

A FÖLDGÖMB

A MAGYAR FÖLDRAJZI TÁRSASÁG NÉPSZERŰ FOLYÓIRATA

IV. ÉVFOLYAM.

1933.

3. SZÁM.

A karsztjelenségek.

Írta: MATOLAY TIBOR.

Bárhová visz is útunk ezen a Földön, a legelső ami a szemünkbe tűnik *a tájék nagy formái*: a hegyek alakja, a lejtők szelid hajlása, vagy meredeksége, a hegyélek élesen csipkézett, vagy lágyan domború volta, a völgyek széles talpa, hol csendesen kanyarog a folyó, vagy sziklafalakkal övezett keskeny útja, hol mérges habokat hányva rohan tova. Csak miután megszokta szemünk a tájék nagy formáit, vesszük észre a növényi életet s az emberi településeket.

Ha hajón közelítjük meg az Atacama sivatag szélét, a hegyek bizarr külseje hamarabb ragad meg, mint a táj tompa pasztell színei s mint a növényzet teljes hiánya. A Cordillera Pellada magas fennsíkjáról gyönyörű kilátás nyílik a délchilei vulkánorra s a tűzhányók szabályos kúpjainak olyan lenyűgöző ereje van, hogy észre sem vesszük a buja, örökzöld erdőket, melyeken keresztül visz útunk. A rio de janeiro öbölben a világhírű cukorsüveg alakú hegyek dominálnak a világváros nyüzsgő élete felett is s minden ott járt utazó lelkében felejthetetlen nyomot hagynak. A mesék világát varázsolják eléink a déltiroli Dolomitok fantasztikus, óriások váraira emlékeztető bástyái, karcsú tornyai. A formák nagyszerűsége mellett eltörpül a színék jelentősége, a növényzet gazdagsága s mindaz, amit az ember épített, az utak kigyózó vo-

nala, a luxushotel és az almok primitív konyhája, vagy a hegyivasútak szédítő viaduktjai jelentéktelennek, kicsinek s kicsinyesnek tűnnek fel. Éjjel, amikor a telehold sugara ezüst zománccal vonja be a tájat s minden apró részletet elmos és egybeolvaszt — csak a nagy formák maradnak meg érintetlenül: *a tájékot, mint az azt formáló természeti erők szintézisét látjuk magunk előtt.*

A tájalakító tényezők igen sokfélék. A mi éghajlatunk alatt is közzismert *a fagy repesztő hatása*, ami szögletes darabokat repeszt ki a sziklából s így azok alakját is síkokkal határoltá alakítja. *A hirtelen beálló hőmérséklet-csökkenés* a trópusokban másképp működik. Aricától két napi járóföldre, a kősvatag szélén töltöttem el egy éjszakát. A tengerbe hulló Nap még pirosra festette az eget, amikor már erősen érezhetővé vált a gyors lehülés s alig félóra múlva fogvacogva kívántam vissza az előbb még tűrhetetlen sivatagi forróságot. A beálló éjben különös pattogó hangok hallatszottak. Az izzó napon áttűzesedett szikla felülete a lehülés következtében oly gyorsan húzódik össze, hogy a még meleg sziklamagról apró szilánkok alakjában hull le. A fennálló sziklák ennek a lepusztulásnak megfelelően zsák és süveg alakúakká válnak.

A legfontosabb tájalakító ténye-

M. T. AKAD. KÖNYVTÁRA

Növényknepió

1933. évi 594. sz.

ző a *mozgó víz*. A nagykiterjedésű firnmezőkről lomha jégárak csúsznak a mélybe. Évszázados útjuk alatt karcolják, koptatják s végül simára is csiszolják medrüket s fenék és oldaltörmelékükkel U-alakú völgyeket vájnak a hegységbe. Másképp viselkedik a szilaj *hegyi patak*. Ha tavaszi hóolvadás duzzasztja vizét, vagy ha a nyári felhőszakadás roppant erejű víztömegét kell levezetnie, útjában minden mozdíthatót megmozgat, ágyában fatörzseket és szikladarabokat forgat s az egymáshoz verődő törmelék zaja hasonlít a gépfegyverek ropogásához. Ilyenkor tulajdonképpen egy hatalmas kőfolyó rohan a mélybe s mint valami földöntúli véső vájja a víz medrét mind mélyebbre, mossa alá a meredek partokat, melyek bázisukat veszítve a rohanó árba omlanak. A vésés munkája V-alakú völgyeket formál. A patak nemcsak mélyebbre ássa magát, de hátrál is a vízválasztók felé, eléri azt, részvölgyet vág ott, hol az előbb még hágó volt s végtelen hosszú idő alatt lehordja a hegységet is. Az így lepusztult hegyvidék a *tökéletlen síkság* képét nyújtja.

A víz munkája az erózió. Természetes, hogy ott, ahol puhább a kőzet, a hordalék véső munkája is erőteljesebben fog érvényesülni. A centrális Andok lábánál, a Valle Longitudinal legészakibb medencéje szélén áll őrt a 3990 méter magas Co. San Ramon, egy régi, réteges vulkán romja. Eredeti térfelszínét a felismerhetetlenségig szétszabdalták az oldalán lefutó patakok, de a vulkán egykori szerkezeti felépítését, láva, hamú és vegyes működésének egymásutánosságát jól szemléltetik ezek a fiatal patak-bevágódások, mert a puhább tufa rétegekben a jóval keményebb lávapadok lépcsőzetesen erodálódtak ki s ezeken a lefutó patak vízeséseket alkot.

Tájat alakít a *szél* is. A deflációs formák sokasága mellett gondoljunk csak a vándor-dünére, a barkánokra,

valamint a lösz formakiegyenlítő felhalmozódására.

A *tengerről* sem szabad megfeledkeznünk, mert a tengeri viharok abráziós munkája nemcsak a mai partokon figyelhető meg, de ott is, ahol valaha tenger járt. A coralli öböl partvilágában néhány négyzetkilométer területen egyszerre tanulmányozhatjuk a tenger és a folyóvíz, a juvenilis hegyi patak, a szélviharok, a napsugár s a kémiai erózió bontó és építő munkáját s e formagazdagságot még csak tarkítják a partemelkedések terraszai, melyek bőviben vannak tengervájta üregeknek, a félsós vízzel borított kagylópadok, melyeken nemrég szűnhetett meg az állati élet, az elsüllyedt folyammedrek, melyeket sziklafenekükig kitisztított a viharos szökőár, a leszakadt partszegélyek, hol a tenger alá süllyedt erdők felett siklik el a csónak, a keletkezőben lévő homoktorlaszok s az Isla del Rei háta megett elterülő agyagos síkság, melyet a tenger-járas gyalult le simára. Sakktáblaszerűen vetődött itt el a kontinens pereme s szűk térközökben váltogatják egymást a lesüllyedt s kiemelkedett partszegélyek.

Csak futólagosan érinthettük a tájalakító, morfológiai tényezők színté kimeríthetetlen sokaságából a jellegzetesebbeket. Azt látjuk, hogy a természetben működő erők a térfelszín meglévő egyenetlenségeit kiegyenlíteni töreksenek. Ezt a munkát a maga összességében *lepusztításnak* nevezzük. De tudjuk azt is, hogy a lepusztult hegyvidék, a tökéletlen síkság, a föld tektonikai erejénél fogva, eddig még minden részletében ki nem kutatott módon, újból felemelkedhetik. Ez a hegyképződés nagy processusa, ami alatt a kiemelkedő tönk összegyűrődik, vagy összetöredezik. A felemelkedő tönk *plató jellegű*. De a felemelkedéssel egyidejűleg megindul az erózió pusztító munkája s halad végcélja, az általános lepusztulás felé.

A kiemelkedő tönk igen hamar elveszti eredeti fennsík jellegét, mert az erodáló víz völgyeket hasít a tönkbe s kialakítja benne a hegységet, úgy, hogy csupán a nagyjából egyenletes csúcsmagasság (az u. n. Alpenflur jelensége) utal az egykori tényre. Van azonban földünkön több olyan terület, hol a felemelkedett tönk máig megtartotta eredeti plató jellegét. Ha vizsgáljuk ezeknek a fennsíkoknak kőzetanyagát, azt fogjuk látni, hogy elenyésző kevés köztük a normális kőzetekből felépített tönk, túlnyomó többségük *mész-kőzetekből* áll. De azonnal szembetűnik e mész-kőfennsíkoknak több más tipikus sajátága is. Hiába keresünk rajtuk normális felszíni eróziós formákat, ékalakú juvenilis patakbevágódásokat vagy épséggel kialakult völgyrendszert. De hiányzik itt minden más olyan felszíni forma is, amely a normális felépítésű hegységekben tájalkító.

Ezek helyett annál gazdagabban találjuk meg a *karsztjelenségeket*: azokat a morfológiai formákat, amelyek a minden más közetnél jobban oldódó mész-kőnek és a csapadékvíznek egymásra való hatására alakultak ki. A karszt, ha nem fedi őserdők, valószínűsíthető kőszivattyú. Sziklacsoportjai rendszertelenül hevernek, vízerei — ha vannak — barlangokból törnek elő s újra barlangokban, vagy víznyelő aknában tűnnek el. A karszt-plató felületén széles háta és mély horpadások váltakoznak, gyakran lépcsőzetesen, ugrásszerűen. Minduntalan kisebb-nagyobb bemélyedések — dolinák, poljék, uvalák és meredek falú árkos beszakadások — állják utunkat, máshol meg éles vízvázta barázdák alkotnak egész mezőket s megnehezítik a szabad járást-kelést. A mélyedések ölen tavakat, időszakosan elöntött, vagy állandó mocsarakat pillantunk meg. A karszt forrásai is különlegesek. Vannak soha ki nem apadó állandó vízmennyiséget szolgáltató forrásai s olyanok, melyek

csak az év bizonyos szakában s ismét olyanok, melyek felváltva, hol mint forrás, hol mint víznyelő működnek.

A kopár karszton művelhető terület kevés van, az is csak foltokban, a mélyedések ölen fordul elő. A kőszivattyúban csak a nagy szárazságot is tűrő növényzet képes megkapaszkodni, mint a borókafenyő, a krisztustóvis, a galagonya s a kökény. Az erdős karszt azonban egészen más képet nyújt.

Legfőbb jellemvonása a karsztnak, hogy magaslatainak s mélyedéseinek iránya rendszertelen. Ezek egymással semmi genetikus összefüggésben nincsenek, domborzata általános magasságokhoz nem kötött s vízrendszere a föld alatt fejlődött ki, hol nem ritkán hatalmas barlanghálózat aknázza alá a hegységet.

Egy szinte ki sem írható téves hit azt tartja, hogy a karszt főjellemvonása a növényzet hiánya, illetőleg silány, gyér volta, azt is emlegetik, hogy a karsztterület „*elkarsztosodása*” az erdők kiirtásával vette kezdetét. Látni fogjuk, hogy ez nincs így. A horvát karszt belsejében, a legtipusosabb karsztvidékek egyikén hatalmas erdőségek vannak. Az Orjen és a Pazua hegyek tövében, közel a régi montenegrói határhoz, hol magam is sokáig tanulmányozhattam a karsztot, gyönyörű bükkösök virágoznak, bár a terület tele van dolinákkal, hosszas poljékkal és számtalan barlangnyílással. De erdős a magyar Bükk és a Bihar hegység is, holott mindkettő bővíben van a karsztjelenségeknek.

Az erdők kiirtása csak a későbbi kopárságot okozza, de nem a karsztosodást, mert a védő erdőtől megfosztott talaj szabad prédája a viharos bórának és az esőnek, mely lemossa s elhordja a vékony földréteget s a csupaszon maradt sziklafelület nem nyújthat többé otthont az erdőnek. Sokkal helytállóbb ha azt mondjuk, hogy az erdők kiirtásával

a további karsztosodás jó részben meg is szűnik, vagy legalább is nagyban vesztit intenzitásából, mert hiszen a víz oldókéességét jelentősen megnövelő széndioxid javarészt épen az erdőtalaj szolgáltatja a víznek.

A kémiailag tiszta víz oldókéessége ugyanis igen csekély. Az eső és a hólé már jobban oldja a mészkövet, mert elnyeli a szabad légkör széndioxidját. Különösen áll ez a hóra, mely télen át sokáig érintkezik a levegővel. De csak akkor telítődik a víz igazán szénsavval, ha növényi takaróra hull s onnan a korhadó növényi anyagokat bőven tartalmazó humuszrétegre vagy erdőtalajra csepeg s azon lassan átszivároghat.

Hogy mily fontos szerepe van a szénsavnak, kitűnik abból, hogy míg a tiszta víz oldókéessége 1:10.000-hez, addig a szénsavas víz három-négyszer annyit s a szénsavval telített víz kerekén tízszer annyit old, mint a tiszta víz. Az a kérdés mármost, hogy valóban telítődhetik-e a víz szénsavval, mielőtt a mészsavval érintkezésbe jut.

Idevonatkozóan dr. Terzaghi Károly tett rendkívül érdekes számításokat s azt találta, hogy Horvátország belsejében az évi 1200 milliméteres csapadékból a zárt bükkösökben mintegy 1100 milliméter kerül a földbe. Eből a vízmennyiségből 400 milliméter kerül vissza újra a légkörbe a növényi transpiratio következtében s 700 milliméter fut le a talajba, hogy ott szénsavat vehessen fel. A bükkerdő e transpirált vízmennyiségnek megfelelően négyzetméterenként 140 deka száraz anyagot termel évente. Ennek fele, azaz 70 deka, szén. Miután az évi csapadék mennyisége körülbelül állandó s az erdőben, mint a növényi takarók legtökéletesebbikében, az élet és a bomlás egyensúlyt tartanak, ez a szénmennyiség kerül évente és négyzetméterenként, mint korhadó növényi anyag a bomlási folyamatba s oxigénnel vegyülve 260 deka, azaz

1300 liter szénsavat szolgáltat. Ez a mennyiség bőven elegendő arra, hogy a földbe kerülő évi 700 milliméteres csapadékvizet, azaz az évi és négyzetméterenkénti 700 liter vizet szénsavval telítse. A belső horvát karsztban tehát a szénsavval való telítettség feltételei megvannak.

Mennyit old ez a telített víz? A mészkőnek kerekén 15 súlyrésze oldódik 1000 súlyrész szénsavval telített vízben. Az évi és négyzetméterenkénti 700 liter lefolyó csapadékvíz mellett az oldás fél milliméter vastag mészkőréteget felel meg. Ha feltételezzük — írja Terzaghi, — hogy a víz oldási képességének csak a felét meríti ki, azaz évente csupán egy negyed milliméteres réteget old: ez a denudáció kopár karsztban 1000 év alatt másfélcentimétert tenne ki, míg az őserdőben ugyancsak ezer év alatt 25 centimétert. Az erdőtalajban emellett mindig képződik salétromsav, a gyökerek pedig sósavat is termelnek s nem tagadható, hogy e sokkal erősebb oldókéességű savak is részt vesznek az oldás munkájában. „Csak ilyen mértékű denudáció magyarázhatja meg még oly hatalmas lefolyástalan mélyedéseknek az utolsó hegymozgások utáni kifejlődését is, amilyeneket a karszt némely helyein találunk. Mikor váltja fel az erdőség alatti denudációt a karsztvidék minimális denudációja? Csak akkor, ha a természet elvonja az erdőtől a létfeltételeit.” Hozzátehetnők: akkor is, ha az ember kiirtja az erdőt!

Terzaghi szavai jutnak eszembe, amikor egy merőben más vidékre gondolok, a Cordillera Pellada őserdőkkel fedett fennsíkjára. A kőzet csillámpalából és gneiszből áll. Az évi csapadék azonban sokszorosan felülmúlja a horvát karszt csapadékát, mert némely évben megközelíti a 4000 millimétert is. A Pellada erdői tipikus etázs erdők. Középen vannak az ötven méter magas alercalék, a szélek felé örökzöld bükkös, az erdő

peremét pedig áthatolhatatlan bambusznádas övezi. Az erdőben derékig süpped az ember a korhadó avarba. Ott jártam előtt valami öt esztendővel írtották az erdőt s az írtás helyén nem mindenütt kapaszkodott meg a fiatal cserjés. Nagy foltok maradtak csupaszon. Ezeket a foltokat méternyi mélyen vájkálhattam a már szinte lisztessé vált sziklában, melyről az egykori vastag erdőtalajt teljesen lemosta az eső. A csupasz foltok mindenütt a legmagasabb térfelszínen voltak találhatóak s nem egy helyen már ez az erodált sziklaliszt is lepusztult s a még egészséges csupasz sziklák kerültek napfényre. Valószínű, hogy ezeken az erdő soha, vagy csak nagysokára fog megtelepedni. Ecuadorban a súvadásos hegyoldalakban több méteres mélységig szét van bontva az őserdők talaja alatti szikla s ahol nincs erdő, ott a szikla is egészséges és sokkal kisebb kopásnak van kitéve. Az erdő védőszerepe tehát csupán az ember szempontjából nevezhető annak, mert látjuk, hogy nem-hogy nem véd, de ellenkezőleg hatalmasan rombol s a karsztban csak úgy, mint máshol, többszörösen felülmulja a kopár helyek denudációjának mértékét.

Ha már ily kimerítően szóltunk az erdőtalaj szerepéről, meg kell emlékeznünk a karszt tipikus talajáról is, a *terra rossa*-ról. A mészkő sohasem tiszta, mindig tartalmaz több-kevesebb fémoxidot, különösen vasoxidot, emellett agyagot és szilikátokat. Ezek az elegyrészek a szénsavas vízben oldhatatlanok s hátramaradnak, a levegőn az agyagok vasoxidul tartalma is oxidálódik és élénk veres színűre festi a málladékat. Ez a veres színű, agyagos földféleség a *terra rossa*, mely a karsztos mélyedések fenekén a csekély értékű termőtalajt szolgáltatja. A *terra rossa* mennyisége a mészkő szennyeződésétől függ. Ha sok agyag és oldhatatlan szilikát van a mészkőben, ezek málladéka eldugit-

ja a mészkő repedéseit s a felszínen tovább halmozódik, míg nem összefüggő s a növényi takaró segítségével megkötött talajjává nem válik. Ott, ahol nagyon sok idegen anyag van a mészkőzetben, vagy ha a mészkő erősen dolomitos kifejlődésű, a karsztosodás rövid időn belül megszűnik s megindul a normális denudáció, vízszintes irányú vízerekkel, amikor is az a határ-eset állhat elő, hogy a denudáció lépést tart a mállástermékek keletkezésével. Olyan mészkőzetben pedig, amelyben a mállástermék beborítja a mészkő egész felületét, sohasem fog megindulni a karsztosodás.

Ebből is látszik, hogy a kőzetanyagokon kívül még egy igen fontos körülmény játszik szerepet: a *mészkőzet repedezettsége*. Ez a repedezettség különféle lehet s az azt előidéző okok is különbözőek. Amikor az orogenetikus (a hegyképző) erők felemelik a mészkőtöngöt, az úgy tangentiális, mint függőleges irányban nyomásnak van alávetve s e nagy nyomás a rendkívül rideg, merev mészkőzetekben szakadásokat, diaklázisokat okoz. Az emelkedő tönk egyes részei gyorsabban, más részei lassabban emelkedhetnek, mert a tönköt emelő és gyűrő nyomás mértéke regionálisan más és más lehet. A tönk rögzítkezszakad szét s e rögzítkezhatárain igen nagy mélységekig ható elvetődések keletkezhetnek. Ezeknek a *tektonikai vetődéseknek zónája rendkívüli módon összetöredezett*. A karsztformák között a poljék keletkezésében e vetődések igen fontos szerepet játszanak. Kisebb-nagyobb repedések akkor is keletkezhetnek, amikor az üledékes eredetű mészkőtöng felemelkedése közben száradni kezdett, mert a száradás térfogatösszehúzódással s ez viszont összetöredezéssel jár.

A kőzetbe szivárgó víz ezeket a meglévő repedéseket részben tágítani fogja, részben eltömi. A tágítás eleinte kémiai oldás útján, később, ha a víz törmeléket is vihet magával, erő-

ziós úton is történhetik s hatalmasan fejlett barlangok kialakulására vezethet. Az eltöméshez a víz a mészkőzet oldhatatlan málladékanyagát használja fel, de felhasználja magát a meszet is, amikor a repedésekben s a kész barlangokban cseppkövet rak le.

Összefoglalóan mondhatjuk tehát, hogy a *karsztosodás lényegében eróziós tünemény, mely kis mennyiségű oldhatatlan anyagot tartalmazó, repedésekkel átjárt mészkőzetekhez van kötve*. A karsztosodás egyes jelenségei azonban függnak a növényi takarótól, a csapadékvíz mennyiségétől, a nagy repedezettséget mutató vetődések irányától s általában a rétegek diszlokációjától, de függetlenek a mészkőzetek geológiai korától s települési viszonyaitól.



A karszttünemények között a *karrok* (vízbarázdák) nem kizárólag mészkőzetekhez kötött jelenségek, de tipusosan az agyagmentes mészen fejlődnek. A lejtőn lefutó víz a lejtő esésével párhuzamos barázdákat old a csupasz sziklán, vagy pedig a meglévő repedéshálózatot alakítja ki karrszerűen. A karrok hosszanti csatornákból s az ezek között álló válaszfalakból állanak s mélységük néhány centimétertől 15 méterig is terjedhet. A válaszfalak éle csipkézett. Igen kedvező körülmények között nagy kiterjedésű mezőket is alkothatnak. Előfordulásuk független a tengerszínfeletti magasságtól. Görögországban a tenger színéhez közel, míg a Mészalpokban 2000 méter magasságban fordulnak elő. Az a régi elmélet tehát, amely a karrok keletkezését a jégkorszaki eljegesedéssel hozta kapcsolatba, megdőlt, bár tagadhatatlan, hogy az egykori jégta-karók denudáló hatása, amennyiben simára csiszolta a szikla felületét, a karrok képződését elősegítette. A karrok ugyanis csak csupasz sziklafelületen

keletkezhetnek s képződésüket a mészkő tisztátlansága s a csapadék mennyisége befolyásolja. Csapadékban szegény vidéken karrok egyáltalán nem fejlődhetnek s a plasztikus málladéku mészkőben csak igen tökéletlen fejlődést mutatnak. A karrok tehát a kopár karszt típusos tüneményei.



A karszt legszembeötlőbb morfológiai jellemvonása a *dolina*, vagy töbör. Éles peremmel határolt, felülnézetben kerek vagy ovális, mindig homorú keresztmetszetű, tál vagy tölcsérformájú felszíni erózió útján keletkezett mélyedések ezek. Méreteik igen tág határok között váltakoznak: mélységük 2—20 méter, átmérőjük 10—120 méter. Nem ritkán ikeralakban is előfordulnak, amikor a két szomszédos dolina közötti válaszfal összeomlott. Keletkezésük két okra vezethető vissza: a víz oldó hatására, melynek következtében egy már régóta meglévő repedéshálózat mentén a kőzet szétmállik s porhanyóssá válik, mert a kioldott mészs a repedések mentén a mélybe kerül, s az oldást nyomon kísérő besüppedésre, utólagos berogyásokra. A dolina fenekén gyakran találni friss berogyást, míg lejtője a régebbi berogyások következtében lépcsősen alakult ki. Talán ez a természetes lépcsőzet, amelynek fókáin csakúgy megtalálható a terra rossa, mint a legtöbb dolina fenekén, adta a karsztlakosnak azt az ötletet, hogy silány termőterületét mesterségesen emelt s termőfölddel telehordott terraszokkal növelje. A dolinák genetikája magyarázza, hogy csakis a sima felületű karsztplatón, vagy nagyon szelíd hajlású lejtőkön keletkezhetnek, mert a meredek lejtőn a víz könnyen lefut s nincs ideje oldó hatást kifejteni. Valószínű, hogy a legtöbb dolina, azok is amelyek ma a kopár karsztban láthatók, erdőtalaj alatt keletkezett.

A dolinában felgyült terra rossa a dolina fenekén vízzáró réteget alkothat, úgy, hogy benne a hólé és az esővíz megáll s vagy állandó vízü tó keletkezik, vagy csak lassú párolgással tűnik el a víz. Kivételesen víznyelő rés is van a fenekükön. Felszíni vízfolyás sohasem vezet dolinához. A dolina igen ritkán lép fel egyedül, mindig többet találunk együtt s gyakran sorokat alkotnak, amiből talán arra lehetne következtetni, hogy egy földalatti vízzel állnak kapcsolatban. A rendszertelenül fellépő dolinákat azonban ilyen vízzel, vagy éppen barlangi folyóval összeköttetésbe hozni nem lehet, mert a földalatti vízi hálózathoz szükségképpen a már meglévő tektonikai repedések nyomán keletkezik, ezek pedig határozott irányokat követnek. A jellegzetes karsztban oly sok a dolina, hogy a térfelszín ripacsos külsőt kap tőlük. A dolinás karszt felszíne olyan, mint a gránát-tölcserékekkel összelyukgatott csatamező. A dolinával rokon forma az *uvala*, szintén homorú lejtőjű, hosszanti mélyedés, melyben gyakran több jól fejlett dolina található. Keletkezésének körülményei még nincsenek tisztázva, valószínű, hogy a dolinához hasonlóan, oldás útján keletkezett s a benne lévő dolinák másodlagos képződmények.

Régen a dolinákhoz számították a *beszakadásokat* s a *víznyelő aknákat* is, holott ezek keletkezési körülményei egészen mások s formára is merőben elütnek a dolinától. A beszakadás, mint neve is mutatja, csak barlangok felett keletkezhetik, köröskörül függőleges falak veszik körül, a falak aljában meredek lejtőjű törmelék gyülik össze s ha a beszakadt barlangban patak folyt, az megjelenik a beszakadás oldalfalában, keresztülfolylík a sík fenéken s újra barlangban tűnik el.

Ugyancsak a földalatti vízhálózattal van összefüggésben a víznyelő, vagy *ponor*. Nálunk a nép zsomboly-

nak, ravaszlyuknak nevezi. Függőleges aknák ezek, néha több száz méter mélységbe vezetnek s fenekükön valóban kisebb-nagyobb rézsutos, vagy vízszintes helyzetű barlangüregek nyílnak. A felszínen mutatkozó formájuk élesen elüt a dolina formától, mert a víznyelőt mindig domború lejtők határolják s feléjük felszíni vízfolyások vezetnek. Víznyelők a karsztplatón s a fennsíkra sülyedt poljék peremén egyaránt előfordulnak. Igen gyakran egy-egy poljében futó karsztfolyót kísérnek s azzal a folyó vízháztartását illetőleg sajátos viszonyban állanak, amennyiben a folyó áradásakor annak felesleges vizét nyelik el, míg alacsony folyóvízálláskor vizet szállítanak a folyóba. A poljefolyóval a víznyelő pereme tehát egy állandó vízmederrel van összeköttetésben s ebben a mederben időszakonként különböző irányban folyik a víz. Időszakos poljetavak fenekén is találni egy vagy több ilyen víznyelőt s az állandó vízü karsztavakban sem hiányoznak. A Skutari-tó fenekén is van ilyen víznyelő. Mélysége 90 méter körül van s ma mélyen a tenger színe alá nyúlik. A víznyelők oldás útján keletkeztek, de az oldást a lefutó víztömegek nyomása, az u. n. nyomásos erózió, valamint a víz örvénylő mozgása jelentősen elősegítették. A víznyelő akna falai simák s bennük az örvénylő víz homorú kivágásokat, *kolkokat* csinált. Igen sok víznyelő el van dugulva s ezért ott, ahol a víznyelőknak mezőgazdasági jelentőségük is van, a karsztlakos minden árvíz után kitisztítja az aknát a belesodort törmeléktől, hogy a következő évi nagy víz akadálytalanul távoz hassék.

*

A karszt legnagyobb felszíni formája a *polje*. Hosszanti, lefolyástalan, vagy barlangi folyókkal lecsapolódó medencék ezek. Ha a talajvíz, az u. n. karsztvíz nivója alá sülyednek, fe-

nekükön állandó, vagy időszakos — a karsztvíz ingadozásának alávetett szintmagasságú — tavat rejtenek. Ha nem érik el a legmagasabb karsztvíz nivót sem, állandóan szárazak. Keletkezésük szerint három főtipust kell megkülönböztetnünk: a tektonikus eredetű, *beszakadásos* poljét, a *karsztos-besüppedést* s a *kopott-poljét*. Ennek egyik válfaja a *perem-polje*.

A kopott-polje és a perem-polje ott fordul elő, ahol a mészkőzet vékony rétegben takarja az alatta lévő, vizet át nem eresztő s így karsztosodásra alkalmatlan kőzeteket. A perem polje, mint neve is mutatja, a karsztplató szélén fordul elő, ahol a mészkőtakaró a szomszédos normális kőzetű területre ékalakúan kivékonnyodva fekszik rá. Mindkét esetben vékony mészkő-rétegről van tehát szó, amelyben a cirkuláló karsztvíz, mert kisebb keresztmetszetben kell áthaladnia, erősebb oldó munkát fejtethet ki. Az erősebb oldás mindjobban elvékonyítja az amúgy is vékony takarót, mert a víz az egész területet aláaknázza, míg annak összetartó ereje meggyöngül s az alámosott terület beszakadozik. Az ilyen kopott polje aljában megjelenik az idegen kőzetanyag s fenekét a még egészen el nem hordott egykori takaró maradványai borítják. Ha még megvan az egykori alámosást végző patak, ez barlangból jön s barlangban is távozik, akárcsak a barlangi eredetű beszakadásokban. Kopott poljében azonban soha sincsen víznyelő. Víznyelő a karsztosodásra nem alkalmas kőzetben nem keletkezhetik. A perem-polje hasonlóan képződik s gyakran a normális közetű területről érkező patak fut belé s meredek falában barlangban tűnik el. A meredek falakról állandóan omlik a törmelék, de ezt a törmeléket a patak normális eróziója távolítja el. A perem-polje tehát állandóan növekszik s növekedésének csak a mindinkább vastagodó takaró szab határt.

A karsztos-besüppedés úgy kelet-

kezik, hogy a karsztmészkőzetet annál fiatalabb korú, keskeny és vékony, karsztosodásra nem alkalmas kőzetréteg borítja valahol. Ez a réteg nem eresztí át a vizet, de a réteg peremén a meteorikus víz aláfollyhatik s alatta a mészkőzetben a karsztvíz is cirkulál. Az idegen kőzetréteg törmelékével növeli a karsztvíz erózióját, végül is aláaknázódik a terület s minden tektonikus mozgás nélkül is besüpped a karsztba. Ilyen polje fenekén megint csak idegen kőzetet találni, mint a kopott poljefenekén, de itt az idegen kőzet alatt bizonyos mélységben újból mészkő következik.

A poljék harmadik, igen változatos faja a tektonikus eredetű beszakadás. Említettük már, hogy a felemelkedő tönk rögökre szakadhat szét s e hegyrögöket nagy mélységre ható vetődések határolják. Ilyen leszakadt rögök s a közöttük kiemelkedő sasbércek minden hegységben előfordulnak ugyan, de a karsztban, miután már megtörtént a beszakadás, sajátágosan fejlődnek tovább. Normális kőzetben az ilyen hegyszerkezeti árok csakhamar bekapcsolódik a hegységbe vágódó vízrendszerbe, s csak a völgy hirtelen kiszélesedése árulja el jelenlétét. A karsztban normális vízrendszer ki nem alakulhat s ezért a tektonikus poljék nemcsak, hogy megtartják eredeti alakjukat, de falaik mindjobban kifüggélyesednek, ölüken berogyások, dolinák, víznyelők keletkezhetnek. Minthogy köröskörül zártak, lefolyástalanok s falaik meredek, igen titokzatos formáknak látszanak s bár tulajdonképpen a karsztban a völgyek szerepét pótolják, nem osztják azok előnyeit a közlekedést illetően, mert megközelítésük nehéz s a karszt vasúti közlekedésében inkább akadályt jelentenek, mint előnyt. A poljék, vagy általános nevükön a karsztvölgyek, néhány száz métertől több kilométerig is terjedhetnek, de van köztük tetemesen hosszabb is, mint a Livno

polje, mely 380 kilométer hosszú.

A száraz poljék nemcsak titokzatos, de szomorú látványt is nyújtanak. Annál változatosabb és élénkebb az élet az időszakosan elöntött poljék fenekén, vagy azokban, amelyeken karsztfolyó folyik át, vagy állandó vízü tavat rejtjenek. Ezekben a poljékban előszeretettel telepszik meg a karsztlakó és szorgalmasan műveli a termékeny poljefeneket. A házsorok, hogy a művelhető földet ne építsék be, vagy a polje oldalában, vagy a plató, a planina peremén, a polje felett épültek. Innen jár le a lakosság a poljefenekre, hogy változatos munkáját elvégezze. Mert nemcsak földet művelhet, de kaszálja az időszakosan elöntött réteket, sőt a poljét átszelő patak vagy folyócska medrében nőtt vízinövényeket is begyűjti s megszáritja állatai számára takarmánynak. A polje tavában halászni is lehet s ha a tó időszakosan ki-kiönti vizét, az év egy részében halászhatik ott is, ahol máskor füvet kaszál. De rendben kell tartania a víznyelő aknákat is, nehogy elduguljanak, mert akkor tovább tart az áradás s nem terem elég fű téli takarmánynak. Igen szellemesen használja ki a karsztlakó a víznyelőkben alázuhanó víz erejét, mert malmot épít fölé s a malom kerekét az aknában helyezi el vízszintesen s a vizet fából készült csövön vezeti rá a kerék lapátjaira.

A karsztnak, mint látjuk, elég titokzatosak már a felszíni formái is, de a karszt igazi titokzatos világát a föld alatt ismerhetjük meg igazán, ha lemegyünk a barlangokba s megismerkedünk a *karszthidrográfia* rejtelmeivel. A kőzetek a hidrográfia szempontjából három csoportra oszthatók: vízzáró, vizet félig átbocsátó és vízemésztő kőzetekre. A karszt mészkövei a két utóbbi csoportba tartoznak. Ha a mészkő tömött s csak hajszálfinom repedések járnak át, akkor félig átbocsátó, ha meg a repedések tágasak, vagy igen sűrű a re-

pedés hálózat, akkor a víz átfut rajtuk, a kőzet vízemésztő. Ennek következtében a meteorikus víz függőlegesen lép be a mészkőbe s abban, a felületi normális vízszintes vízlevezetés helyett függőleges irányú vízlevezetés lép fel. Néhol tömör a mészkő s a víz egy darabig vízszintesen folyik, de csakhamar repedésre talál s azon át azonnal a függőleges irányba csap át folyása.

A forrásból kilépő karsztpatak folytonosan veszti vizét, míg csak el nem apad. Néha víznyelő van a medrében s az az egész patakot eltünteti s csak áradáskor folyik a patak túl a víznyelőn is. Nagyobb polje-folyókban gyakoriak a víznyelők s helyükön a folyómeder kerekre szélesedik. Igen sok ilyen víznyelő el van dugulva s a folyó ezeken a helyeken alig, vagy semmit sem veszít vizéből. A karsztfolyókban igen gyakoriak a vízesések, s a források is gyakran vízesés formájában törnek elő a mészkő s a vízhatlan rétegek határán. De vízeséseket alkotnak a folyó mésztufa lerakódásai is s gyakoriak a ponor-vízesések. Ezek úgy keletkeznek, hogy a folyómederben fellelépő víznyelő pereme hátráló erózióval bevágódik.

A karsztfolyók medre élesen bevágódott s partjuk rendszeren meredek sziklafalakkal határolt. Törmelékük alig van, ami a karsztról eddig elmondottakból önként értendő. A medret nem a törmelék ásta meg, hanem a víz oldó hatása oldta ki. Csak ott, ahol a karsztban idegen kőzetanyagok lépnek fel, van a karsztfolyóknak is keményebb s oldhatatlan törmelékük. Természetesen az ilyen helyen a folyó eróziós formája is más.

A karsztfolyó víznyelőn, vagy barlangon át eltűnik a föld alatt, s ott vagy összefüggő barlangrendszerben, vagy repedések hálózatában folytatja útját. Eközben felfelé is folyhatik, a nehézkedés törvénye ellenére. Ennek magyarázata az, hogy ott, ahol

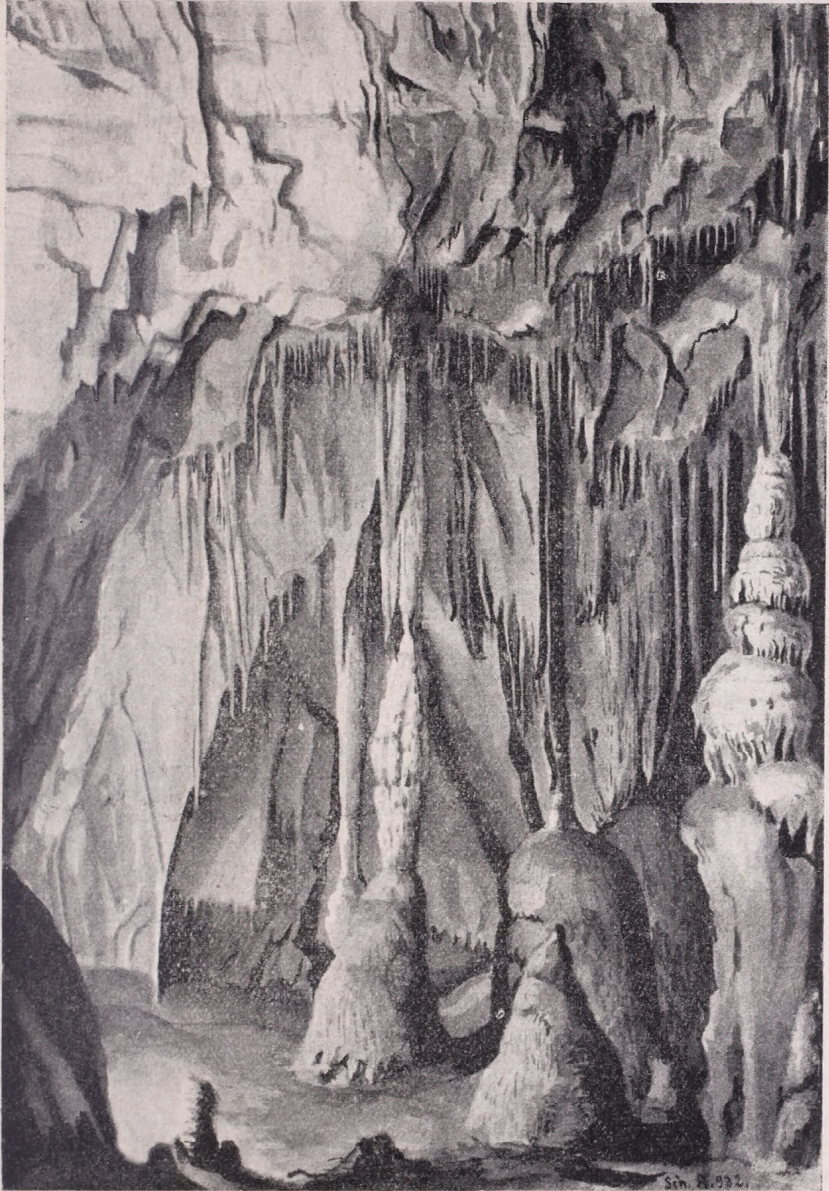
a földalatti barlang megszűkül, vagy megszűnik s repedésekben folytatódik, a folyóvíz az utána folyó víztömeg nyomása alatt arra folytatja útját, amerre a legkevesebb ellenállásra talál. Ha felfelé tágasabb repedésekben folyhatik, arra folyik tovább. A karszt-vízfolyásokban tehát nem csak a közlekedő edények törvénye uralkodik, belejátszik ebbe a víz nyomása, a repedések alakja s az azokban fellépő surlódások.

Rövidebb-hosszabb földalatti futás után a folyó újra felbukkan. Felbukkan mint forrás, melynek ereje oly nagy, hogy azonnal malmot hajthat. Felbukkan, mint tengeralatti édesvízi forrás s jelenlétét a tenger tükreán látható kerek, nyugodt víztükrör árulja el s a tenger édessége. De felbukkan újból, mint folyóvíz s folytatja útját a föld felett. Van karszt-folyó, mely több ízben is a föld alá bukik. Ilyen a Poik-Mur-Laibach folyók folyása. A Poik a Postumiai barlangban buvik a föld alá s azt Mur néven hagyja el. Dlanina közelében újból eltűnik s Oberlaibachnál mint hajózható folyó tör ismét elő. Számtalan sok példát sorolhatnánk még fel.

Igen egyszerű volna a karszthid-rográfia, ha a karszt minden oldalról vízáthatatlan kőzetektől volna határolva. A karsztvíz akkor minden repedést kitöltene a kőzetben, nem cirkulálna benne, barlangokat sem oldana ki s magasságának a csapadék és a párolgás egymáshoz való viszonya szabna határt. A természetben azonban ennek az állapotnak épp az ellenkezőjét látjuk. A karszt: plató, mely kiemelkedik a többi hegységből, impermeabilis kőzetek seholsem veszik körül, a horvát és a dalmát karszt a tengerrel szomszédos, tehát nem kőzet, hanem vízréteg határolja. Felszíne össze van szabdalva tektonikus poljékkal, melyek szélén a kőzet különösen nagymértékben vízemésztő, mert rendkívül össze van töredezve. Foltokban, szigetekben a karsztban

mindenütt található idegen kőzetanyag, a mészkő sem egyforma a hidrológia szempontjából. Mindez a körülmény kihatással van a karsztvíz nivójára s azt erősen befolyásolja. A karsztvíz sokkal nagyobb mértékben ingadozik, mint a közönséges talajvíz és sokkal kevésbé követi a felszín formáit. Két egymás mellett fekvő, egyenlő mélységű polje közül lehet az egyik száraz, a másik állandó tóval előtöltött. A magyarázat kézenfekvő. A két polje közötti vető repedésein a karsztvíz hirtelen alászáll, a szomszédos polje fenekét már nem éri el s alatta folyik tovább. A Livno poljében a száraz időben és a csapadékmaximum idejében mért karsztvízszintje között több mint 40 méter a különbség. Ha ezt a szélsőséges számot úgy magyarázzuk is, hogy a polje alatti barlangokat, mint ideiglenes vízgyűjtő tartályokat vesszük számításba, melyek megtelnek az áradáskor s így hirtelen levezetik a magasra szökött karsztvizet, nem lehet tagadni, hogy a karsztvíz állandó s több métert bizonyosan meghaladó ingadozásnak van alávetve mindenütt. A barlangok tanulmányozása is erre a tényre mutat rá.

A karsztvidéken kétféle barlangot kell megkülönböztetnünk: a *bujtató* és a *forrásbarlangot*. A bujtató barlang a karsztplató tetején veszi kezdetét, vagy egy perempoljében, hol a normális hegységből a karszt felé folyó víz ás barlangot a mészkő belsejébe. A forrásbarlang pedig a barlangi erozió bázisánál képződik, ott ahol a patak kilép a föld alól. Ez az erozió bázis lehet völgytalp, polje fenék, de lehet a tenger szintje vagy a karsztplató alsó pereme is. A bujtató barlang felülről lefelé fejlődik, a forrásbarlang alólról felfelé, hátráló erozióval. A két barlang között eleinte csak vízzel telt részek hálózata van. Ha a két barlang kiépülése közben összeér, a víz már csak áradások alkalmával tölti színül-



A lillafüredi Szent István barlang egyik terme.

tig a réseket. A barlang fel is szakadhat s helyét a beszakadás, vagy a szakadékvölgy foglalja el. Az ilyen völgyekben igen gyakoriak a sziklapuk — az egykori barlang megmaradt boltozatának egy darabkája.

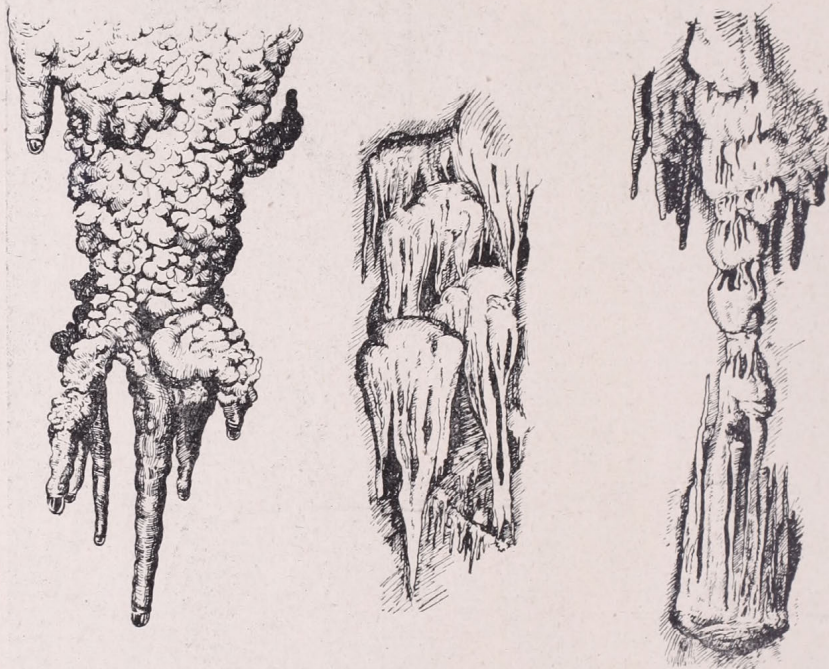
A bujtató barlang úgy képződik, mint a víznyelő. Amint kitégur, a törmelék is átveszi véső munkáját s a barlang ezután rohamosan fejlődik tovább. Minden áradás jelentősen tágít a barlangon, mert új törmeléket

hoz s a víz is nagy nyomás alatt áll ilyenkor.

A forrás barlang keletkezését a hátráló erózió magyarázza. Ugyanúgy képződik ez tehát, mint a hegyoldalon hátráló patakmeder. A fiatal barlangokban, ahol a víz szállító képessége nagyobb, mint a törmelék mennyisége, a barlangpatak a kőzet meg-lévő repedéseit felhasználva folyik s

idők folyamán mélyebbre kerül, a víz elhagyja az addig járt barlangot s az alatt újat épít. Így etázs-szerűen keletkezhetnek az emeletes barlangok. A legelső a legfiatalabb. Az elhagyott barlangban megindul a cseppkövesedés.

A kőzet repedésein a barlangba szivárgó, szénsavval telített víz a mészkövet oldani fogja s mint mészkő-



Cseppkövek a budapesti Szemlőhegyi- és a lillafüredi Szent István barlangból.

azokat mélyíti ki keskeny hasadékok alakjában. Ha a barlang esése megcsökken, úgy, hogy a törmeléket a víz nem képes már elszállítani, a barlangpatak szélesíteni kezdi a már addig készült keskeny üregeket, több párhuzamosan haladó üreg válaszfalát támadja meg, összedönti s elhordja anyagát. A keskeny folyosók helyébe széles termeket épít. A szélesedő barlang, ha nincs felette vastag kőzetréteg, könnyen beomlik.

Ha a barlangi erózió bázisa az

oldat folyik tovább, mígnem a barlang mennyezetén a repedések mentén, mint függő vízcsepp megjelenik. Az utána folyó víz súlya a cseppet átszakítja, annak víztartalma lecsepeg s a benne oldott mészkő vékony gyűrű alakjában a barlang mennyezetére kicsapódik. Gyűrű gyűrűre halmozódik a folytonos csepegésben s megjelenik a függő cseppkő, mely belsejében kis csatornát rejt. Ameddig ez a csatorna el nem dugul, addig a stalaktit vékony cső alakjában hosszirány-

ban nő s alig vastagodik. Ha a csövecske eldugult, a víz a stalaktiton kívül fut végig s a mész lerakásával a függőcseppkövet vastagítani kezdi. Ha a csepegés lassú, minden mész a barlang mennyezetén logó stalaktitokon rakódik le. Ha gyorsabb a csepegés, vagy ha több oldott meszet tartalmaz, a lehulló vízben még van mész s ez a mész a barlang padozatán, mint alulról felfelé növekvő cseppkő fog kicsapódni. A stalagmitokban tehát hosszanti csatorna nincs. A leggyakoribb eset, hogy stalaktit s stalagmit egyszerre képződnek s összeérve oszlopot alkotnak, ez azután mindjobban vastagszik. De nem ez az egyedüli módja a cseppkövek képződésének. A falakon lassan leszivárgó víz folytonosan csap ki meszet s a falakat szinterréteggel vonja be. Ha a barlangban hosszú ideig álló víz volt, ennek mésztartalma a falakon a csodálatos szépségű rózsacseppköveket rakja le. A cseppköveket mindenféle fémoxidok festhetik meg különböző színűre, míg a tiszta cseppkő hófehér. De kivirágozhatnak a barlang falán és repedéseiben különböző ásványok is, igen gyakran találni szépen fejlett kalcit, arragonit és gipsz-

kristályokat. Így például a nemrégén felfedezett budapesti *szemlőhegyi barlangban* is. Ennek a barlangnak érdekességei ezen kívül az örvényfolyosó szépen fejlett kolkjai, dús cseppkövei, a rózsacseppkő hihetetlen mennyisége és az egykor a barlangban erőteljesen működött hévíz nyomai is. Ameddig meszes víz szivárog a barlangba, a cseppkövesedés is tart s idővel a cseppkő teljesen bezárja a barlang üregeit. A víz nyitotta ezeket oldó munkájával s íme a víz zárja el ismét az ugyancsak oldó munkájával odaszállított anyaggal. Mintha a természet gyógyítani akarná az ejtett sebet.

De lám a seb csak ideig óráig gyógyult, mert a karszt is lepusztul az idővel s minden érdekes jelensége nem más mint a lepusztítás egy különös módja s ha földünkön több volna a karszt s kevesebb a normális felépítésű hegység: akkor, nem a karsztban, de a normában látnánk titokzatosságot s a természetről vallott világmépünk úgy alakult volna, mint az antik görögöknél, akik a természettudományok egyik legszebbikét a geológiát és a morfológiát tipikus karsztvidéken kezdték művelni.

Batávia — Kelet Londonja.

Írta: ZBORAY ERNŐ.

Batáviában a Kelet mindenféle nácója lakik, csak európai nem. Malájok, javánok, szundanézek, kínaiak, japániak, arabok, hinduk, klingalézek és Ázsia más népei laknak a Kelet Londonjában, ahol sűrűn egymásmellette épített házakban a kereskedőházak raktárai és irodái vannak. Az európaiak már egy évszázad óta elköltöztek a forró, maláriás városból.

Távolabb a tengerparttól épült fel az európaiak lakóhelye, *Weltev-*

reden, a gyönyörű kertváros. Széles, árnyékos utak mentén, örökké zöldelő kertek mélyén állnak az európaiak oszlopcsarnokos házai. Bővízű csatornák szelik a várost keresztül-kasul: bennszülöttek mossák bennük az európaiak ruháit. A fényes üzletek, robogó autók, a nyüzsgő világvárosi élet közepette fürdőző bennszülöttek érdekes, vonzó látványosságot nyújtanak. Az amerikai turisták nem is mulasztják el fényképezőgépeikkel meg-