

MAGYAR AFRIKA TÁRSASÁG
AFRICAN-HUNGARIAN UNION



AHU MAGYAR AFRIKA-TUDÁS TÁR
AHU HUNGARIAN AFRICA-KNOWLEDGE DATABASE

JUHÁSZ Árpád

Lávamezők, óriásvulkánok, tavak és hasadékok – a kelet-afrikai árokrendszer földtörténete

Eredeti közlés/Original publication:

in: SEBESTYÉN Éva – SZOMBATHY Zoltán – TARRÓSY István szerk. /
ed.: *Harambee*. Tanulmányok Füssi Nagy Géza 60. születésnapjára, Pécs,
Publikon Könyvek, 192-207. old.

Elektronikus újraközlés/Electronic republication:

AHU MAGYAR AFRIKA-TUDÁS TÁR – 000.000.815

Dátum/Date: 2014. április 22. / April 22.

Az elektronikus újraközlést előkészítette

/The electronic republication prepared by:

B. WALLNER, Erika és/and BIERNACZKY, Szilárd

Hivatkozás erre a dokumentumra/Cite this document

JUHÁSZ Árpád: Lávamezők, óriásvulkánok, tavak és hasadékok – a kelet-afrikai árokrendszer földtörténete, *AHU MATT*, 2014, **pp. 1–24. old.**, No. 000.000.815, <http://afrikatudastar.hu>

Eredeti forrás megtalálható/The original source is available:

hazai könyvtárakban

Megjegyzés / Note:

ellenőrzött és szerkesztett szöveg / controlled and edited text

Kulcsszavak/Key words

magyar Afrika-kutatás, Hönnel és Suess érdeme: a kelet-afrikai árokrendszer feltárása, Kelet-Afrika földtani vázlata, geológiai megfigyelések Teleki útvonalán, szeizmicitás, vulkanizmus, üledékképződés a kelet-afrikai árok-

rendszerben, A dél-kenyai hasadékvölgy, Az észak-kenyai hasadékvölgy, A Teleki-vulkán

African research in Hungary, merit of Höhnel and Suess: exploration of the East African ditches, geological sketch of East Africa, geological observations on the route of Teleki, seismicity, volcanism, deimentation in the East African ditches, South Kenyan rift, Nord Kenyan rift, Teleki volcano

 AZ ELSŐ MAGYAR, SZABAD FELHASZNÁLÁSÚ, ELEKTRONIKUS,
 ÁGAZATI SZAKMAI KÖNYV-, TANULMÁNY-, CIKK- DOKUMEN-
 TUM- és ADAT-TÁR/THE FIRST HUNGARIAN FREE ELECTRONIC
 SECTORAL PROFESSIONAL DATABASE FOR BOOKS, STUDIES,
 COMMUNICATIONS, DOCUMENTS AND INFORMATIONS

* magyar és idegen – angol, francia, német, orosz, spanyol, olasz és szükség szerint más – nyelveken készült publikációk elektronikus könyvtára/
 writings in Hungarian and foreign – English, French, German, Russian, Spanish, Italian and other – languages

* az adattárban elhelyezett tartalmak szabad megközelítésűek, de olvasásuk vagy letöltésük regisztrációhoz kötött/the materials in the database are free but access or downloading are subject to registration

* Az Afrikai Magyar Egyesület non-profit civil szervezet, amely az oktatók, kutatók, diákok és érdeklődők számára hozta létre ezt az elektronikus adattári szolgáltatását, amelynek célja kettős, mindenekelőtt sokoldalú és gazdag anyagú ismeretekkel elősegíteni a magyar afrikanisztikai kutatásokat, illetve ismeret-igényt, másrészt feltárni az afrikai témájú hazai publikációs tevékenységet teljes dimenziójában a kezdetektől máig./The African-Hungarian Union is a non-profit organisation that has created this electronic database for lecturers, researchers, students and for those interested. The purpose of this database is twofold; on the one hand, we want to enrich the research of Hungarian Africa studies with versatile and plentiful information, on the other hand, we are planning to discover Hungarian publications with African themes in its entirety from the beginning until the present day.

LÁVAMEZŐK, ÓRIÁSVULKÁNOK, TAVAK ÉS HASADÉKOK – A KELET-AFRIKAI ÁROKRENDSZER FÖLDTÖRTÉNETE

Juhász Árpád

Bevezetés

Teleki Sámuel és Ludwig von Höhnel feljegyzései egyaránt bizonyítják, hogy a száz évvel ezelőtti kalandos expedíció kifejezetten tudományos érdekeket is szolgált. Teleki – tapasztalataink szerint is kiváló megfigyelőként – rögzítette az útja során érintett tájak geológiai sajátosságait, számos kristályos és vulkáni közettípust különítve el. Példaszerűek Höhnel geomorfológiai illusztrációi. Részben nekik köszönhető, hogy a múlt század végére körvonalazódott a hasadérendszer, amelyet Eduard Suess aztán Kelet-afrikai árokrendszerként vezetett be a földtudományokba, s amely napjainkban – a lemeztektonika-elmélet korában – a riftesedés iskolapéldája. A geológiai-geomorfológiai jelenségek mellett Telekiék felfigyeltek az árokrendszerben elhelyezkedő tavak magasabb térszínen levő ősi partvonalaira, és ebből a tavak egykori nagyobb kiterjedésére és ezzel összefüggésben jelentős éghajlatváltozások lehetőségeire következtettek. A kiváló fizikummal megáldott Teleki a maga korában egyedülálló magassági rekordokat állított fel az egyenlítői magashegységekben, a Kilimandzsárón 5300 m, a Kenya-hegységben 4300–4400 m körüli magasságba jutva. Feljegyzései is támpontként szolgálnak arra nézve, hogy száz év alatt milyen hatalmas mértékben visszahúzódtak ezeknek az óriásvulkánoknak a gleccserei – elsősorban az éghajlat szárazabbá válásának következtében.

Jelen tanulmány elsősorban a Teleki által érintett útvonal geológiai-geomorfológiai megfigyelésére koncentrál.

Teleki Sámuel egykor Zanzibár szigetén toborozta népes, több száz fős teherhordó karavánját. Nyomait keresve expedíciónk meglátogatta a „Szegfűszeg-szigetet”, amelynek felszíne tekintélyes részben fiatal korallmészkből áll. A kontinens indiai-óceáni partvidékét kiterjedt korallzátonyok kísérik, amelyek legmagasabb részei szigetként emelkednek a tenger színe fölé.

Teleki korában ismeretlen volt még Zanzibár szigetének mélyebb geológiai felépítése. A mélyfúrások és tengeri kutatások azóta feltárták az aljzatot. Ismertté vált, hogy az afrikai szárazföld keleti partszegélyét fiatal üledékekkel vastagon kitöltött süllyedék választja el Zanzibártól, az ún. Zanzibár-csatorna. Itt az enyhén gyűrt és töredezett üledékösszlet kvarter, neogén, eocén, paleocén, felső- és alsókréta korú rétegekből áll, 500–1000 m vastagságban. A sziget keleti oldalán is árokszerű süllyedék található, ahol az előbbiekkal egyező korú üledékek lényegesen mélyebb helyzetben találhatók. A Zanzibár-csatorna üledékanyaga azt bizonyítja, hogy Zanzibár már legalább százmillió éve önálló mozaik az afrikai kontinens kelet partja közelében és elkülönülése független a kelet-afrikai árok rendszer fiatal szerkezeti mozgásaitól.

Kelet-Afrika földtani vázlata

Kelet-Afrika geológiai felépítése és múltja vázlatosan az alábbiakban foglalható össze:

a) a legidősebb, prekambriumi pajzsokat alkotó kristályos közettömegek kora 2,5–3,0 milliárd év. Köztük egyaránt találhatók üledékes és vulkáni eredetűek. Előbbiek nagy része sekélytengeri környezetben lerakódott folyóvízi hordalék.

b) 1,0–0,9 milliárd éve transzgresszió következett, a sekélytengerben vastag homok és agyagrétegek rakódtak le, részben vulkáni kőzetek keletkeztek. Ezek enyhébben metamorfizált állapotban pl. a kenyai Nyanza pajzson ismerhetők fel.

c) 650 millió éve, a prekambrium vége felé megkezdődött az idős kontinentális litoszféra- töredékként értelmezhető pajzsok: Afrika, Dél-Amerika, India, Antarktisz összetorlódása, a Gondwana kialakulása. Ennek során jelentős orogenezis ment végbe Kelet-Afrikában is, ennek egyik igen intenzív szakasza 500 millió éve volt. Az ekkor kiemelkedett hegységglánc erősen lepusztult maradványa a Mozambiki-övben ismerhető fel, amelynek kristályos pásztája több ezer km hosszan húzódik Kelet-Afrikán keresztül. Időközben Afrika – a Gondwana részeként – a déli sark felé sodródott, amiről Kelet-Afrikában is kiterjedt gleccserek nyomai tanúskodnak.

d) A Mozambiki-hegységglánc lepusztulásáról főleg a permben és a triászban vastag üledékrétegek árulkodnak. A meanderező folyók által lerakott üledékekben növénymaradványok, apró halak és gyíkszerű hüllők fosszilizálódtak. Időközben Madagaszkár levált Afrika testéről és dél felé sodródott

(eredetileg a mai kenyai-tanzániai határ magasságában feküdt), a mezozóikumban pedig megkezdődött Afrika és Dél-Amerika különválása is.

e) A jura transzgresszió már erősen lepusztult térszínen következett be, amit finomodó agyag-meszes iszaprétegek lerakódása jelez. Az Indiai-óceán partvidékén – Kenyában Mombaszánál, Tanzániában Tangánál gazdag jura korall-, ammonitesz- és kagylófauna található. A kréta első harmadából származó homokkő Kenyában, a Turkána-tó közelében dinoszauruszmaradványokat is megőrzött. A Kelet-afrikai árokrendszer kialakulásának első jelei, elsősorban felboltozódás, regionális kiemelkedés formájában 70 millió éve – a kréta-tercier határon – mutatkoztak. Az árokrendszer azonban mai formájában döntően az utolsó 2 millió esztendő eredménye. Közben – a neogén és a kvarter folyamán – a mozgásban levő árokrendszerben tavak keletkeznek és tűnnek el, folyórendszerek változtatják medrüket a tektonikai mozgások függvényében. A szárazföldi tavi üledékek a miocéntől kezdve gyakran tartalmaznak emlősmaradványokat, majd az utolsó négy millió évben több világhírű lelőhelyen konzerválódtak a Hominida-maradványok is (Olduvai, Koobi Fora).

Geológiai megfigyelések teleki útvonalán

Teleki Sámuel útvonalát követve, részben azt kisebb–nagyobb kitérőkkel kiegészítve, centenáriumi expedícióknak lehetősége nyílt a felsorolt földtörténeti komplexumok nagy részének tanulmányozására. A geológiai–geomorfológiai megfigyelések mellett – amelyekhez légi- és űrfelvételek is rendelkezésre álltak – módunk volt rendszeres mintagyűjtésre. Ahhoz, hogy egy féléves expedíció új tudományos eredményeket produkáljon, olyan, geológiai szempontból viszonylag jól feltérképezett országokban is, mint Tanzánia és Kenya, azokra a régiókra kell koncentrálni, amelyek a legtöbb nyitott, megoldatlan problémát rejtegetik. Ezek közé tartozik Tanzániában Kelet-Afrika legaktívabb tűzhányója, a Nátron-tó közelében emelkedő Ol Doinyo Lengai, avagy Kenyában az egy évszázad óta vita tárgyát képező Teleki-vulkán. Útvonalunk során számos egyéb lehetőség adódott a kelet-afrikai árokrendszer különböző jellegű szakaszainak megfigyelésére, ahol saját tapasztalatainkat szembesíthettük a kontinentális litoszféra széthasadására vonatkozó, részletekben egymástól merőben különböző lemeztektonikai interpretációkkal.

Az afrikai szárazföldön megtett utunkon a már említett parti korallmésző vidék után először a Tanga környéki jura karsztot kerestük fel, itt recens

válóját ismerhettük meg a hazai jura időszaki őskarsztnak (Úrkút, Csárda-hegy), amely egykor szintén trópusi körülmények között keletkezett. A vízszintesen rétegzett jura mészkőben meredekfalú völgyek alakultak ki. A Kurumuzi-völgy oldalában nyílik az Amboni-barlang, a felette levő platón szép labirintus karszttal. Különösen látványos az ún. Maweni-börtönkarszt.

Utunk első szakasza ezután jórészt kristályospala térszínen vezetett az Uszambara- és a Pare-hegység lábánál. Előbbi 2570, utóbbi 2643 m-re emelkedik a tenger színe fölé. Az Uszambara-hegység délnyugati oldalán lévő völgyekben tanulmányozhattuk azokat a metamorf kőzeteket, amelyek a tanzániai ún. Uszagaran formációhoz tartoznak. Ez a formáció a földtörténeti áttekintésben c) pontban említett késő prekambriumi–paleozóos vonulat része, jórészt üledékes származású kristályos palákkal, granulitokkal, gneiszekkel, gyakori pegmatitos képződményekkel. Hasonló metamorf kőzetek alkotják a Kilimandzsáró és a Meru óriásvulkánok aljátát.

A Kilimandzsárónál talákoztunk először a kelet-afrikai árokrendszer tágabb térségében lévő vulkáni képződményekkel. A hasadékvölgytől mintegy 150 km-re fekvő vulkán három kitörési központ körül épül fel. A hegység összes vulkáni anyaga közel 5 ezer köbkilométerre becsülhető. A három fő központ közül viszonylagosan eredeti formájában a középső, Kibo-csúcs maradt meg, amely 5895 m-rel Afrika magassági rekordját tartja. Tetején 2,5 km átmérőjű kalderában egy kisebb, 820 m átmérőjű belső kaldera, illetve azon belül egy 340 m átmérőjű hamukúp található.

A külső kaldera peremét fonolit, a belső krátert nefelinit alkotja. Lávafolyásai is alkáli jellegűek. A legnagyobb tömegű a trachibazalt (500 km^3), legjellegzetesebb a nagyméretű porfíros földpátkristályairól könnyen felismerhető rombporfir (150 km^3), amely kőzettani szempontból helyenként trachitnak, máskor fonolitnak minősül. Jelentős tömegben találhatók trachandezit lávafolyások is (190 km^3).

A magassági sorrendben következő csúcs a Mawenzi (5149 m), a Kibótól K-re, erősen lepusztult, többnyire kűrtökítőltésekből és dájkokból áll. Eredeti méretei a maiaknál lényegesen nagyobbak lehettek, a trachibazaltos, nefelinites, bazaltos lávák és piroklasztikumok térfogata meghaladhatta a kétezer köbkilométert. A Kibótól Ny-ra fekvő Shira ma már nem éri el a négyezer méteres magasságot sem. Lepusztult kalderájának maradványait részben a Kibóról származó lávafolyások töltötték ki. A Shira trachandezites, trachibazaltos lávakőzetei és piroklasztikumai 500 km^3 -re becsülhetők. Mindhárom csúcs egyébként közös vulkáni alépitményen épült, egy NyÉNy–KDK irányú törésvonal mentén, és a fő kitörési központok mellett

nagyszámú parazitakráter is működött. A parazitakráterek fonolit, trachit, andezit mellett karbonatitokat és ankaramitokat produkáltak.

A Kilimandzsárót létrehozó vulkáni tevékenység kezdetét 1,1 millió évre teszik. A Mawenzit egykor felépítő lávafolyások kora 500 000–600 000 év. A Kibo „lávatorony trachitjának” kora 500 000 esztendő. A felső trachit-andezit csoport kőzetei 400 000 éve keletkeztek. A fő rombporfircsoport lávakőzetei (bennük a földpátkristályok mérete átlag 3 cm, és osztérfogatuk a kőzet egyharmadát is eléri) 360 000 éve szilárdultak meg. Az ún. Lent-csoport fonolitjai 250 ezer évesek. A kis rombporfíros csoport tagjai (fonolitok, 1 cm körüli porfíros földpát- és 2 mm nagyságú nefelinkristályokkal) 180 000 éve keletkeztek. A Kibo kaldera fonolitos része 100 000 esztendeje alakult ki, a belső krátercsoport nefelinites kőzetei (ezekben nincs porfíros földpát, a porfíros nefelinkristályok mérete 3 mm körüli, mennyiségük 20%) a néhány tízezer évvel ezelőtti utolsó aktív szakasz képviselői. A Kibo sem tekinthető tehát működő vulkánnak.

A Kilimandzsáró vulkáni kőzeteinek részletes feldolgozása a Sheffieldi Egyetem és a Tanzániai Földtani Szolgálat 1953–57. közötti közös expedíciójának köszönhető és ma is összehasonlítási alapul szolgál a kelet-afrikai árokrendszer vulkanizmusának értelmezéséhez.

A keleti hasadékvölgy felé vezető utunkon a Kilimandzsáró után a Meru volt a következő állomás. A 4566 m csúcsmagasságú, hatalmas vulkán mintegy 100 km-re fekszik keletre a hasadékvölgy tengelyétől. A hegységtől északra a kristályos aljzat felszínre bukkan, de néhány más környező helyen is csak 10–20 méterrel fekszik a felszín alatt. A Meru hatalmas, félkör alakú kalderájának piroklasztikumai is gyakran tartalmaznak metamorf kőzetásványokat, főleg gneiszet, tanúszkodva a kristályos aljzatról. Egyéb helyeken azonban a hegység lábát a fiatal üledékek vastag köpenye takarja, köztük is jellegzetesek a vulkáni iszapárak, laharok. Vastag tufarétegek is lerakódtak a hegység peremén.

A vulkáni anyagok között a fő törésszóna kialakulását megelőző „idős” és azt követően felnyomult „fiatal” kőzetcsoporthoz különíthetők el (fő törésszóna kialakulása itt 1,15–1,20 millió évre tehető). A legidősebb lávakőzetek főleg a Merutól nyugatra vannak feltárva. A Matisiwi és a Matuginigi törésszállnál 240 m az idős lávarétegek összvastagsága, de még a déli oldalon sem vékonyabb 180 méternél. Az idős lávakőzetek főleg alkáli jellegű olivinbazaltok, de gyakoriak a hawaiiitok és egyéb bázisos kőzetek. Az alkáli bazaltsorozat középső részéről származó minták kora, kálium-argon kor meghatározások alapján 2,8 millió év.

A Meru főtömege nyugaton blokkos törések mentén emelkedik ki. Idősebb vulkáni kőzetei között 1,5 millió éves nefelinitek találhatók, a társult breccsiákban lévő egyes fonolitzárványok kora 2,0 millió év. Az idős extruzívumok kémiai összetétele arra utal, hogy a vulkanizmus már a fő töréseket megelőzően is alkáli jellegű volt.

A fő törések kialakulást fonolit és fonolitos nefelinitlávák felnyomulása követte. (Az Ol Doinyo Sambun és Naigonesoittól É-ra). A Kis-Meru egyveretű vastag breccsia összetételében is gyakoriak a fonolitos nefelinit-törmelékek, koruk mintegy 300 000 év. A Kis-Meru genetikája eltér a hegység központjának keletkezésétől, a 3800 m-es csúcs monogenetikus vulkáni kúpnak tekinthető. Kőzeteit a Nagy-Meru fiatalabb lávafolyásai legfeljebb megpörkölték.

A Nagy-Meru kúpja 200 000–60 000 éves időkeretben épült fel és eredetileg olyan szimmetrikus kúp lehetett, amely legalább 4800–4900 m magasba nyúlt. Legfőbb építőanyaga vulkáni breccsia és tufa, a fonolitos és nefelinites lávarétegek alárendeltek. A Kilimandzsáróval összehasonlítva tehát feltűnő a piroklasztikumok nagy aránya. A kitörések a törmeléket sugárasan, a központtól távolodva egyre finomodó nagyságú anyagként rakták le, legyezőszerű formákban. A hegység lábánál a tufa, illetve agglomerátum gyakran folyóvízi üledékekkel keveredik.

A Nagy-Meru főkúpjának kialakulását vastag fonolit és nefelinit lávasapka megszilárdulása fejezte be mintegy 60 ezer éve. Egyes tömeges lávafolyások messze lehatoltak a lejtőkön, ahol napjainkban kemény háttakként, bordákként húzódtak, kiemelkedve lágyabb környezetükből. Vannak a főkúp sztrativulkáni építményébe benyomult és ott megrekedt viszkózus fonolit dagadókúpok is, főleg az északi szárnyon. A főkúp kialakulását erős lepusztulás követte, majd meghatározatlan időpontban a főkúp egész felső része beomlott. Az összeroppanás keleti irányban alárohanó iszapáradatot indított útnak. Az iszapos lahar-üledékek 1500 km²-t borítottak be, északi irányban 50, déli irányban 30 km-re jutva el, kelet felé még a Kilimandzsáró lejtőjére is felhatolva. A jelenlegi félkaldera azonban nem egyetlen összeomlás következménye, a lahar-áradatok ugyanis több alkalommal követték egymást. Az utolsó lahar mintegy 7 ezer éve gátolta el a hegység keleti oldalán lévő Momela-tavakat.

A teljes beomlás után új hamukúp épült a kaldera udvarában. Késői fázisban a hamukúp és a kaldera fala között nefelinites, fonolitos dóm nyomult fel, amelyből induló lávafolyások a kaldera aljáig eljutottak. A hamukúp aljában számos kenyérkő jellegű, salakos lávabomba is található.

A hamukúp krátere még 1910-ben is működött néhány napig, a fumarola tevékenység pedig csak 1954-ben gyengült. Ma már hőmérsékleti anomália sem észlelhető a hamukúp tetején, amelyre való feljutás a laza, süppedős hamuban igen megerőltető vállalkozás. Sokkal jobban megfigyelhető a hamukúp a kaldera ép faláról, elsősorban a Kis- és Nagy-Meru közötti szakaszon.

Jelentős vulkáni szerkezet a Merutól keletre elkülönült helyzetben lévő Ngurdoto 1853 m tszf-i magasságban. Szép, szabályos krátere, amelynek falát fonolitos összetételű breccsia és tufa építi fel, 360 m mély. Festői tó tölti ki a hegységtől DK-re fekvő Duluti-krátert, amelyet a Teleki expedíció Bal Bal néven említ. Az itt található nefelinit, fonolit, illetve breccsia 80 000 éves. A hasadékvölgy tanzániai szakaszán, a Monduli-hegység nyugati oldalán ereszkedtünk alá először az árokrendszer keleti hasadékvölgyébe. Teleki expedíciója annak idején a Merutól észak felé vette útját, ez az útszakaszunk tehát eltért az eredetitől. Indokolta e kitérőnket, hogy így a keleti hasadékvölgy tanzániai szakaszát bejárhattuk, beleértve a Nátron-tó környékét, Kelet-Afrika egyetlen, napjainkban is működő vulkánjával, az Ol Doinyo Lengai-jal. A hasadékvölgy ezen szakasza egyébként rendhagyóan aszimmetrikus, az árok keleti fala gyakorlatilag hiányzik, az árok menedékesen emelkedve kapcsolódik a Meru és a Kilimandzsáró előterében húzódó medencékhez. Az árok – vagy találóbbr néven hasadékvölgy – nyugati fala viszont meredek, a főleg kristályos palából álló kőzetperemet számos törés tagolja, sőt a fal tövében nagy ásványianyag-tartalmú források is fakadnak. A kristályos palák nagy része savanyú gneisz, egyszerű ásványos összetétellel (kvarc, mikroklin, albit, vagy oligoklász, biotit, járulékosan cirkon, apatit, turmalin, epidot és vasérc). A gneisz-összletbe helyenként amfibolitestek ékelődnek. A gneisz alkáliák átgőzölésével sok helyen migmatitos folyamaton is keresztülment. A kristályos palákat számos helyen járják át pegmatitos erek, másutt kvarcittestek észlelhetők. A Manyara-tó nyugati falát alkotó kristályos vonulat része a Mozambiki-övnék és az Uszagaran formációhoz tartozik.

A hasadékvölgytől ÉNY-ra kialudt vulkánok sorakoznak, közülük a Ngorongoro 20 km átmérőjű óriáskalderája uralja a tájat. Pereme 2800 m tengerszintfeletti magasságban húzódik. Jelentős vulkánok a tájon a 3500 m fölé tornyosuló Loolmalasin, valamint az Olsirwa és a közel 6 km átmérőjű kalderájáról könnyen felismerhető Olmoti (3050 m). A Ngorongorot, az Olmotit, valamint a tóval kitöltött 7 km átmérőjű Empakai-krátert – helyesebben kalderát – repülőgépről is vizsgáltuk és számos légifelvételt készítettünk. Jól megfigyelhetők fentről a vízfolyások, amelyek részben az

Olbalbalba, részben a Ngorongoróba, DNY-on az Eyasi-, közepen a Manyara-tóba ömlenek.

A vulkáni vidék DK-i lejtőit 1600–1700 m magasságban többnyire kevert erdők fedik. A helyenként dúsabb növényzet ellenére a vulkánok morfológiája a magasból jól megítélhető és az egymás közelében lévő vulkáni kiktörések termékei többnyire megkülönböztethetők. A pliocén végén keletkezett Ngorongoro egykor a Meruhoz hasonló méretű vulkáni hegy lehetett, míg egy hatalmas robbanás nem vezetett az óriási kaldera beszakadásához. A kaldera udvara 1800 m magasságban van, peremét helyenként 500 m viszonylagos magasságú meredek falak határolják. Az Olmoti kaldera fala kisebb magasságú és kevésbé karakterisztikus, ami elsősorban egy – a kaldera peremét áttörő – patak eróziójának a következménye. Szinte tökéletesen ép ugyanakkor az Empakai-kaldera, amely éles kontúrokkal különül el környezetétől, 3 km átmérőjű krátertavának nincs lefolyása.

A Kráter-felföld és környéke döbbenetes mennyiségű vulkáni kőzetanyagot képvisel és alapvetően egy idősebb és egy fiatalabb komplexumra osztható. Az idősebbek főleg a Kráter-felföldön és a Manyara hasadékvölgytől északra uralkodnak. A bazalt a legközönségesebb kőzet, ásványos összetétel és szöveti jelleg szempontjából számos variánssal. Kiterjedtek az olivinbazalt-lávafolyások, de elkülöníthető trachibazalt, bazanit, valamint tefrites kőzetek. A Ngorongoro ÉNY-i és DK-i szárnyán, de általában a nagy kalderák környezetében a trachit is gyakori. Fonolit a Loolmalasin és az Olmoti felső régióiban található. Az andezit ritka a Kráterfelföldön.

A felsorolt lávakőzetek mellett nagy térségeket borít a kirobbant vulkáni törmelék. Az Olmoti keleti részét átszelő szakadéokban közéje lávarétegek ékelődtek. Nainokanoka közelében a homokfinomságú tufában fosszilis talajszintek ismerhetők fel. Az Olsirwán és a Loolmalasinon durvább agglomerátum is előfordul. A Ngorongoro déli falánál vezető út bevágásaiban a salakos lávát helyenként bazalttelérek, pontosabban dájkok járkák át, a közelben barna és sárga színű tufa is van. Mbaraitól K-re a szakadéokban és a törésfalon folyóvíz által áthalmozott tufa, illetve vulkáni konglomerátum települ. A legdélebbi részen ignimbritek is felhalmozódtak. A hasadékvölgy falának tövében trachibazaltból formálódtak lávadóm-sorozatok. DK-en nefelinit építi fel a dombokat. Bazaltos összetételű vörös, vagy bíborszínű salakkúpok gyakoriak a térségben és főleg kisebb törések mentén sorakoznak. A Karimasi – amely főként a pleisztocén második felében működött – messzi vidékeket borított be jellegzetes meszes tufájával. Ez a vulkán a Kráter-felföld ÉK-i részén helyezkedik el, közel Kelet-Afrika ma is működő tűzhányójához, az Ol Doinyo Lengaihoz. Ez utóbbi 2900 m magas, utolsó

nagy kitörése 1983-ban volt, de kráterében az utóvulkáni jelenségek állandó aktivitásról tesznek tanúságot. A maszajok által istenként tisztelt hegyet megmásztuk, leereszkedtünk kráterébe és különös karbonatit-láváit, iszapfortyogóit részletesen tanulmányoztuk. Emellett repülőgépről légi felvételeket készítettünk a Nátron-tó medencéjéről, a hasadékvölgy, illetve a Kráter-felföld határterületéről. A repülőút során jól követhető volt a hasadékvölgy tágabb térségének sajátos vízhálózata. Így követhettük a Mnoik vagy Malambo folyócskát, amely keresztezve a hasadékvölgy széles síkságát, a Nátron-tóba ömlik. A Nátron-tó vízfelülete ott jártunkkor, a száraz évszakban, minimálisra zsugorodott, felszínének döntő többségét a nátriumkarbonátból álló fehér sósóréteg alkotta. Az évi csapadék itt 250 mm, míg a potenciális párolgás eléri a 200 mm/évet. A Mosonik és az Elanairobi környékén eredő patakok közvetlenül a Nátron-tóba ömlenek, de vizük – legalábbis a száraz időszakban – rögtön el is vész a tóparti üledék-lerakódásokban. A Kráter-felföldön néhány kisebb patak viszont az Empakai, illetve az Elanairobi kalderájába igyekszik. A Kerimasitól D-re a hasadékvölgyben kis belső medence jött létre, az Engaruka. Amíg a vulkáni felföldet az alacsonyabb régiókban akácia, feljebb kevert erdők borítják, a síkságokat legfeljebb füves vegetáció takarja, amely a Nátron-tó melletti félsivatagi környezetben rendkívül gyér. A vulkáni hamun sok helyen semmiféle növénytakaró nincs, így például az Ol Doinyo Lengai és a Nátron-tó között egyes részek gyakorlatilag sivataginak minősülnek.

Kristályos kőzetek ebben a térségben az Angata Kilin (pala és gneisz), a Losinom forrásnál (injekciós biotitgneisz), illetve az Oldogom szakadék szájánál (migmatitos gneisz) bukkannak felszínre. Oldótól K-re kvarcitrétegek települnek a gneiszbe. Az Oldogom szakadékban kvarcos csillámpala található. Az egész kristályos kőzettömegre jellemzők az üledékes eredetet bizonyító reliktumok.

Jellegzetes a Kissele-kvarcitformáció, amely csak a felszínen tűnik vörösnek, valóságban fehér vagy szürkésfehér. Viszont ellentétben a Manyaratóval, a hasadékvölgy falát ezen az északabbi szakaszon nem kristályos palák, hanem idős vulkáni kőzetek alkotják, így főleg bazalt, részben olivinbazalt. Helyenként a bazaltos vulkáni sorozatba andezit, trachit, nefelinit, fonolit lávarétegek iktatódnak. Hasonló felépítés jellemző az Elanairobi vulkán tömegére, amelynek tetején – az Olmotira emlékeztető – kisebb kaldera helyezkedik el.

A környék fiatalabb vulkáni ciklusát a már említett Kerimasi, valamint a Mosonik képviseli, de ide sorolható az Ol Doinyo Lengai jelenlegi vulkáni működése is. A hasadékvölgyhöz való térbeli viszonyuk különböző. A Mo-

sonik a hasadékvölgy falának tetején ül. Az erózió alaposan megtépázta. Lávai alkáli jellegűek, nefelinites, nefelines fonolitok. Korábbi leírások (Uhlig, Jaeger) kristályos mészkőről és gránitrögökről is említést tesznek. A nyugati hátságon nefelin tartalmú tufa és karbonatit is előfordul. A légi felvételeken jól látható, hogy a Mosoniknak a hasadékvölgy képződését megelőzően megszilárdult vulkáni kőzetei később összevissza törtek.

A Kerimasi szimmetrikus vulkáni kúp, amely a hasadékvölgy falának oldalában ül. Összetett vulkán. Az erózió láthatóvá tette, hogy egy törés az idős nefelinit-agglomerátum kúpot kettévágta, s annak keleti oldala lezökent. A Kerimasi fiatalabb kitörései megközelítően azonos centrumban követték egymást. A kúp kisebb nefelinit lávafolyásokkal tagolt agglomerátum, illetve tufarétegekből épült fel. Ezek a kőzetek a DK-i oldalon tanulmányozhatók a legjobban. A karbonáttartalmú lávák egy fiatalabb kitörési periódus termékei, amelyet fumarola tevékenység zárt le.

A karbonát tartalmú agglomerátum e késői fázisban az alacsonyabb fekvő lejtőkön halmozódott fel. Magát a csúcsot meszes tufa alkotja. Helyben képződött karbonatit-lávakőzet jelenlétét két helyen is sikerült a kráter közelében bizonyítani.

Az általunk részletesen tanulmányozott Ol Doinyo Lengai kúpja döntően tufából és agglomerátumból áll, amelyhez kisebb tömegű lávafolyások társulnak. A szódában gazdag lávák részben nefelinitnek, ill. melanefelinitnek, részben nefelines fonolitnak minősíthetők. Az agglomerátum két fő típusúra osztható, van egy nagyvastagságú sárga típus, ez ijolitos összetételű és egy fekete változat, amely nefelinites. Kidobott tömbökként az agglomerátumban ritka kőzetek is szerepelnek, így urtit, ijolit, melteigit, jakupirungit, karbonátosodott urtit, wollastonit-urtit, karbonátit, wollastonitit, fenit, biotitpiroxenit, illetve gránit és gneisz.

A csúcs közelében lévő tufák összetétele a gyakori kitörések miatt állandóan változik, s az eróziós áthalmozás is nehezíti a tufák osztályozását. A csúcsrégióban eredetileg két kráter működött, közülük a ma is aktív északi kráterből származó hamu és durvább törmelék az inaktív délit gyakorlatilag betemette. A közel 100 m átmérőjű északi kráter alját az utolsó kitörés után megszilárdult lávakéreg darabok alkotják, amelyek jégzajlásra emlékeztető módon torlódtak egymásra az aljzat süllyedése során.

Felszínük fölé több csoportban néhány méter magas hófehér kúpok vagy kemence formájú képződmények emelkednek, belsejükben iszapfortyogókkal. Nemcsak a kúpok fehérek, a lávakéreg darabok felszínén is fehér bevonat képződik a nátrium-karbonátból.

Messziről a hegycsúcs havasnak tűnik, holott csak a szóda fehérlik a lejtőkön. A kráter megközelítését a laza tufába és agglomerátumba bevágódott, akár 20–30 m mély vízmosások serege nehezíti.

Szeizmicitás, vulkanizmus, üledékképződés a kelet-afrikai árokrendszerben

Az Ol Doinyo Lengai környékén gyakoriak a földrengések. Az 1960-as évek második felében egy szovjet expedíció részletesen vizsgálta a környék szeizmicitását, amelynek intenzitása a Nátron-tótól D-re, a hasadékvölgynek az Eyasi-tó felé nyúló mellékágában, illetve a Manyara-tónál volt a legnagyobb. Ez az a térség, ahol a Kenyában még egységes hasadékvölgy szétágazik. Mint egész Kelet-Afrikában, a földrengéshézagok itt is 40–50 km közötti mélységben vannak, csak a Hanang környékén mutattak ki 60–80 km mélységű centrumokat is. Ez a térség azonban földrengések szempontjából kevésbé aktív, mint a Kelet-afrikai árokrendszer nyugati ága.

A Manyara- és Nátron-tó térségében a földkéreg vastagsága átlagos, 35–37 km és két, megközelítően azonos vastagságú rétegből áll. A földrengéshullámok sebessége (5,8, ill. 6,5 km/s) a szokásos felső gránitos-metamorf, illetve alsó bazaltos rétegnek felel meg.

A hasadékvölgy tanzániai szakasza alapján – összhangban a Kenya területére vonatkozó hasonló megfigyelésekkel – megállapítható, hogy a Kelet-afrikai árokrendszer keleti hasadékvölgyében a nátriumban gazdag alkáli kőzetek (alkáli pikrit, nefelinit, melilit, fonolit, ijolit), míg a nyugati ágban a kálium tartalmú alkáli kőzetek (katungit, ugrandit, leucitit, bazanit, mafurit, trachibazalt, trachit, latit) gyakoriak. Mindkét ágban találhatók magmás karbonátkőzetek is. A különbség azzal magyarázható, hogy a keleti ág vulkáni kőzeteinek összetétele a kontinentális kéreggel való kölcsönhatás eredménye. Ezzel összhangban a keleti ág vulkanitjaiban a $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ arány 0,7082–0,7043 közötti, a nyugati ág esetében ez az arány 0,7046–0,7055. Ugyancsak magasabb a keleti ág lávakőzeteiben a K/Rb arány (átlagban 442), míg a nyugati ágnál az átlagos érték 293. A keleti hasadékvölgy számított tágulási sebessége 0,5 cm/év, a nyugati hasadékvölgyre vonatkozólag a tágulási érték nem ismert. További különbség, hogy amíg a keleti ágban kiterjedt lávafennsíkrok találhatók, a nyugatiban hasonlóképpen ismeretlenek. Jellemzők viszont utóbbinál a bazalt pajzsvulkánok.

A magas helyzetű földköpeny-tartomány okozta felboltozódás a keleti hasadékvölgy térségében a kenyai Naivasha-tónál kulminál (a tó 1825 m

tszf. magasságban fekszik), a nyugati hasadékvölgyben a felboltozódás maximuma a Kivu-tónál van, 1462 m tszf-i magasságban. Mindkét felboltozódás környezetére erős vulkáni aktivitás jellemző, a Kivu-tó közelében a Virunga-vulkánocsoportban, a Naivasha-tó közelében a Hells' Gate környékén. A nyugati ág szeizmikusan legaktívabb része a Tanganyika, É-Rukva, Nyassza szakasz. Ezen belül is a legtöbb földrengés néhány keresztben húzódó zónára koncentrálódik. Ilyen az ÉK-Albert-árok, egy a Ruwenzori felboltozódást kísérő törés, a Semliki, a Georg- és az Edwards-árok, valamint a Kivu-tó körzete. Az összképből rendhagyó módon elkülönülő egyéb aktív törések az idős kristályos aljzat különböző tulajdonságaira és előéletére vezethetők vissza.

Egyáltalán hogyan szakad ketté egy kontinens 100 km-t is meghaladó vastagságú kőzetburka? Hiszen ilyenkor a gránitos kérgű kontinentális kőzetlemez egy részének lényegében óceáni jellegű, bazaltos litoszférává kell átalakulnia. Éppen azért, mert ez a folyamat nem fejeződött be Kelet-Afrikában, a megértés érdekében olyan modellterületeket kell keresni, ahol a kettéhasadás előrehaladottabb állapotban van. Ilyen a Kelet-afrikai árokrendszerhez kapcsolódó Ádeni-öböl, illetve a Vörös-tenger. Előbbi jó tízmillió esztendeje születt, akkor, amikor Afrika és Arábia kezdett távolodni egymástól. A földköpeny mélyebb tartományaiból felnyomult izzó olvadékok itt már évmilliókkal korábban óceáni kérget hoztak létre. A köztes fejlődési stádiumot a Vörös-tenger képviselheti, ahol jelenleg megy végbe a szárazföldi kőzetburok óceánivá alakulása.

A kétféle szárazföldi, ill. óceáni litoszféra Kelet-Afrikában a földrengéshullámok alapján jól elhatárolható, hiszen a sűrűbb óceáni rétegben a rengéshullámok gyorsabban haladnak keresztül. Másrészt viszont a rideg, merev kőzetburok alatti mélyebb földköpeny anyaga izzó állapota miatt kevésbé merev, s így benne a hullámok lassabban terjednek. Az asztenoszféra tetőzónája a Kelet-afrikai árokrendszer területén 30–50 km mélységben húzódik a felszín alatt, ellentétben Afrika többi részével, ahol mélysége 100–500 km közötti.

A szétválási folyamat gyökerét minden bizonnyal az asztenoszférában kell keresnünk, amelyben gigászi méretű hőkiegyenlítő áramlási rendszerek alakulnak ki. A felfelé hatoló áramlások felett rendhagyóan forró foltok jönnek létre. Ezek nemcsak az említett felpúposodást eredményezik, hanem felmelegítik és így meggyengítik a szárazföldi kőzetburkot. A meggyengült kőzetburok most már könnyen összetöredezik, árkos süllyedések kialakulásától kísérve.

A felhatoló forró köpenyanyagra a felszín felé közeledve természetesen egyre kisebb nyomás hat. A kisebb nyomáson viszont a felnyomuló köpenyanyag egyre nagyobb hányada olvad meg. Az így létrejövő, szorosabb értelemben vett magma különválnak a köpenyanyag meg nem olvadt részétől és vagy nagyobb mélységi magmás testként kristályosodik ki a földkéregben, vagy a felszínre elérve tűzhányók keletkezéséhez vezet. A mélységben kristályosuló anyag többsége a gabbró csoportba tartozik, amely a földrengéshullámok jellegzetes terjedési sebessége alapján jól felismerhető. A Kelet-afrikai árokrendszer alatt több helyen is kimutathatók a kiterjedt gabbrótömegek.

A köpenyanyag felnyomulása sohasem az árokrendszer teljes hosszában történik, hanem elkülönült foltokban. Az alsó, folyadékszerűen viselkedő asztenoszférából – egymástól általában 50 km-re – csápszerű nyúlványok törnek felfelé, ezeket hívják a sóüledékektől kölcsönzött terminológiával diapíroknak. Később, ha a hasadék már szélesedik, a magmabenyomulás tömege nő, de a diapírok száma csökken, mint erre a Vörös-tengeri példák alapján következtetni lehet. Emellett az aktív diapírok fokozatosan elhalnak a hasadék mentén, s helyettük újak keletkeznek. Ez magyarázza az afrikai vulkánosság térbeli eltolódását az évmilliók során. A keleti ág legaktívabb diapírjai napjainkban az észak-tanzániai Náttron-tó, illetve a Kenya területére eső Naivasha-tó környékén vannak.

Nem esett még szó az általunk bejárt tanzániai árokszakasz üledékképződéséről. A tektonikai mozgások és éghajlatváltozások függvényében a hasadékvölgyekben széles skálán variálódott az üledékek lerakódása. A Manyara-tónak a mainál jóval nagyobb egykori kiterjedését bizonyítja, hogy tuffával és áthalmozott vulkáni törmelékkel váltakozó meszes fenéküledékei ma sok helyen a felszínen vannak. A kavicsos mészkő többnyire a régi partvonalat jelzi. Néhol halmaradványos homokrétegek is találhatók. Őslénytani evidenciák alapján a tó már a pleisztocén közepén létezett.

A hasadékvölgy képződése előtt lerakódott üledékek a hasadékvölgy szegélyén, a Chemchem folyónál találhatók, rétegzett homok formájában.

Legyező alakú hordalék-lerakódások ott jönnek létre, ahol a vízfolyások a hasadékvölgy oldalának szakadékaiból kilépnek. A Manyara-tótól északra sötétszürke iszapból, zagyából álló alluvium a tavi üledékekre rakódott rá. Ha a sekély Manyara-tó kiszárad, a nátrium-karbonát vékony rétege fedi be a sóval impregnált fekete iszapot.

A vulkánok környezetében iszapáradatok, laharok lerakódásai is megfigyelhetők, így pl. a Ngorongoro Ny-i részén. A Kráter-felföldön, illetve a

Manyara- és Eyasi-tó környékén vörös és fekete agyagos talaj alakult ki, amely a lávák és piroklasztikumok mállása révén keletkezett.

A hasadékvölgy északabbi szakaszán is vulkáni eredetű az üledékek nagy része. Az agyagos- iszapos tavi fenéküledékek közé gyakran lávafolyások iktatódtak. Kovaközetek, valamint diatomitok egyaránt gyakoriak. Az üledékeken belül tapasztalt települési rendellenességek töréses mozgások következményei. Helyenként megfigyelhetők az üledékképződés alatt bekövetkezett törések is. Az Olmoti kalderájában levő, mintegy 50 m vastag üledékeket a kalderafalat áttörő Munge folyó erodálta. Az Angata Salei síkságot szürkésbarna tufa fedi. A tufa meszes változata jellemző az Ol Doinyo Ogol dombok magasabb szintjeire, míg aombok lábánál a tufa konglomerátumba, vagy breccsiába vált át. Utóbbiban nagy kristályos kőzettömbök találhatók. A legyező alakú delta- lerakódások a hasadékvölgy falának tövében a Nátron-tónál is általánosak. Az Olbalbal mélyedés alján fekete, agyagos alluvium van, míg a depresszió DK-i oldalát az Olmotiról származó iszapos homok fedi.

A hasadékvölgy alját gyakran fekte vulkáni hamu borítja, ezt az Ol Doinyo Lengai lövellte ki. A hamut mind a szél, mind a vízfolyások átrendezik. A szél a hamuból hosszanti dűnéket formál, amelyek Ny felé egészen a Szerengeti-síkságig nyúlnak.

Az Ol Doinyo Lengai szódája kalciumtartalmú nátriumkarbonát, amelyet a víz a vulkáni kőzetekből kimos. A Nátron-tó maximálisan 30 cm vastag sókiválása a tróna (Na_2CO_3 , NaHCO_3 , $2\text{H}_2\text{O}$), illetve a termonátrit ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). A sókéregben 35°C alatti hőmérsékleten fluorszulfát 22 vegyület is kiválik (kaogargoit: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{NaF}$). A tóban nagyobb a fluortartalom, mint a szulfátmennyiség, mert a szulfát a kalciummal egyesülve korán kiválik.

A hasadékvölgyet és környékét számos törés formálta. A völgytől távol, még az Olsirwa és a Loolmalasin csúcsait is törések szelik át. Ezek, valamint a hasadékvölgy sásbérceit és árkos lezökkenéseit eredményező törések pliocén-pleisztocén korúak. Olmotinál a tómederben felismerhető kisebb törések a középső és késői pleisztocén kéregmozgások eredményei. A Manyara-tónál a tavi mészkövet ennél is fiatalabb törések járták át. Függőleges mozgások ma is kimutathatók a térségben, az Olmoti kalderája például emelkedik.

A tavak szintingadozása nem a tektonikai mozgások, hanem elsősorban a csapadék mennyiségi változásának következménye. A kelet-afrikai árokban 60–80 m-es vízszintingadozások jellemzők. A számítások szerint azonban ekkora emelkedést már 15–30 %-os csapadéktöbblet is létrehozhat. A leg-

magasabb vízállások a holocén elején következtek be. Az azóta tapasztalható csökkenés, összhangban a gleccserek visszahúzódásával, az éghajlat szárazabbá válását bizonyítja.

A dél-kenyai hasadékvölgy

Kenya déli részén a hasadékvölgy legidősebb vulkáni kőzetei miocén időszakból származnak, ezek csak úgy, mint a rákövetkező fonolit, illetve pliocén, pleisztocén, trachit és ignimbritkőzetek hasadékok mentén, vagy legalábbis több centrumból törtek fel. A velük egyidejű központos, egyetlen kitörési centrumból származó vulkáni kőzetek ásványos és kémiai összetétele igen különböző, vannak nefelinites, fonolitos miocén-pliocén vulkánok (Kisingiri, Tinderet, Londiani, Ngong, Shombola), bazalt–trachit–fonolit vulkánok (Aberdar, Ol Esayeiti, Ologesaille, Lenderut, trachit–fonolit–vulkánok (Kenya-hg., Eburu) és végül kaldera-vulkánok, mint a Kilomba, Menengai, Longonot és a Suswa. Közülük egy-egy jellegzetes típus vizsgálatára koncentráltunk: Ngong, Ologesaille, Kenya-hegység és Longonot.

Az esős évszak közeledte miatt rövid időre kellett korlátoznunk a Kenya-hegység központi csúcsrégiójának vizsgálatát, ahol a legnagyobb kristályosági fokú, a vulkán mélyén megszilárdult kőzeteket preparált ki az erózió.

A Kilimandzsáró mellett a Kenya-hegység a másik egyenlítői óriásvulkán, amelynek 4000 m feletti régióiba elsőként jutott fel 100 esztendeje Teleki Sámuel. Így ír róla:

„Csak magam mászhattam fel a Kenya hóborította kráteréig. Az expedíció többi tagját ebben a betegség gátolta meg. 16 000 láb körülbelül a kráter magassága; az elérhetetlen sziklacsúcsig még 2–3000 láb, s így a Kenya majdnem olyan magas, mint a Kibo.”

Teleki 1887 októberében érkezett a Kenya-hegység lábához. Rudolf trónörököséhez írt levelében részletesen leírja, mint tört utat magának a sűrű bambuszerdőn keresztül, elefántösvényeket követve, szakadatlan esőzés közepette 14 000 lábnál érte el a vegetáció peremét, s már az alsó táborhelyeken is fagypont alá szállt éjjel a hőmérséklet. Megvárta a jobb időt, s mint írja: „Innen mind a havon majdnem 1600 lábig hágtam. A mászás itt ugyan rossz volt nagyon falas, sziklás és az örök hó 2 láb magas frésszel volt borítva. Gyakran hittem, a lavinákkal, amelyeket csináltam, magam is lemegyek. Felérve a magas oldalra, láttam, utam rosszul választottam, mert a fő kráter

közt egy mély hasadék van, pár 1000 láb mély; de leg jobban volt választva Kenyát látni. A Kenyának négy csúcsa van” – tette hozzá Teleki.

A felfedezőt a szakadék állította meg magányos tova haladásában, mérése szerint 4680 m magasságban. A legmagasabb csúcstól 12 évvel utána az angol McKinder hóditotta meg, akinek a nevét többek között egy 4300 m magasságban fekvő kemping viseli a Teleki-völgy felső szakaszán. Bár Teleki magasságmérése téves volt, az ő nevét is őrzik a turistatérképek, így a hegység talán legszebb völgye, egy festői tengerszem, egy cirkuszvölgy, sőt egy újonnan épített turistaház is (a korábbi Teleki ház időközben leégett).

1988 márciusában magam is feljutottam a 15 m híján 5000 m magas Point Lenanára. Ez a csúcs minden hegymászó-felszerelés nélkül is elérhető, míg a környék híres varázsló leibonjairól elnevezett Batian (5199 m) és Nelia (5188 m) csúcsok eléréséhez már hegymászótechnika szükséges.

Elöljáróban tisztázni kell, hogy a Teleki által használt kráterelnevezés tévedés. A Kenya-hegység erősen lepusztult – 3–2,5 millió éves – vulkán, amelynek elsődleges felszíni formái eltűntek, s a kőzetek elrendeződése alapján már csak szerkezete rekonstruálható. A legmagasabb csúcsok anyaga lényegében nefelinszienitből álló kristályos kürtökitöltés, a hegység lejtőit pedig Kelet-Afrikára jellemző alkáli vulkáni kőzetek (fonolit, trachit, ill. ezek tufái és agglomerátumai) építik fel. Kőzetkülönlegesség a hegységről elnevezett kenyit, amely a fonolit speciális változata. Jellemzők rá az üveges vagy kriptokristályos alapanyagba beágyazott nefelinkristályok. Ez a kőzet egyébként rokon a Kilimandzsárón gyakori rombporfir lávakőzettel.

A csúcsokról minden irányban jégvájta völgyek húzódnak lefelé. A gleccserek a jégkorban egészen az alhavasi övbe nyomultak alá, de még a Teleki látogatása óta eltelt évszázad alatt is nagymértékben visszahúzódtak. A mai jégárak a Tyndall, a Forel, a Heim, a Diamond, a Darwin, sőt a legnagyobb Lewis gleccser is csupán csökevényes utóda a hajdani jégfolyamoknak. A gleccserek visszahúzódása – az éghajlat rohamos szárazabbá válásának következményeként – általában is jellemző Kelet-Afrika magashegységeire.

Ezzel egybevetve az a megfigyelésünk, hogy a dél-kenyai Magadi-tó felszínének döntő többségét ma már nátrium-karbonátból álló sósóréteg borítja, alig lehet szabad vízfelületet találni. Az ősi partvonalakat jelző színzők több tíz méterrel magasabban láthatók a környező tájon. Számítások szerint e magas vízállást a mainál 20–30 %-kal több csapadék eredményezhette.

Szerencsénk volt az időjárással a Longonot-vulkán környékén, amelynek 1,5 km átmérőjű kalderája egyike a legépebbeknek Kelet-Afrikában. Közélemben van a Hell's Gate (Pokol kapuja) Nemzeti Park, ahol a forró gőzök

napjainkban is tanúskodnak a felszín-közeli vulkáni kőzetek nagy hőmérsékletéről. A gőzkitöréseket geotermikus erőművek üzemeltetésére használják.

Érdekes, hogy az árokrendszerre általában jellemző kis vagy közepes kovasav tatalmú lávákkal szemben a Hell's Gate területén a jégkor végén és jelenkorban feltört riolit az uralkodó kőzet.

Az észak-kenyai hasadékvölgy

A centenáriumi Teleki Sámuel expedícióval észak felé haladva 1988. március első napjaiban értük el a kenyai South Horr körzetét.

A Nyiru- és a Mara-hegylánc közötti völgyben, South Horr közelében táboroztunk, egy meglehetősen bővizű patak partján. Ez volt utolsó táborhelyünk, a Rudolf. – mai nevén Turkana-tó felé tartván.

A Nyiru-hegy teteje – közel 3000 m magasságban – meglehetősen lapos. A hegység csapásiránya É-D. Mint Kelet-Afrika más kristályos területén a kiemelkedő csúcsok, sziklás pontok itt is homogén granitoid gneiszből, ritkábban tömött biotitgneiszből állnak, ezek ugyanis a legellenállóbb kőzetek. Ez a helyzet a Nyiru platójából kiemelkedő két kis magaslattal, a Moword gosowannal és a Kosikossal, valamint a South Horrból is látható félkúp alakú, Ben nevű sziklaalakzattal.

A geológiai szerkezet hatással van a morfológiára. Ennek szemléletes példája a Nyiru délkeleti lejtőjén levő Leyosi. Az antiklinális magja tömött granitoid gneisz, körülötte a kevésbé ellenálló kőzettípusok lepusztultak. A granitoid gneisz lekerekített hátakat formál, követve a gyűrődéseket, a völgyek pedig a szinklinális gyűrt kőzetébe vágódtak.

A Mara-hegység enyhe domborzatú hátakból áll, három magasabb csúcsa a Sukufu, Momsu és Boralí. Leghatásosabb formájú a Momsu, lényegében hét legömbölyített kis csúcs, amely őrlőfogakra emlékeztet. A hegység ÉNY-i határánál egy különálló domb van, a Koros, amely granitoid gneiszből áll. A kőzet levelesen mállik.

A Maral-hegység alacsonyabb a Nyirunál, meglehetősen kopár, erdőit jó részt kiirtották. Főleg a keleti lejtők barátságtalanok, itt szinte állandóan orkánszerű szél fúj. A South Horr-völgy vízhálózatát a két hegylánc szembenéző oldalain eredő patakok táplálják. A völgy alja homokos, az időnként lezúduló felhőszakadások mély vízmosásokat vájnak bele. A száraz évszakban is viszonylag életképes növényzet sűrűsége jelzi, hogy a felszín alatt kis mélységben víz található.

A homokos síkságból szabálytalan eloszlásban sziklahalmazok és kis sziklás dombok emelkednek ki. A rendszeres szélviharok a homokot állandóan továbbmozgatják.

A Nyirutól Ny-ra és É-ra számos különböző korú lávafolyás található, amelyek lépcsőszerűen helyezkednek el. A lépcsős forma törések következménye, ezekbe vágódtak be a folyóvölgyek is, amelyek mélysége akár 150 m is lehet. A Lyuk-plató lávamezeje 300 m-rel emelkedik a környezet fölé, bár felső rétegei már alaposan lepusztultak. A lávaközetek sok helyen csak vékony, a talajt burkoló köpenyként maradtak vissza, a nagyobb lávafolyások viszont lepényszerű alakzatokként emelkednek ki a környezetükből. Rajtuk minimális a növénytakaró.

A kietlen lávamezőkön, amelyek egészen a Turkana-tó déli partjáig hódznak, rendkívül nehéz gyalogolni, felületük egyenetlen, éles. A déli napsütésben az általában sötét színű lávafelszín 70 °C-ig is felmelegszik. Egy átlagos minőségű bakancs 10 nap alatt tönkremegy itt a terepi munka során. A Suguta-völgy száraz, homokos sivatag. A szélviharoknál portölcsérek emelkednek a magasba. Egyike Kenya legmelegebb, legelviselhetlenebb vidékeinek. Teleki karavánjából többen is szomjan haltak a Nyiru-hegységtől a tó felé haladva. Ma sem ajánlatos fehérembernek egy napnál hosszabb időt tölteni ezen a terepen.

A Teleki-vulkán

Miránk viszont az a feladat várt, hogy részletesen megvizsgáljuk geológiai, geomorfológiai szempontból a Teleki-vulkánt. Ezért fel kellett készülnünk arra, hogy egy hetet töltsünk a Rudolf-tó déli partja közelében. Bázishelyként a Loiangalani oázist választottuk, a mintegy 250 km hosszúságú tó DK-i részén. Általában éjszaka gyalogoltunk a meghatározott célig, a kora reggeli órákban végeztük a megfigyeléseket, majd a forró napszakban igyekeztünk a tó közelében maradni. Sajnos a tó vize a nátrium-hidrogénkarbonát miatt közvetlenül nem iható, de borkósavval, esetleg citrommal elviselhetővé tehető. Emellett feltöltöztetni is kell, mert a víz könnyen okozhat vérhast.

Loiangalaniból egy éjszaka és egy nappal kellett, hogy gyalogosan elérjük a déli öbölben lévő Latarr környékét. A gyalogösvény magasan a tó felett kanyargott, régi lávafolyásokat keresztezve. Több helyen figyelhattunk meg hévforrásokból kivált különleges alakzatokat és régi színlőket. Már Ludwig von Höhnél is talált 15–20 m magasságban a száz évvel ezelőtt tószint felett kagylótartalmú rétegeket, amelyek a tó egykori magasabb vízállá-

sáról tanúskodnak. Höhnél látta még működés közben azt a kis salakdombot, amelyet az expedíció vezetőjéről Teleki-vulkánnak nevezett el. A megfigyelést ekkortájt sokan kétségbe vonták. Az expedíció által a közeli lávamezőkről gyűjtött mintákat 1891-ben Rosiwal vizsgálta meg és publikációjában bazaltként és fonolitként említette. 1891-ben Toula is vizsgálta Höhnél által hozott minták egy részét, a Nyiru-hegy Ny-i lejtőjéről amfibolitot, a Rudolf- és a Nyiru-hegy közötti lávamezőkről andezitrachitot, a Teleki-vulkánról vitrofios bazaltot. Eduard Suess 1891-ben számos forrásmunka lapján először definiálta a kelet-afrikai árokrendszert, a Rudolf-tóról is említést téve. Megjegyzi, hogy a tó keleti partján 40–50 m magasságban kagylós mészkő található *Melania tuberculata*, *Unio teretinsculus* Phill. és *Corbicula flumina*. Müll. fajok kövületeivel. Ez a fauna nilusi rokonságú, ennek alapján vonta le Suess azt a következtetést, hogy a tó egykor összeköttetésben volt a Nílussal.

1898-ban egy Cavendish nevű angol Etiópia felől érkezett a Rudolf-tóhoz. Megalapozatlan helybeli információkra alapozva közölte később, hogy a Teleki-vulkán eltűnt, felrobbant, helyén sík lávamező van. Hírt adott arról is, hogy ott járta előtt mintegy fél évvel a lávafolyás egész a tóig nyomult, gőzkitöréseket okozva. Két további látogatást érdemes még említeni a 19–20. század fordulójáról, egy Smith nevű utazóét, aki működés közben látta a tűzhányót és Welby kapitányét, aki egy kitörésmentes pillanatban figyelte meg a Teleki-vulkánt.

A. M. Champion a 30-as évek első felében járta be a tó déli partját. Többek között leírta a Naboiyoton hamukúpot, amelynek tövében volt a mi kutató táborunk is. Több, kagylókövületet tartalmazó színlőt fedezett fel, közel 100 m viszonylagos magasságban. A szintcsökkenését annak a Barriernek elnevezett gátszerű vulkáni vonulatnak a megszületésével magyarázta, amely a Rudolf-tavat a Suguta-völgytől napjainkban elválasztja. Véleménye szerint a Suguta-völgy egykori vízfolyása lehetett valamikor a Nílus egyik fontos mellékfolyója. A Champion által gyűjtött kőzeteket később W. Campbell Smith határozta meg.

Az angolok egyébként a harmincas években két expedíciót is vezettek a Rudolf-tóhoz. Vizsgálataik arra utaltak, hogy a tó korai pleisztocénben érte el legmagasabb szintjét, jó 100 m-rel az 1934-es vízszint felett. Az egykori vezető, V. W. Fuchs ma is él Angliában, az expedíció egyik tagja, John Millard pedig részt vett a centenáriumi ünnepségünkön. (A megemlékezést annál a kőből rakott emlékműnél tartottuk, amelyet négy évvel korábban két magyar diák emelt Teleki Sámuel tiszteletére. Csatlakozott a megemlékezéshez egy 18 fős osztrák expedíció, valamint a nairobi egyetem egyik tanára.)

1932–1933-ban C. Arambourg vezetett részben geológiai, részben antropológiai célú expedíciót a Turkana körzetében, a Rudolf-tótól Ny-ra, és a tó északi végénél lévő Omo folyó deltájához. Felismerte, hogy a terület fő törésvonalai az idősebb, miocén vulkanizmussal kapcsolhatók össze, a hasadékvölgy fő törései viszont ennél jóval fiatalabbak.

A Teleki-vulkán környékére vonatkozólag az 1950-es évek végéig Champion megfigyelései maradtak mérvadók. Championtól származik egyébként a már említett Barrier elnevezés. Ennek a gátszerű vonulatnak a legidősebb vulkáni kőzetei valószínűleg a pleisztocén közepén keletkeztek. Mivel azonban a vulkáni működés egészen a jelenkorig folyamatosan tartott, a gát meglehetősen ép. Mind északra, mind délre menedékesen lejt, legmagasabb pontjai 1000 m-rel emelkednek a tengerszint fölé. Nagyméretű kalderája messziről látható. A gátat felépítő intermedier lávák valószínűleg ebből a kitörési központból származnak. A kaldera legalább két, de valószínűleg három szakaszban keletkezett, a legidősebb beomlást ívelt lépcsős fal jelzi a kalderától Ny-ra. A kaldera kialakulásában a második összeroppanás játszhatta a meghatározó szerepet. A mélyedés alját lávafolyások sorozata borítja. A kaldera északi pereménél két helyen is viszkózus lávából képződött oszlopok vannak, a kaldera Ny-i végénél pedig gőzkitöréseket is megfigyeltek.

Ami a Teleki-vulkánt illeti, nincs helyi, afrikai elnevezése. A Lugugugut elnevezést („a hely, amelyik éget”), a környék minden működő vulkánjára egyformán érvényes, így az Andrew’s-vulkánra is. Egybehangzóan Dodsonnal, aki az 1950-es évek második felében térképezte a vulkán környékét, mi is igazolhatjuk Champion leírásának megbízhatóságát. A tűzhányó két hosszúkas, szabálytalan dombból áll, repedésekkel és számos kisebb kráterrel. Mindkét dombot kékesfekete, magas salaktartalmú hamupalást borítja, amely nagy porozitása miatt alig veri vissza a napfényt. A légi fotókon nehéz elkülöníteni a vegetációtól mentes fekete lávamezőktől. A régebbi lávafolyások felszínén vékony oxidált réteg alakult ki, csokoládébarnára színezve azokat. A fiatalabb lávafelszínek acélszürkék. A salakos hamu felszínén sok helyen kivirágzik a finomszemcsés kén, amelyet a szélviharok a hamu felszínéről a mélyebb térszínre fújnak le. A kénes gázok szagát mi is éreztük a dombtetőn és a kráterek körül, bár a gőzök-gázok kiáramlása az évszázad folyamán csökkent.

A legutolsó kitörések salakja több kilométerre jutott el a krátertől, néhol elfedve a lávafolyásokat. A salakdarabok átmérője általában 1 cm, anyaguk üveges. A salak igen porózus, alig nehezebb, mint a riolitos pumice.

A lávafolyások szövete változó, az üvegestől a finom-kristályosig. Rend szerint kis földpát fenokristályokat tartalmaz, valamint piroxént és olivint. A lávafelszín borító bőr csaknem mindig üveges, kevés plagioklász mikrokristállyal. Campbell a harmincas években a bazanitoid összefoglaló nevet használja, bazanitos összetételű, de földpátpótlók nélküli kőzetnek tartja. A kémiai elemzések alapján később üveges trachibazalként definiálja. Földpát mikrolitjai labradorit-bytownit összetételűek. Kémiai összetételben 50% az SiO_2 aránya. Napjainkban a nátrontrachibazalt a leginkább pontos megnevezés. A típusos lávakőzetben mikroszkóppal mikroporfíros plagioklász fenokristályok figyelhetők meg, a beágyazó anyag plagioklász, olivin, augit, magnetit összetételű. A plagioklász kis nátriumtartalmú labradorit. Földpátpótlók nem ismerhetők fel.

A Barrier déli lejtőjén lévő másik fiatal tűzhányót a helybeliek szintén Lugugugutnak hívják. Cavendish nevezte el egyébként egyik expedíciós társáról, Andrew's-vulkánnak. Az elmúlt évszázadokban többször is kitört, a legutolsó lávafolyás fekete nyelvként nyúlik el a kúptól a Suguta-tó felé. Magát a vulkánt fekete salakos hamupalást burkolja.

A Barrier közelében még számos vulkáni hamukúp található. A legszebbek a tóparti Naboiyoton és a Wargess, amelyet régebbi írások Abili Agitukot néven említenek. A Murniau a Suguta-tótól K-re fekszik. Vannak még egészen apró hamukúpok is a Barrier körül, fiatal lávafolyásokkal. Jellemző forma a tópart közelében Latarr, lényegében töredezett lávamező, amelynek ujjszerű ágai közé a Rudolf-(Turkana)-tó öblöket formálva mélyen benyúlik.

A Rudolf-tó egyike Kelet-Afrika legnagyobb tavainak, hossza mintegy 250 km. Táborunktól látótávolságban volt az El Molo néven is emlegetett Déli-sziget. A tónak nincs lefolyása, szódatartalma miatt szaga és íze igen kellemetlen. Szinte állandóan 100 km/óra sebességű szél fúj. A part legnagyobb része sziklás, lávatömbökből vagy kötörmelékből áll. Délnyugaton viszont a part egy szakaszon homokos, strand jellegű. Ebben a régióban 12 homokdűne húzódik, párhuzamosan a parttal. A homokdombok néhány méter magasak. Beljebb a szárazföld felé finomabb, szélfújta homoksivatag terpeszkedik, amelyet repülőről jól megfigyelhettünk.

A Suguta-völgy –mint említettük – valamikor összeköttetésben lehetett a Rudolf-tóval, ennek déli öble volt, mindaddig, amíg a Barrier vulkáni gátja fel nem épült. A völgy mintegy 2 km széles. Az év nagy részében forró, kegyetlen sivatag, csak az esős évszakban tölti ki rövid ideig sekélyvizű, nagy sótartalmú tó. A völgytalp meglepően sík, finomszemcsés homokból áll. Néhány vulkáni kúp, így az Emuru Gumol, üledékes aljzatból emelkedik ki. Vegetáció, néhány csenevész bokortól eltekintve, nincs. A szélviharok a

homokot állandó mozgásban tartják. A helybeliek az esős évszakban a tó felső vízrétegét isszák, amely nem keveredik az alsó, sós, bűdös, ihatatlan réteggel. A tó környékén rengeteg a flamingó. A Rudolf-tóhoz hasonlóan a Suguta-völgy is lefolyástalan medence. A beléjük ömlő folyók többsége lávafolyások sorozatát keresztezi.

A Rudolf-tavon a csónakkal való közlekedés a szinte állandó erős szél miatt igen veszélyes. Már a 30-as évek angol expedíciójának két tagja is nyomtalanul elveszett a szélviharban. Amikor a Latarr közelében levő táborhelyünkről csónakkal indultunk vissza a Loiangalani oázisba, a 2 m magas hullámokkal ugyancsak meg kellett küzdeni, a csónakázás végtelen hosszúnak tűnt, a 30 °C-os hőség ellenére dideregtünk.

Jómagam 1988. március 9-én vettem búcsút a Rudolf-tótól. Társaim néhány nap pihenő után észak felé folytatták útjukat, hogy a 100 évvel ezelőtti expedíció legészakibb, legtávolabbi pontját, a Stefánia-tavat felkeressék. Ez a tó napjainkban gyakorlatilag kiszáradt. Déli része afféle senki földje Kenya és Etiópia határán, de a sóval fedett tó nagy része Etiópia területére esik. Napjainkban Chew Bahir a neve. A Teleki által a tavaknak „adományozott” nevek tehát eltűntek a mai Afrika térképéről, egyedül a 646 m-es Teleki-vulkán, csúcsán az általunk kitűzött magyar zászlóval, őrzi annak a 100 évvel ezelőtti, tudományos szempontból is fontos felfedező útnak az emlékét.