot biztosítják, amelyből a megfelelő éghajlati viszonyok formálják ki a karsztvidékek oly változatos formakincsét. A természet karsztalakító vésői: a csapadék és a hőmérséklet.



3. ábra. A csapadék eloszlása Skandináviában. A grafikonok az egyes karsztvidékek csapadék és hőmérsékleti viszonyainak havi alakulását mutatják

A csapadék mennyiségi alakulása — amely a karsztosodás legfőbb klimatikus tényezője — csak a Skandináviai-hegység Ny-i oldalain kedvező. Itt a Tromsø-Mo vidékén elterülő karsztos felszínre évente átlagosan 1200–2000 mm csapadék hull. A hegység K-i oldalán, valamint D-Svédországban és a szigeteken a csapadék évi mennyisége mindössze 400–500 mm.

A hőmérséklet szerepe a karsztfejlődés szempontjából még igen vitatott. Az tény, hogy hideg viszonyok mellett a víz oldóképessége nagyobb, de az oldás intenzitása lassúbb, kevés a CO_2 utánpótlás is. Magasabb hőmérséklet mellett a víz kevesebb CO_2 -t tud abszorbeálni, viszont az oldás sebessége nő, a gazdag növényzet miatt a széndioxid utánpótlás bőséges és az egyéb szerves savak korráziós hatása sem lebecsülendő. Mindezek a tényezők oly bonyolultan kapcsolódnak össze, hogy hatásuk igen nehezen különíthető el. A skandináviai karsztvidékek nagy része szubarktikus éghajlati

zónába esik, az éves középhőmérséklet itt -2°C – $+4^\circ\text{C}$ közt, Dél-Svédországban és Gotland szigetén pedig $+5^\circ\text{C}$ – $+7^\circ\text{C}$ körül alakul (3. ábra).

J. CORBEL, a skandináviai karsztvidékek egyik legismertebb kutatója, különösen hangsúlyozza a hőmérséklet szerepét. Részben a skandináviai megfigyeléseire alapozta azt a vitatott tételt, hogy a karsztos lepusztulás hideg éghajlat alatt tízszer (!) gyorsabb folyamat, mint pl. a trópusokon. A sarkkör vidéken elterülő karsztvidéken (Mo i Rana mellett) végzett karsztvízelemzéseim ezt az állítást cáfolják. A Grönli- és Seter-barlangokból előtörő karsztvizek jóval lágyabbnak bizonyultak, mint a hazai karsztforrások vizei. Ha helyenként találhatók is nagyobb mésztartalmú vizek, ebből még nem lehet általános következtetést levonni. A korlátozott CO_2 felvételi lehetőségek a kopár fjell-eken határt szabnak annak, hogy a csapadékvíz teljes mértékben kifejthesse a hideg körülmények közötti elmé-

letileg nagyobb oldóhatását. Csak a nyugati partok közelében kedvezőbb a helyzet, ahol a bőségesebb csapadék mellett az enyhébb hőmérséklet elősegíti a humuszos takaró kialakulását.

III. Skandinávia karsztvidékei

A mintegy 9300 km² kiterjedésű skandináv karsztvidékből 7560 km² (82%) esik Svédország területére, a többi 1740 km² (18%) Norvégiában található. (Összehasonlításképpen: Magyarország összes karsztos felszíne LEÉL-ÖSSY szerint kb. 1500–2000 km².)

A Skandináv-hegységben szeszélyesen futó svéd–norvég országhatár miatt helyesebbnek látszik, ha az egyes karsztvidékeket a politikai határoktól elvonatkoztatva, természetföldrajzi tájegységek szerint ismertetjük. Morfológiai szempontok alapján 5 tájegységet különböztethetünk meg:

1. A kaledóniai hegységrendszer tönkdarabjaiban előbukkanó karsztok kb. 2120 km²
2. A Skandináv-hegység keleti oldalára támaszkodó tönklépcsők táblás karsztjai kb. 1600 km²
3. Közép- és Dél-Svédország szórványkarsztjai kb. 880 km²
4. Öland—Gotland szigetek szilurtáblái kb. 2900 km²
5. Skåne kréta mészkövei kb. 1800 km²
- Összesen: kb. 9300 km²

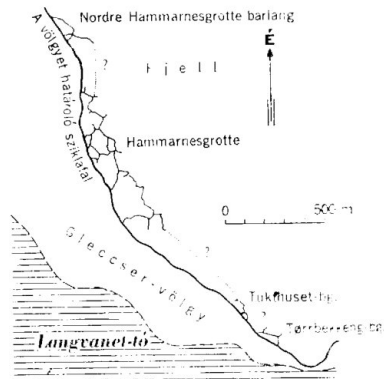
1. A kaledóniai hegységrendszer kiemelt tönkdarabjaiban felszínre bukkanó karbonát-közetekben fejlődtek ki a legerőteljesebb karsztos formák. Ennek az az oka, hogy ez a terület bőséges csapadékot kap és a karsztosodó kőzet geomorfológiai helyzete is általában igen kedvező.

A karsztosodó kőzet a norvégiai Finnmark É-i részén (Varanger-félszigeten, Magerøy szigetén és több más helyen szétszórtan) a kambriumi kristályos mészkő és márvány, Balsfjord vidékétől egész Oslóig, illetve Stavangerig kristályos szilur mészkő és dolomit, helyenként márvány.

A szeszélyesen gyűrt, áttolt és összetört, viszonylag vékony mészkő és dolomit rétegek ritkán alkotnak összefüggő, kiterjedt karsztos felszínt. Rendszerint a gleccsererózió által U alakúra mart völgyek, fjordok oldalában 10–100 m szélességben tűnnek fel és km-eken keresztül hosszú sávban szalagszerűen követhetők. E sajátos karsztvonulatot nevezték el „szalagkarszt”-nak (Streifenkarst).

A szalagkarszt egyik sajátos formakincs a gleccservölgyek mentén kialakult ún. perem-barlangok. Ennek legszebb példája a Mo i Rana-tól É-ra a Svartisen gleccser egyik hajdani völgyének K-i falában képződött bar-

langsorozat (4. ábra). A völgyet mélyítő gleccsernyelv szilur mészkőrétegbe vágódott bele; a gleccser olvadékvizei behatoltak az oldal-morénák mentén a gleccsertestet övező mészkőfal repedéseibe és ott a gleccserrel párhuzamosan labirintusszerű barlangjáratokat oldottak ki. Ezek a gleccservölgyi perembarlangok



4. ábra. Gleccservölgyi perembarlang-sorozat a Svartisen jégtakaró D-i oldalán (Mo i Rana-tól É-ra).

a Skandináv-félsziget legnagyobb karsztbarlangjai. A Hammarnesgrotten járatai 2,2 km hosszúak, de ha hozzászámítjuk a völgyfal folytatásában fekvő többi — csak részben ismert — barlangfolyosókat, ezek összhossza a 6–8 km-t is elérheti.

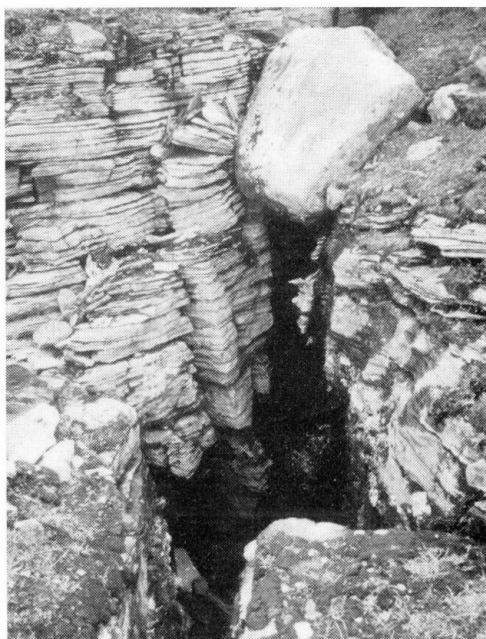
Mo i Rana környékén — a sarkkör két oldalán — találjuk Skandinávia legnagyobb barlangvidékét. Négy barlang hossza meghaladja a másfél km-t és több tucatnyi a 100–1000 m hosszúságú üregrendszerek száma. A cseppkő nélküli, gleccserhordalékkal borított üregekben jól kivehető az örvénylő víz korráziós és eróziós munkája.

Nagyobb, összefüggő szilurmészköves karszt alakult ki a Svartisen-gleccsertől É-ra, egészen Fauskéig. Itt már a kisebb felszíni karsztos formák (karr, dolina, víznyelő stb.) sem ritkák. Északabbra az Ofot-fjord vidékén fordul elő ismét több vonulatban a „sávkarst”-amely K-felé svéd területen, Abisko vidékén, a Torneträsk-tó É-i és D-i oldalán víznyelőkben és barlangokban gazdag kopár karsztcsúcsokat képez. Itt tárta fel néhány évvel ezelőtt GUNNAR RASMUSSEN Svédország legnagyobb barlangját, az 1200 m hosszú Lulletjarro-grottant.

A Torneträsk-tótól D-re, Björkliden mellett az itt húzódó kambro-szilur mészkőszárván érdekes karsztformákról közöl leírást G. RASMUSSEN. Az általa „kiskúp-karsztnak” nevezett formakincs 0,5–3 m magas mészkúpokból áll, amely mintha a trópusi szigethegyes karszt miniatűr reprodukciója volna. Valóban még genetikailag is sok hasonlóság van a két



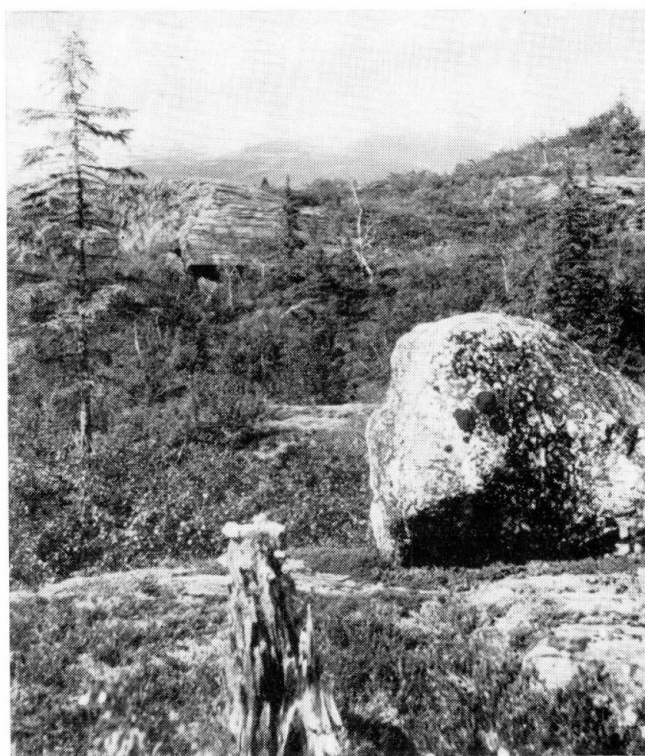
1. kép. A Torneträsk-tótól É-ra elterülő karsztfennsíkot még júniusban is nagyrészt hó borítja. A hóolvadék a nyíllal jelzett helyen tűnik el a Lulletjárro-barlang víznyelőjében. (G. RASMUSSEN felv.)



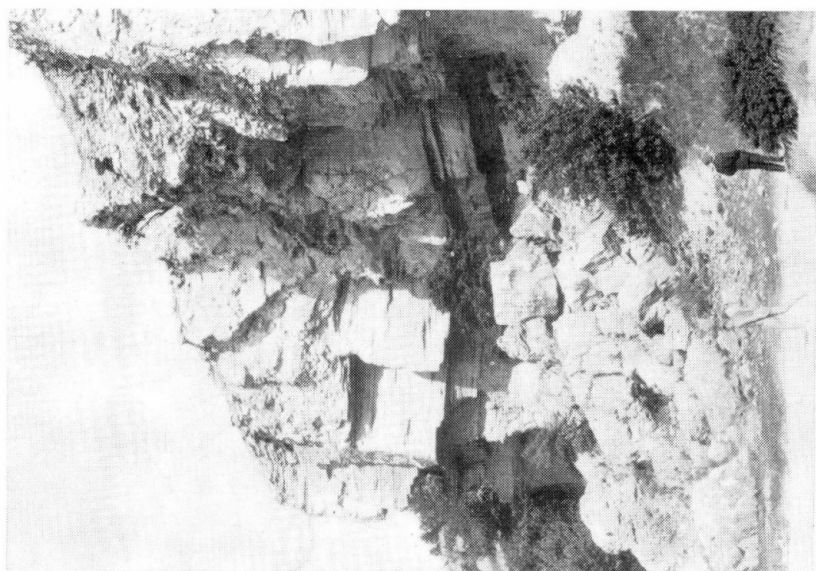
2. kép. A Lulletjárro-barlang egyik kristályos mészkőben kialakult víznyelő nyílása nyár végén. (G. RASMUSSEN felv.)



3. kép. Csenevész nyírfákkal borított alacsony karsztfennsík a svéd Lappföldön Torneträsk közelében. Előtérben egy víznyelőlyuk. (G. RASMUSSEN felv.)



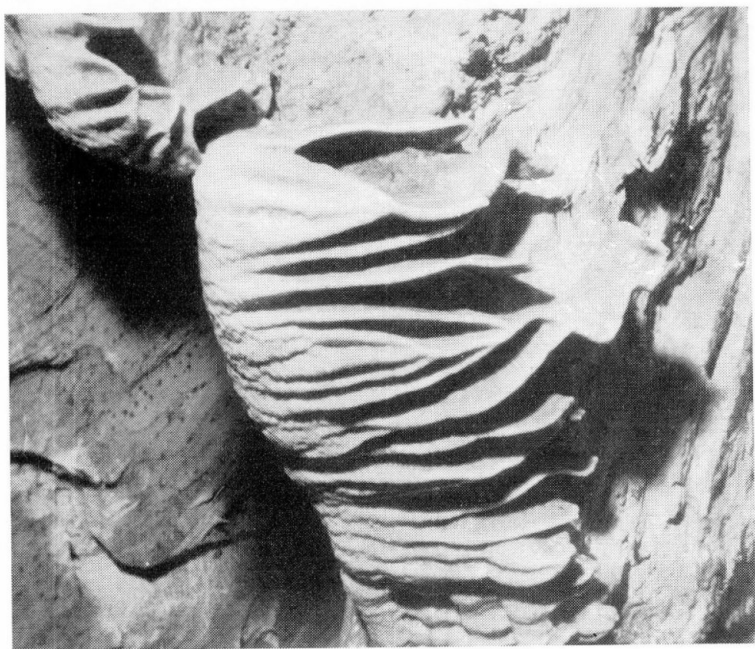
4. kép. Gleccser által lecsiszolt karsztlató Mo i Rana közelében a sarkkör mentén. (BALÁZS D. felv.)



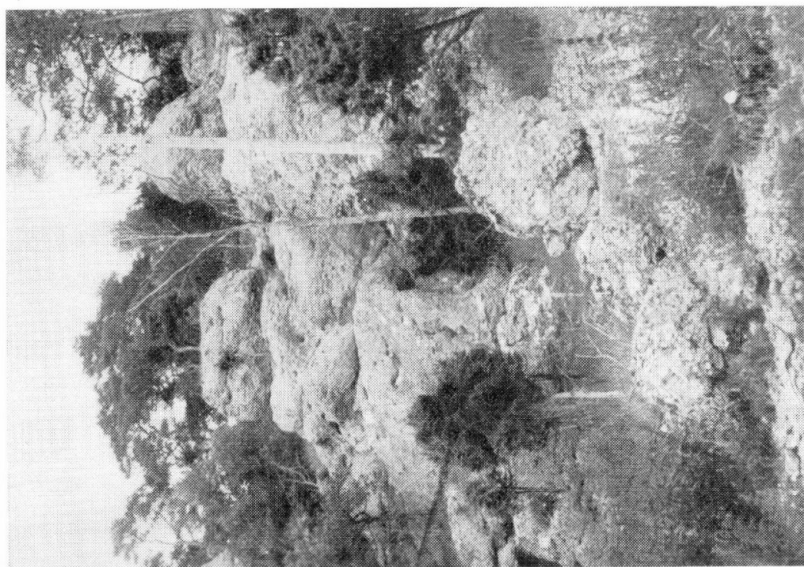
6. kép. Pusztuló szálur mészkő- és márgarétegek Gotland szigetének nyugati partvidékén, Visby közelében. (BALÁZS D. felv.)



5. kép. Képződmény nélküli, sivár eróziós barlangfolyosó a Grönlán-barlangban (Mo I Rana). A barlang mennyezetét csillámpala képezi. (BALÁZS D. felv.)



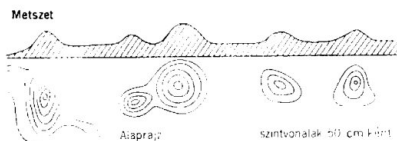
8. kép. A hideg éghajlat és a karsztfeloldás rövid időtartama miatt a skandináv barlangokban ritkaság számúba mennek az ilyen esepökképződmények. Részlet a lapptöldei Björkliden egyik barlangjából. (G. RASMUSSEN felv.)



7. kép. Karsztosodó szilurmész-köves felszín a Lummelunda barlang bejárata felett (Gotland). (BALÁZS D. felv.)

forma közt, mivel e kúpok kialakulása a felszíni areális erózió szelektáló munkájával magyarázható (5. ábra).

Elszórta a Skandináviai-hegység számos helyén előbukkan a kristályos szilur mészkő, így a Snasa Vatn-tó partjain (Trondheimtől ÉK-re), Trondheimtől D-re és K-re, a Galdhøpiggen csúcsától ÉNy-ra, Stavanger városától DNy-ra, Drammentől és Oslótól É-ra. A karsztjelenségek igen fejletlenek, kezdetlegesek.

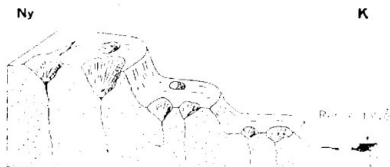


5. ábra. Kiskúp-karszt Björkliden mellett (Torne trásk-tótól D-re, J. Rasmussen adatai alapján szerkesztve)

2. A Skandináviai-hegység keleti oldalára támaszkodó tönklepcsők közül legnagyobb a Jämtlandi-tábla. Az Östersund és Ulrikfors között elterülő lapos, mocsaras, ingoványos területen a valódi karsztformák teljesen hiányoznak, az alacsonyan fekvő szilur mészkövet a visszahúzódó jégtakaró homokos-agyagos üledékei fedik. Csupán a tábla Ny-i felén, magasabb szinteken találunk fejlettebb karsztformákat. Egyes helyeken itt a mészkövön fekvő homokos-agyagos rétegekben több száz méter átmérőjű és 80 m mélységet is elérő dolinákat figyeltek meg, amely a karsztos fekvő víznyelő nyílásaival, üregeivel lehet összefüggésben. Egyes geológusok (O. ANGEBY) véleménye szerint a fedőközet itt preglaciális karsztformákat takar.

Svéd geográfusok a Jämtlandi-karsztvidékhez számítják a Storsjön-tótól ÉNy-ra elterülő „szalagkarsztokat” is, amelyek már a kaledóniai takaróredőkben alakultak ki. Itt húzódik Svédország legfejlettebb karsztos vidéke a Rensel-folyó mentén. A folyó a szűk karsztos völgyet övező mészkövben nyolc alkalommal tűnik el és bukkan elő ismét. (J. CORBEL.) Vallervatnet-Bjursälven vidékén sok barlang, dolina, víznyelő található. Morfológiai szempontból különösen érdekesek a Bjursälven-völgy dolinái teraszai (6. ábra).

3. Közép- és Dél-Svédországban a glaciális erózió pusztítását néhány kisebb kambro-



6. ábra. Dolinás teraszok a Bjursälven völgyben (Jämtland, Svédország)

szilur mészkörög vészelté át. Nagyrészüket vastag morénatakaró fedi, ami a karsztosodás folyamatát fékezi, vagy egyáltalán lehetetlenné teszi.

Dalarna-ban, a Siljan-tótól É-ra köralakú sávban bukkan elő ilyen fedett karszt. Öreb-rótól Ny-ra egy kisebb szilur mészkörögben néhány kisebb barlang képződött. A legérdekesebb karsztjelenség itt egy gneisz közé préselt prekambriumi mészkőben létrejött kb. 20 m mély zsomboly. A Vänern és a Vätter-tó között, valamint az utóbbi vizét levezető Motala-folyó mentén kambro-szilur (ritkán prekambriumi) kristályos mészkövekben és márványban találhatunk karsztos üregeket (L. TELL), a nyílt karsztfejlődést azonban itt is a glaciális takaró akadályozza. Említésre méltó J. CORBEL megfigyelése. A Vänern-tó D-i partján, Kinnekulle-félszigeten a morénatakaró alatt lapiáz képződményeket (karr-formákat) talált. Ezek a mészkő felszínén 20–50 cm széles és ugyanilyen mély barázdák, amelyeket szerinte még a jégtakaró alatt az olvadókvizek korrádtáltak a csupasz mészkőfelszínbe.

4. Területileg Gotland és Öland szigetek mészkőtáblái képezik Skandinávia legnagyobb, de egyben formakincsben legszegényebb karsztos területét.

Gotland szigetének szilurkori márga és mészkőrétegei alig 40–70 m-re emelkednek ki a tenger színe fölé. Felszínét a jégár laposra súrolta, majd a Yoldia-tenger, az Aneylus-tó vize és végül jelentős részét a Litorina-tenger borította el. A szárazulattá válás óta eltelt nagyon rövid idő, a terület kis reliefenergiája és a kevés csapadék (490 mm/év) miatt a karsztfejlődés a szigeten még embrionális állapotban van. Az É-i részén, a tengerparton néhány kisebb barlangot és karsztforrást, beljebb az ingoványos, mocsaras, holtvasz lapályokon néhány kisebb búvópatak, dolina-kezdeményt találunk. Visby közelében nyílik a Lummelunda-barlang, mely LEANDER TELL, svéd szpелеológus feltáró munkái nyomán vált ismertté és idegenforgalmi látványossággá.

Öland szigetének karsztja még szegényebb, a karsztos formakincset lapos dolina-embriók és a kisebb-nagyobb hasadékok képezik.

5. Skåne-félsziget kréta-karsztja szerkezeti-
leg idegen egység Skandináviában, mert a közép-európai variszkuszi rövidvidék krétakori üledékekkel borított megsüllyedt tönkdarabja. A jelenlegi skandináviai szárazulat egysége miatt azonban röviden erről a vidékről is szólnunk kell.

A krétamészkőben a porózus szerkezet következtében a karsztosodás folyamata és a karsztos formakincs eltér a tömör, kemény mészkőtől. Krétamészkőben a föld alatti víz mozgása sok hasonlóságot mutat a homokban szivárgó vízéhez (J. CORBEL találóan nevezi a krétamészkő hidrográfiai rendszerét „abrosz-

cirkulációnak"). Krétamészlkben a karsztjelenségek kialakulása viszonylag gyors folyamat, de élettartamuk is rövidebb, állandóan átalakulnak.

A kis reliefenergiájú, alacsony, morénával fedett Skáne-félszigeten jelentős karsztformák nem alakultak ki. A karsztos alapra csupán a lapos dolinák, karsztforrások és néhány kisebb barlang utal.

Összegezés

Sajátos kettősség jellemzi Skandinávia karsztjait: egyrészt a karsztosodó kőzetanyag igen idős (kambro-szilur, sőt helyenként prekambriumi) kristályos mészkő, dolomit és márvány, és a kőzet szerkezeti viszonyai, fekvése is igen régi keletű (kaledóniai redőkbe préselt rétegek), másrészt maga a karsztosodási folyamat rendkívül fiatal. Az idős anyagból a fiatal, aktív karszttevékenység sajátos karszt típusokat alakított ki (pl. szalagkarszt).

Skandinávia karsztjainak kutatása a geográfusokat jobban érdeklő itteni glaciális problémák tanulmányozása miatt — joggal — hátterbe szorult. A skandináviai karsztok vizsgálá-

lata azonban a glaciológia számára is sok újat és eddig figyelmen kívül hagyott anyagot szolgáltat, miként ez megfordítva is érvényes. A skandináviai karsztbarlangok egy részének posztglaciális eredete még nem teljesen bizonyított tény, csupán kevés vizsgálati adatra épülő feltételezés. Ez a feltételezés azonban nagyon valószínűnek hat, mivel a glaciális időszakban legfeljebb a nyugati szalagkarsztokban voltak meg a karsztosodás objektív feltételei. Tekintettel arra, hogy az adott körülmények között a csapadékvíz oldóhatását elsősorban a mélyben fejtette ki, az elmúlt alig 10—12 000 éves időszak is elégségesnek bizonyulhatott a járható méretű skandináviai barlangrendszerek kialakulásához.

Az intenzív skandináviai barlangfejlődés azonban még távolról sem bizonyíték arra, hogy a karszt *általános fejlődésének gyorsasága* (felszíni és felszín alatti karsztosodás együtt) Skandináviában gyorsabb lenne, mint a mérsékelt égöv alatt vagy a trópusokon. Ez a kérdés mindmáig vitatott, és a végső döntést csak a különböző klímaviszonyok között azonos módszerekkel végrehajtott vizsgálatok adatainak gondos szintézise után lehet kimondani

IRODALOM

- ÄNGEBY, O.: Landformerna i nordvästra Yämtland — Medell. Lunds Univ. Geogr. Inst. Avh.. 12. Lund, 1947.
- BALÁZS DÉNES: Skandinávia karsztbarlangjai. — Karszt és Barlang. 1962. 2., Budapest.
- CORBEL, JEAN: Karst et glaciers en Laponie. — Revue de Geogr. de Lyon, Vol. XXVII. №. 3., 1952., Lyon.
- CORBEL, JEAN: Les phénomènes karstique en Suède. — Geografiska Annaler 1952. II. 3—4, Stockholm.
- CORBEL, JEAN: Une région karstique de Haute-Laponie. — (Navnlösfjell.). Revue de Géogr. de Lyon, Vol. XXVIII. № 4., 1953., Lyon.
- CORBEL, JEAN: Les karst du NE de l'Europe. — Inst. des études Rhodaniennes, Mémoires et Documents, 12. Lyon., 1957.
- Гвоздетский, Н. А.: Некоторые наблюдения над Карстом Готланда. — Московск. Унив. Сер. 8. Геогр. № 1. 1961.
- HORN, GUNNAR: Über die Bildung von Karsthöhlen unter einer Gletscher. — Norsk Geografisk Tidsskrift. B. 5. Oslo. 1935. 494—498. o.
- HORN, GUNNAR: Karsthuller i Nordland. — Norges Geologiske Undersökelse № 165. Oslo. 1947.
- Lindberg, K.: Grottes et spéléologie en Suède. — Rass. Speleologica Italiana. Como. Anno VIII. — Fasc. 3—4. 1956.
- RASSMUSSEN, GUNNAR: Kleinkegelkarst in Nordschweden. — Wiss. Zeitschrift der Ernst Moritz Arndt Univ., Greifswald, VII. Mat-Naturwiss. № 1—2. 1957/58.
- TELL, LEANDER: Lummelunda, un endroit karstique encore actif dans les chaux siluriens d'île de Gotland. — Publ. II. Congrès Int. de Spéléologie, Tome 1./Sect. 1., Bari, 1958.
- TELL, LEANDER: Erosionsförloppet. The Rate of Erosion. — Archives of Swedish Speleology, № 1. Norrköping. 1961.
- TELL, LEANDER: Die Höhlentypen Schwedens — Archives of Swedish Speleology, № 2. Norrköping. 1962.