

Előzetes jelentés Karszt-tanulmányaimról.

Irta : Cholnoky Jenő dr.

Alig van különösebb és érdekesebb tájképcsoportja hazánknak, mint a Karszt. A mészkőhegységeken mindenütt jelentkeznek hasonló hidrográfiai és morfológiai tünemények, mint a Dinaridák Karszt nevű részében, de talán sehol a Föld kerektségén olyan túlnyomóan nem uralkodnak a tájképek jellemén, mint éppen a Karszt-hegységben. Ez az oka annak, hogy az egész tüneménycsoportot erről a hegységről *karszt-tüneményeknek* nevezték el.

Hazánk belsejében sok helyen szintén uralkodólag, de még több helyen más tüneményekkel kapcsolatban s mint mellékes jelenség lépten-nyomon előfordul a karsztjelenség, vagy karsztosodás. Eszerint tehát hazánk geográfiai képében nevezetes szerep jut neki. A Murányi, Pelsőczy, Sziliczei, Tornai mészkő-felvidékeken, a borsodi Bükk-hegységben, a bihari Királyerdőben, a magas Biharban, a Béli-hegységben, a Bakonyban, Mecsekben és még számos helyen uralkodó, vagy igen jelentős tünemény a karsztosodás, de fellelhető pl. a balatonfelvidéki bazaltokon, a parajdi sóhegyeken, az alföldi löszplatókon, egyszóval mindenütt, ahol erre alkalmas kőzet kínálkozik kellő helyzetben.

De a magyar medence geográfiájára és történetére egyik sem olyan fontos, mint épen a dinári Karszt-felvidék. Kétségtelen, hogy ha ez a felvidék, vagy lánchegység nem állana túlnyomó részben mészkőből, hanem karsztosodásra nem hajlandó, mondjuk normális kőzetből, akkor már régen rendes folyóvölgyek fejlődtek volna ki benne s az adriai lejtő túlnyomó csapadékbősége következtében bizonyára régen átvágódott volna minden patak, amely az Adriába folyt, hátráló eróziója segítségével az egész hegyláncolaton s a Száva vízvidékének nagy részét magával vitte volna. Nyílt átjárók, tán a Vöröstoronyi-szoroshoz, vagy az Aldunai-szoroshoz hasonló keresztültörések keletkeztek volna s a magyar medence gazdasági és hatalmi befolyása az Adriára oly annyira túlnyomó lett volna,

hogy ezt a történelemnek semmiféle sorsfordulata sem vitázhatta volna el hosszú időre.

Igy azonban, sajnos, a magyar medencét az Adriától széles, életmódjára nézve a kétoldali, határos geográfiai területektől lényegesen elütő, letelepülésre nagyon kevésbé alkalmas, közlekedésre igen nehezen leküzdhető vidék választja el s ezzel a magyar történelemnek súlypontja nem tudott az Adria felé helyezkedni.

Eszerint tehát hazánk földrajzi képében és történetében rendkívül nagy szerep jut a karszt-tüneményeknek. A magyar medence valósággal körül van véve karsztos felvidékekkel. Méltó tehát, hogy ezt a különben is nevezetes és érdekes tüneményt behatóan megismerjük.

A karsztosodásról szóló irodalmunk meglehetősen gyér és éppen nem kielégítő. A barlangokról, víznyelőkről stb. könyvtárnyi leírás van, de majdnem kizárólag turistaecsetelések. *Martell* munkái bizonyos tekintetben felül állnak ezeken a közönséges leírásokon, de éppen nem annyira, hogy kritikus, szigorú tudományos munkálatoknak tekinthetnők érdekes és részletes leírásait. *Daubrée* már lényegesen magasabb színvonalon áll, de a tulajdonképeni karsztosodással, különösen a karszt mechanizmusával egészen feltűletesen foglalkozik. *Cvijić*, *Grund*, *Daneš* és még mások újabb tanulmányai az igazi, helyes irányba terelték a karszt fizikai földrajzi megismerését, de még mindig hiányzik a legfontosabb, alapvető kérdéseknek a megoldása s még mindig nem ismerték föl a karsztosodás jelentőségének mértékét! Geológusaink a rétegek korával, a hegy szerkezetével foglalkoztak, kevés ügyet vetve a felszíni és földalatti formák magyarázatára. Nem is egészen geológus kezébe való a kérdés, mert erős mechanikai érzéket kíván, amint az az alább következő megfontolásokból ki fog világlni. A karsztosodás tüneményével együtt jár a rétegek erős megzavarodása. De ez nem tektonikus, hanem karsztos jelenség, pedig erre még geológusaink nagyon kevés gondot fordítottak. Akik magával a karsztosodás mechanizmusával foglalkoztak, sok ellentmondásba keveredtek önmagukkal és egymással. Az eredmények rendesen abban állanak, hogy valamelyik fölismert formát új műszóval ellátva, bevezetnek az irodalomba, anélkül, hogy az illető forma helyesen volna definiálva, tehát hogy genezise tisztában volna. Mert a fizikai földrajznak kötelessége helyesen, szigorúan definiált műszavakkal dolgozni, már pedig genetikus magyarázat nélkül, tisztán a forma leírásával nem lehet semmit sem helyesen definiálni. A kráter nagyon

hasonlít a dolinához, a forrástülesér szintén, de a három hasonló forma közt lényeges genetikus különbség van. Így vezették be a karszt-irodalomba a *karszt-víz* elnevezést, helyes és szigorú értelmezés nélkül; így került bele az *uvala* szó, anélkül, hogy genezise csak a legkevésbé is tisztázva volna, ilyen a *pólje* fogalma is, minden pontosabb meghatározás nélkül. Az ellentmondások klasszikusai. Kémiai oldásról beszélnek, amikor csak egyszerű oldásról van szó, oldást emlitenek, amikor kémiai bontásról kellene beszélni. A dolinákat összezavarják az egyszerű víznyelőkkel; van olyan neves szerző is, aki a dolinákat glaciális eredetűeknek tartja; a poljékat némelyek tektonikus eredetűeknek tartják s nem tudják megkülönböztetni a tektonikus rétegzavarokat a karsztos rétegzavaroktól. De a legközönségesebb, legegyszerűbb, ezer és ezer számra látható dolinákról is egészen helytelen, téves magyarázatokkal van tele az irodalom.

Mindez arra ösztökélt, hogy alaposan hozzáállassak a karszt-tünemények tanulmányozásához s a legszigorúbb kritikával, a mechanikai megfontolások állandó alkalmazásával próbáljak betekintést nyerni ebbe a rejtélyes tüneménycsoportba, amelyről nagyon helyesen mondja *De Martonne*: „On peut dire que ces questions sont encore loin d'être éclaircies“.¹⁾

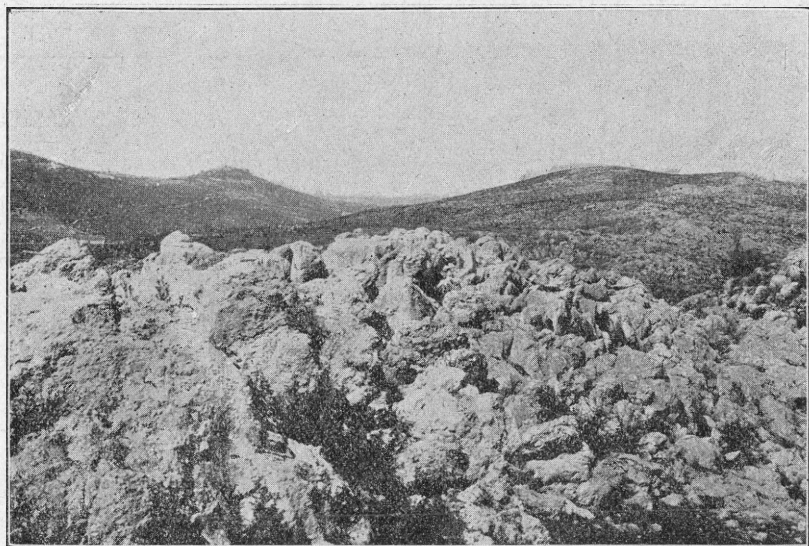
A magyarországi karsztos területek számtalan szép tanulmánnyal szolgálhatnak már ezen a téren. A Bihar környéki karsztos területeket, a hátszegi medencétől keletre fekvő karsztos felvidéket a Csoklovinai-barlang környékén elég behatóan ismerem. A borsodi Bükköt s a gömöri, tornai karsztos területek jókora részét szintén bejártam, sok kisebb karsztos tüneményt ismerek a Dunántúlról, de mindezek a területek messze elmaradnak az igazi Karszt-felvidék mögött. Sokkal nagyobb magasságok, sokkal nagyobb kiterjedés és a tenger közelsége teszik itt a tüneményeket áttekinthetőbbé s ha ott a nagy arányok között megtaláljuk a tünemények magyarázatát, igen könnyen alkalmazhatjuk a többi karsztterületre s ki egészíthetjük a többi karsztterület újabb formáival, amelyek más körülmények módosító hatására keletkeztek.

Eddigi tanulmányaim a Fuzsinei-polje, Grobniki-polje, Bucarii-öböl és a Vinodol árkanak vidékére terjedtek ki s aprólékos

¹⁾ De Martone: Géographie physique, 469. („Elmondhatjuk, hogy ezek a kérdések még éppenséggel nincsenek földelítve.“)

gondossággal folytak le, különösen az alapvető tünemények megismerése végett. Tanulmányaim csak a kezdet stádiumában vannak, de mivel máris néhány érdekes, meglepő eredmény kínálkozott, néhányat célszerűnek tartok közölni azért, hogy tanulmányaim irányáról és kilátásairól Társaságunk érdeklődő tagjait tájékoztathassam.

Mindenekelőtt a *karsztosodás általános feltételeiről* kell szólnom. Rendesen, vagy majdnem kivétel nélkül a mészkő könnyű



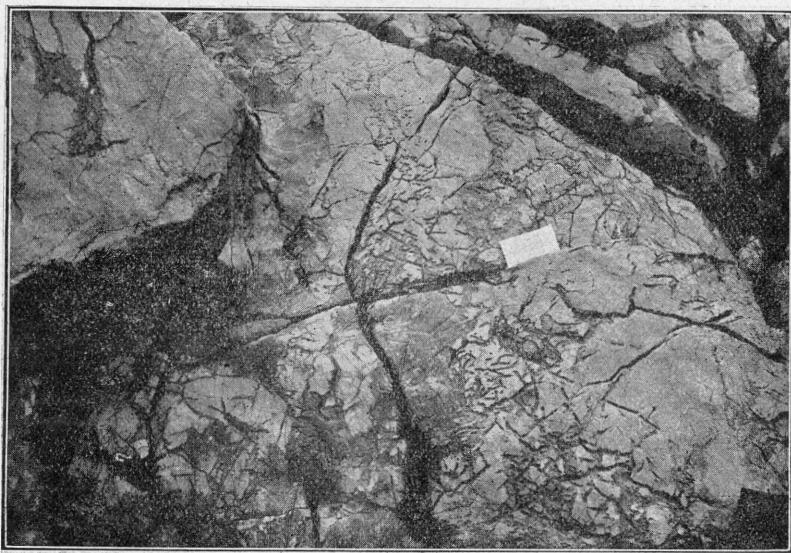
1. ábra. Karr-mező Buccari fölött, hátul a grobniki vár. A mészkő oldhatóságának és igen kevés málladékának következménye.

oldhatóságában látják a karsztosodás okát. A mészkövet a víz, különösen a szénsavas víz aránylag könnyen oldja s ez volna az oka a karsztosodásnak. Valóban ez a fő ok, de ez az ok nem szerepelhetne, ha nem volna egy negatívus feltétele is a karsztosodásnak. Elvégre minden kőzetet old a víz, még a vulkáni üveget is. Oldja pl. a dolomitot is, oldja a gránitot is, hisz a gránit felületén is ismerünk karrosodást.¹⁾ A dolomit oldatának köszönhetjük pl. a

¹⁾ A *karr* jól megkülönböztetendő a *karszt*tól. A *karr* a kőzetek felszínének egyenetlen kimarásából származott nem nagyon mélyreható szétroncsolása, mállás nélkül!

budai keserűvizeket, mert hisz a pirit kénsava csakis oldatban hat a dolomit magnézium-karbonátjára. Eszerint tehát ezeken is kellene karszttünetményeknek keletkeznie. Lassabban haladna ugyan előre, de elvégre idő van reá. Igen régi gránit- és gneiszplatókat ismerünk, amelyeken lett volna idő a karszt kifejlődésére, ha százszor annyi idő alatt is, mint a mészkő-felvidéken.

Az oldhatóság egymagában tehát nem magyarázza meg a karszttüneteményeket. Még valami kell hozzá s ez nem más, mint a kőzet csekély *mállékonysága*. A tiszta mészkő nem igen mállik



2. ábra. Friss fejtéssel napvilágra jutott repedés és hézagrendszer Buccari táján. A névjegy normális nagyságú s így mértékül szolgálhat.

el. Csak savak hatására bomlik el s lehet belőle képlékeny, puha málladék. Így pl. a sósav hatására szétbomlik s képlékeny mészklorid lesz belőle. De ez nem tartós vegyület. Sósav a természetben nagyon kevés helyen hat, pl. vulkánok közelében. A humuszsav valószínűleg szintén puha anyaggá, humuszsavas mésszé bontja a mészkövet s ennek fontos következményei vannak is a karsztban, de ez is minimális kicsiny mállást jelent.

Málladék nélkül pedig a kőzet repedéseiben akadálytalanul folytathatja a víz oldó munkáját. Olyan kőzeten azonban, amelyet málladék fed, a repedés mindjárt betöltődik a képlékeny anyaggal

s a karsztosodás megszűnik. Tiszta mészkő talán nincs is a természetben. A mészkövet mindig színezi az agyag, a vas, a bitumen; mindig van benne kevés szilikát, különböző földfémek sói. Ha nagyon sok az idegen anyag, amely a kőzetet mállástermékével plasztikussá vagy porhanyóvá teszi, azonnal elveszti karsztosodásra való hajlandóságát. Ha a mészkőben sok a magnézium-karbonát, akkor dolomitnak nevezzük s ez már nem alkalmas karsztosodásra, mert finom porrá mállik szét, amely a víznyelő hézagokat azonnal eltömi. A sok agyagot tartalmazó mészkövet márgának nevezzük. Ez sem hajlandó karsztosodásra. Amely mészkőben oly kevés az agyag, hogy nem nevezhetjük még márgának, azon van ugyan karsztosodás, de a mész kioldásával fennmaradó agyag, amit a mediterráneos karsztterületeken vörös színe miatt terra-rossának neveznek, mégis nagyon akadályozza a karsztosodást, a dolinákat vizet át nem eresztő réteggel dugja el, lassankint az egész karszt-felszínt eltömi, különösen az agyagot megkötő növényzet segítségével. Így a karsztosodás egy időre megszűnhet, de az agyagot csakhamar felszíni vízfolyások támadják meg s erózió, denudáció újra elpusztítja s kezdődik megint a karszt. Mert az agyag csak addig szaporodhat, amíg a mészkövet oldhatja a víz. Amint a keletkezett agyag ezt az oldást megakadályozza, azonnal megszűnik az agyag szaporodása. A felhalmozott agyag csak addig mentes a felszíni eróziótól, amíg felszíni erózió nincs, tehát ameddig a víz eltűnik a mészkő hasadékaiban. Amint ezt nem teheti, azonnal megindul a felszíni erózió s ismét eltávolítja az agyagot. Periódikus jelenség támad tehát, de így a karszt meg nem halhat, legfeljebb elalszik egy időre, azért Sawicki ily irányú okoskodásai, amelyekkel minden áron a karszt ciklusát akarta felfedezni, helyüket meg nem állják.¹⁾ Nem is ismerünk öntörmelékébe eltemetkezett karsztot sehol. Ahol a málladék annyi, hogy képes a karsztosodást megszüntetni, ott karszt egyáltalában nem is keletkezik! Mindegy, hogy ez a málladék a kőzet egyik kimállott alkatrésze-e (agyag), vagy a kőzet teljes kémiai átalakulásából származott-e (kaolin), vagy pedig csak egyik részének bomlása következtében alakult-e képlékennyé, vagy por alakúvá (dolomitpor), de a fő, hogy annyi ilyen anyag keletkezik, amely mindig több, mint az oldással eltávolított friss kőzet. Ilyenkor nem keletkezik karszt. Ha azonban az oldással eltávolított anyag

¹⁾ Sawicki L.: *A caskói karszt morfológiájának tényezői*. Földr. Közl. XXVIII. k. 1910. 282.

menyisége több, mint a keletkezett málladék, akkor a karszt-tünet meg jelenik. A kősonak és tiszta gipsznek is kevés a málladéka, azért tekintélyesen elkarsztosodhatik.

A mészkő elkarsztosodásának oka tehát helyesen úgy magyarázandó, hogy ugyanazon idő alatt az oldás több anyagot távolít el, mint amennyit a mállás szolgáltat. Minél tisztább a mészkő, annál tökéletesebb a karsztosodás. A dalmát partokon ez a tünet igen nevezetes geográfiai tényekre vezetett, mert a part közelében a mészkő helyenkint igen agyagos, márgás és az ilyen helyeken nem mutatkozik karsztosodás, hanem normális felszíni erózió s a tenger partján ezzel letelepülésre alkalmas félmedencék keletkeztek (Spalato). De egyebütt is egészen jelentéktelennek látszó kőzetminőségbeli különbségek igen tekintélyes morfológiai hatást tükröztetnek a tájképekben.

A málladék hiánya következtében tehát a felszíni víz eltűnhetik a kőzet repedéseiben. De ugyancsak a málladék hiánya következtében a növényzet is csak nehezen fogamzik meg a mészkövön. A növényzet segítségére ilyen helyen főképpen az idegen helyről származó törmelék, málladék siet. Ezek közül a szubaërikus por tán a legfontosabb. Csak mellékesen jegyzem meg, hogy ennek hullását és megmaradását az adriai karsztban nagyon akadályozza a bóra.

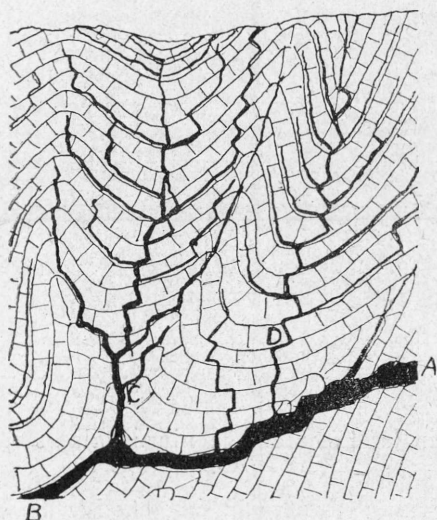
Az eltűnő víz a sziklák résein lefelé halad, ha nincs valami kitérítő ok. A barlangokat és földalatti vízfolyásokat magyarázó rajzokon a lefelé törekvő vizet gyakran ábrázolják úgy, hogy az két ferde réteg közt esúszik lefelé. Az ilyen ábrázolás a legnagyobb óvatosságot igényli. Tapasztalás szerint a mészkőrétegek érintkező felületén szokott a legtöbb agyag lenni. Tehát éppen ott legkevésbé ereszti át a vizet. Ha horizontális vagy lejtős irányban kénytelen a víz mozogni, akkor legkönnyebben megint egy vertikális hasadékot követhet éppen két réteget érintkező, agyagos lap között.

A lezivárgó esővíz szénsavtartalma aligha lehet sok, hisz az esővíz desztillált víz. Lehet azonban, hogy a mészkő felszíne sűríti a széndioxidot s a lehulló víz ezt a mészkő felületi molekulái közül kihajtva, elnyeli. Ebben az irányban még semmiféle vizsgálatunk sincs.

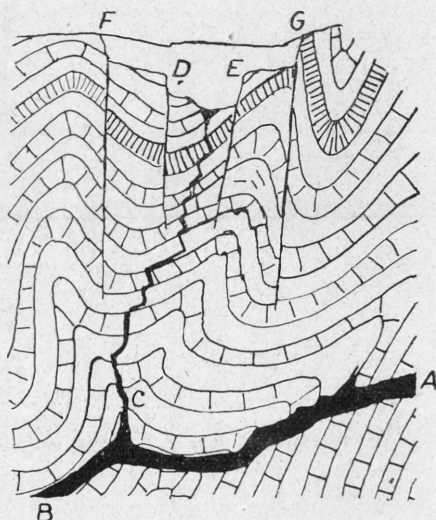
A tények azt tanúsítják, hogy a víz oldással valóban széles réseket tágit a kőzet repedései között. Ha a felszínen valami véletlen kis mélyedés több esővíz összefutására szolgáltat alkalmat, akkor az ott éppen jelenlevő vertikális repedés a többinél több vizet

nyel el, gyorsabban tárguls a vertikális, csőszerű vízfolyás lecsapolja a szomszédos mészkőrétegek repedéseiben nagy surlódással és tapadással, lassan lefelé szivárgó vizet.

Temérdek dologra kell itt megint figyelemmel lenni, amire karszttanulmányozóink eddig nem gondoltak. Amíg a víz a repedéseket hajcsövesen kitölti, addig egészen más a mozgása, mint amikor már oldás következtében a rés olyan tág, hogy hajcsövesen kitölteni nem tudja! A hajcsöves részekben a hidrosztatikai nyomás jóval kisebb, mint a tág résekben, ha azok tele vannak, még kisebb



3. ábra. Térbeli hidrográfiai rendszer keletkezése, karsztosodásra alkalmas kőzetben.



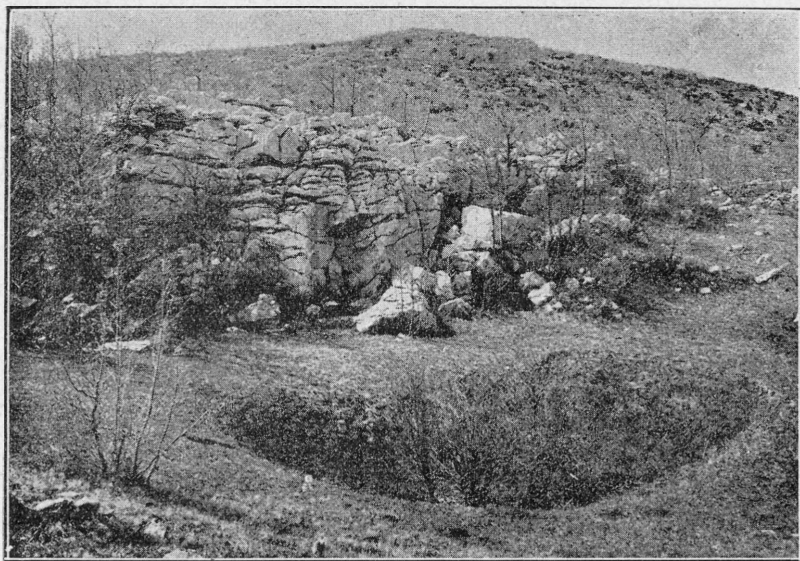
4. ábra. Közös vagy rogyott delina. A-B földalatti vízfolyás, C térbeli hidrográfiai rendszer fő folyása; D-E frissebb berogyás, F-G régiebb berogyás, dolina-perem.

a hidrodinamikai nyomás, ha a víz mindegyikben mozog. Ennek következtében az oldóhatás, széndioxid-elnyelőképeség stb. mind változik.

A fő levezető résen át lecsurgó víz körül tehát élénkebb mozgás támad, mind tágabbak lesznek a vertikális és horizontális rések, mígnem azt mondhatnók, térbeli hidrográfiai rendszer keletkezik, konszekvens főfolyással és szubszekvens mellékfolyásokkal (3. ábra). Egyenletes körülmények között ez a térbeli hidrográfiai rendszer kúpalakú felülettel burkolható, mert kétségtelen, hogy lefelé mind

kevesebb és kevesebb oldalszivárgás lehetséges, hisz minden víz felülről jut a kőzetbe. Hogy a burkoló felület valóban kúphoz hasonlít-e, vagy más, görbe vonallal készült kúpszerű forgásfelület-e, azt kísérletek nélkül bajos megmondani.

A szubszekvens kis csorgók nemsokára tetemesen kibővítik réseiket s a kőzet állékonysága kezd meggyengülni. Nagy eső után akkora bővülés keletkezhetik, hogy a sok réssel összeszabdalt kőzet megrogyik. A felszínen kis mélyedés támad, az oldalrések részben



5. ábra. Kisebb berogyás a dolina fenekén, Jelenje táján, Buccari és Fuzsine közt.

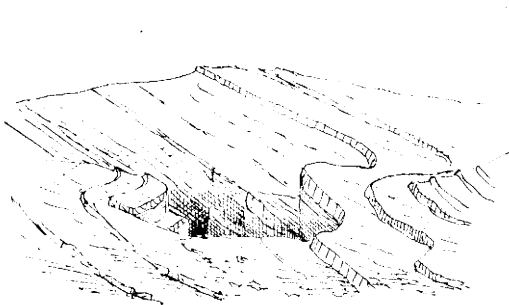
eltömődnek, de a rideg mészkőben teljesen nem. Idők multán a kis rogyások mind jobban bemélyítik a felszínt s előáll a dolina (4. ábra). Az így keletkezett dolinát *közönséges*, vagy *rogyott dolinának* lehet nevezni. Ez a legáltalánosabb típus (4. ábra).

A dolinák ilyen eredete eddigi tanulmányaim szerint is már bebizonyítotttnak tekinthető. Két esetben egészen frissen láttam a berogyást. Az egyiket Buccari fölött, a Kamenyák környékén, ahol a Lujza-út átvezet Fuzsine felé (5. ábra). A másikat a Csoklovinaibarláng fölött, Ponories környékén. Ez utóbbi meg fog jelenni az Atlas photographique des formes du relief terrestre c. nagy munká-

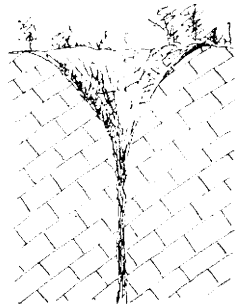
ban,¹⁾ mert erről elég jó képet sikerült készíteni. De számtalan esetben lehetett a rétegek helyzetéből a bezökkenést konstatálni. Különösen jól lehet akkor, ha a rétegek ferdén fekszenek. Ilyennek rajzát mutatja a 6. ábra, szintén a Kamenyák környékéről.

Természetes, hogy a rétegek helyzete zavaros. A mészkő egyforma, egymástól alig különböző rétegei közt nem könnyű felismerni a bezökkenést, alaposan mérni és figyelni kell az egyenetlen térszínen, de annál meglepőbb, hogy amikor egy-kettőn már felismertük a rétgzavart, milyen könnyen észrevesszük a többin, de persze csak akkor, ha a kopár felszínen a rétegeket jól lehet látni, a felület nincs nagyon elkarrosodva, vagy nem borítja növényzet.

Csodálatos, hogy a dolinát valamely erősebb vertikális folyás



6. ábra. Ferde rétegzésű terület dolinájának vázlatos nézete.



7. ábra. Domború lejtős dolina, helyesebben víznyelő.

fölött keletkezett, felszíni erózióval kimosott tölesérnek tartották! Hisz egész alakja tiltakozik ez ellen! Ebben az esetben a dolinát minden oldalról domború lejtőknek kellene határolniuk (7. ábra), pedig minden dolina lejtője homorú! A dolina lefolyó kürtőjében vertikálisan folyik a víz. A dolina lejtőjén lecsurgó víz olyan medret vájna magának, amely fokozatosan megy át a vertikálisba. Miért csinálna a dolina kürtőjénél törést? Meredeken indul le a dolina peremén, aztán esése megcsökken, 0-vá lesz s egyszerre csak megint vertikálisra fordul! Ez lehetetlenség! Vannak csakugyan ilyen töleséralakú, igen meredek, domború lejtővel határolt veszedelmes mélyedések, de azok mindig igen tág, barlangszerű kürtőknek felső nyílásai, amelyeken veszedelmes lefelé mászni, mert több

¹⁾ Ha ugyan a világháború után még lehetséges lesz együtt dolgozni a franciákkal.

száz méteres kürtőbe zuhanhatunk. Ilyen van egy pl. a Divacából San-Canzianba vezető út mellett, Isztriában. Borzalmas, több száz méter mély kürtő, a kúpad alakú széles nyílás lefelé meredekedő lejtőit bozót lepi el. A marhát óvatos távolban tartják tőle, mert sok szerencsétlenség történ már benne.

De ez nem igazi dolina. Ez *kürtőnyílás*. Ritka jelenség, valószínűleg csak igen nagy barlangok fölött fordul elő.

A dolinakürtő kevés vize is mindenesetre valami földalatti vízfolyásba ereszti a vizét az erózió bázisának közelében. Néha aztán a barlang tágul ki annyira, hogy a dolinakürtő térbeli vízrendszere nemcsak összerokkan, hanem az egész beszakad. A barlangi folyást egy ideig képes eltorlaszolni, de a víz lassankint újra utat talál. A dolina helyén vertikális falakkal környezett mély beszakadás van. Ezt *beszakadt dolinának* kell neveznünk. Tehát tulajdonképpen már nem igazi dolina, mert beszakadt. Fenekén gyakran megjelen rövid időre a földalatti vízfolyás. Elég legyen csak a sanct-canziani hatalmas beszakadt dolinákra utalnom, amelyek az irodalomból jól ismeretesek.

A normális dolinák térbeli vízhálózatában a szubszekvens rések mindig tovább és tovább vágódnak visszafelé, mindig nagyobb és nagyobb területet csapolhat le ugyanaz a kürtő. A már meglevő dolina körül ennek következtében még nagyobb terjedelmű berogyás keletkezhet s ez persze a már kész dolina megsüllyedését is magával hozza. Később ismét csak a dolina közepe zökkenhet alább. Így aztán a dolina oldallejtője lépcsőzetes lesz s ezt a kertészek örömmel fel is használják. A dolinát lépcsős kertek veszik körül, de óvatosság legyünk, mert a lépcsőzés mesterséges is lehet!

A nagyon kiterjedt dolinát a terra-rossa eldughatja s a dolina fenekén állandó, vagy legalább tartós életű tó gyűl meg.

A karszttünemények legrejtelmesebb részlete mindenesetre a *polje*. Ez lefolyástalan — már t. i. felszíni lefolyás híján levő — nagyobb medence a karszt-felvidéken. A balkáni karsztos területeken számtalan van, hazánkban még nem ismerek ilyen képződményt, csak nyomait.

A polje hossza több kilométer, szélessége több száz, esetleg szintén néhány ezer méter lehet. A medence határolása rendszeren meredek, sziklás fal, fenéke tőzeges, mocsaras, néha kavicsos, homokos, de ez alatt néha szintén mészkő, de rendszeren idegen, karsztosodásra nem alkalmas kőzet van. Még pedig — s ez a különös,

ez az idegen kőzet lehet a mészkőnél idősebb és lehet nála fiatalabb. Mészkőfenekű poljét csak leírásokból ismerem. Magam mindig csak olyanokat láttam, amelyeknek feneke más kőzetből volt.

Keletkezésüknek megértése végett némi elméleti meggondolásokot kell előre bocsátani.

A mészkő-felvidék nyugtalanul fekvő rétegei rendesen egy szintben le vannak tarolva. A legtöbb karszt-felvidék, amit ismerem, régi tönkfelület, amely fel van emelve. Ilyen a Béli-hegység, a Királyerdő, a gömöri mészkőplatók, a murányi plató, a borsodi Bükk, de ilyen a Karszt is. Hogy lehet ez? Egyszerű oka van ennek. Legtöbb magaslatunk fölemelt tönk. Minden hegyvidék előbb-utóbb lepusztul, tökéletlen síksággá lesz, aztán ismét „en bloc“ felémelkedik s megifjodik. Normális kőzetben a megifjodás abban áll, hogy újra összevagdaltják a folyók, a fölemelt tönkfelületből enyhe halomvidék lesz.

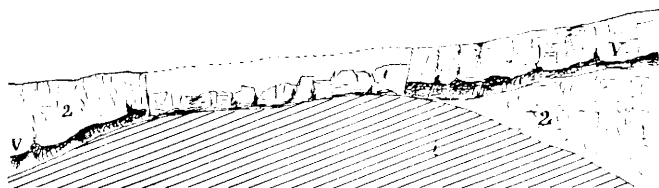
A mészkőből álló tönkfelületek azonban sokkal tovább megőrzik külső alakjukat, mert a pusztulás a hegy belsejében folyik, a mállás pedig igen keveset, majdnem semmit sem rombol a felület felszínéből.

A régi tönk tehát csak a dolinák és poljék süllyedéseiben árulja el azt, hogy a hegy belsejében nagy anyaghiány van. Át- és átlukgatott, üreges felépítésű tehát az ilyen hegy s mélyen alatta elrejtve fekszik az a régibb kőzetcsoporthoz, amelynek egyenetlen felszínén a zavaros mészkőrétegek nyugszanak. Némely helyen a mészkőtömeg vékonyabb, más helyen vastagabb.

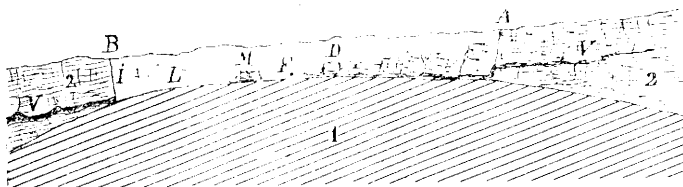
A mészkőtömeg belsejében lévő víz a mészkő alatt fekvő, víz-áttnemesztő kőzet felszínének közelében mozog s mozgásainak irányát részben ez az alapkőzet, részben az egész hegyre vonatkoztatott erózióbázis helyzete szabja meg. Így pl. az adriai karsztban a víz nagy része mindenesetre a tenger felé, más része pedig a Száva felé mozog. Ilyen körülmények között esetleg ugyanannyi víz áramlik el a mészkőtömegnek vastag és vékony részein is. Mindkét részben ugyanannyi kioldás, ugyanannyi üregképződés tehető föl. Ámde ugyanannyi üreg képződése a vastag mészkőtömeg állékonyságát nem veszélyezteti, míg a vékony mészkőtömeg veszedelmes helyzetbe kerülhet.

A mészkőhegy olyan építménynek tekintendő, amely nagy darab, egymáshoz meglehetősen hozzáillő, de össze nem ragasztott, rendetlen alakú kövekből van felhalmozva. Ha a kövek közt a vertikális és horizontális réseket kitégítjük, egyes pontokon igen erős

nyomás fog keletkezni, amely végre a kő törésére vezet. A kövek egyszerre nem szorulnak egymáshoz, a kőzet belsejében lévő üregek boltozatai tehát nem állhatnak meg. Bőomlások keletkeznek, meg-súlyedések, beszakadt dolinák stb. Ezzel a földalatti víz könnyű lefolyása megakad. Nagy nyomással, újult erővel kezdi tehát a víz a mészkő belsejét megtámadni s nem is nagyon hosszú idő múlva ismét előállítja az üregek keresztmetszetének azt az emésztőképességét, amelyre a lefolyásra törekvő víznek szüksége van. A meg-rogyott, megvékonyodott mészkőtömeg most még kevésbé állékony s a hézagok kitágulása miatt újra berogyások keltkeznek; s ez így megy szakadatlanul.



8. ábra. Vékony mészkőtömeg berogyása.



9. ábra. Kopott, vagy denudált polje vázlatos szelvénye.

Azt mondhatjuk tehát, hogy ahol a mészkő vékony, ott a karsztosodás nem fejlődhetik ki, mert a mészkőburkolatnak nincs elég állékony-sága (8. ábra). Minduntalan berogyik s lassankint az egész tömeg az erózió és az oldó hatás áldozata lesz s a mészkő teljesen lepusztul az alatta lévő, vízátmeresztő kőzet felszínéről. Az általános mészkőtakaró alól tehát előbukkan a normális, régibb kőzet, a környező, elég vastag, tehát állékony mészkő függőleges falakkal végződik a normális kőzet felszíné felé. A víz a falak alól valahol előbukkan s a normális kőzet felszínén végig futva, a másik oldalon eltűnik, hogy folytassa földalatti útját. Helyenkint talán még megvannak a berogyott, hajdani mészkőtakaró nyomai, mint

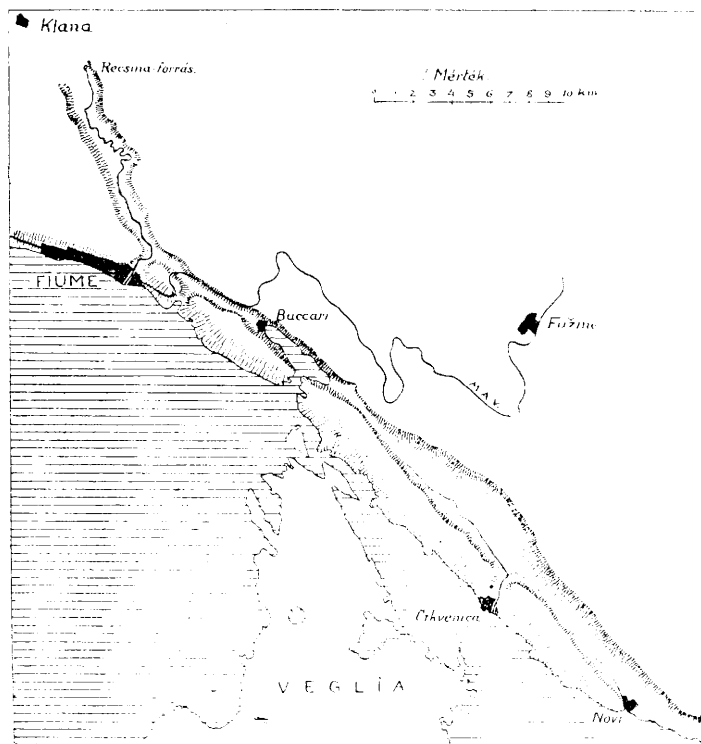
a polje fenekén emelkedő szirtek, esetleg még a berogyott hely egy részét egészen fedi a mészkő. Ilyen poljét mutat 9. ábránk. *A* és *B* helyek közt volt a mészkő olyan vékony, hogy nem bírta ki a karsztos üregelest, tehát berogyott. A berogyott anyagból *I* és *D* helyek közt mindent elpusztított a víz, csak *M* szirt maradt még meg. *D*-nél bukkan elő a karsztvíz, *I*-nél újra eltűnik. Ez a rajz vázlatos hosszanti metszete a Fuzsine-poljének. *F*-nél van Fuzsine, *I*-nél Lič, *A*-nál Jelenje a Lujza-út mellett, 1. az előbukkanó régi pala, 2. a mészkő. Ennek rétegzését nem tüntettük fel, mert először is oly zavaros, hogy alig ábrázolható. Másodszor a metszet a rétegcsapások irányában halad és végül a poljeképződés megértésére nézve lényegtelen.

A mészkő kivékonyodása következtében keletkezett poljét bátran nevezhetjük *kopott poljénak*, mert a vékony mészkő nem lévén elég állékony, lekopott, a felszíni denudációhoz hasonló pusztulásnak esett áldozatul. A falak malterburkolatában keletkeznek hasonló, meredek peremmel határolt kikopások.

A mészkőburkolatok rendesen elvékonyodva végződnek az alapkőzet felett. Ez az elvékonyodott rész karsztosodásra nem alkalmas, nem elég állékony. Nem bírja el az üregesedést. Ezért lepusztul. Ez az oka annak, hogy a mészkőtömegek, mint takarók, rendesen meredeken, szakadékos falakban végződnek az alapkőzet felé. Kitűnő példája ennek a rozsnýói medence, amelynek déli oldalán a szilicei plató hirtelen emelkedik ki. Krasznahorka várának mészkőszirtje tanuskodik a mészkőtakaró hajdani elterjedéséről, de a megvékonyodott rész karsztosodásra nem volt elég állékony s lekopott. De így végződik a pelsőczyi plató is észak felé, ilyen a murányi plató végződése minden oldalon. Természetes, hogy a megvékonyodás hirtelen, vetődések mentén is történhet s akkor a megmaradt mészkőfalak a tektonikus vetődés mentén emelkednek s első pillanatra csakis ezeknek volnánk hajlandók tulajdonítani azt, hogy a mészkő ott megjelenik. Ha a mészkő felszíne egy szintben volna az alapkőzet felszínével, akkor csakugyan semmi kétség sem lehetne eziránt. De hova lett a mészkő folytatása? Ennek egészen természetes és egyszerű magyarázata a lepusztulás normális módon, a mészkőburkolat vékonysága miatt.

Általában a mészkőburkolat szilárdságában, a barlangi vízfolyások irányulásában döntő szerepe van a tektonikus vonalaknak, ezt kétségbe vonni képtelenség, de az előállott felszíni formák magyarázatára ezek a tektonikus elmozdulások nem elegendők. Ezek-

nek csak irányító szerepe volt a formák keletkezésében s megszabták a karszt-tümenények kifejlődésének egész lényegét. A fuzsinei polje helyzetét, alakját mindenesetre tektonikus vonalak határozták meg, de a polje keletkezése maga karsztos tümenény. Temérdek félreértésre és vitára adott ez alkalmat, pedig oly egyszerű, oly természetes, hogy elfogulatlan meggondolás után szinte önként oldódik meg a kérdés.

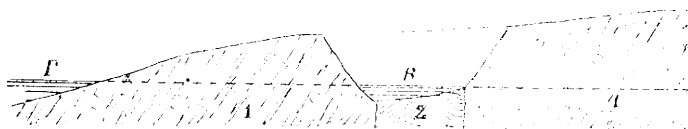


10. ábra. A Rečina-Vinodol-árok vázlatos térképe

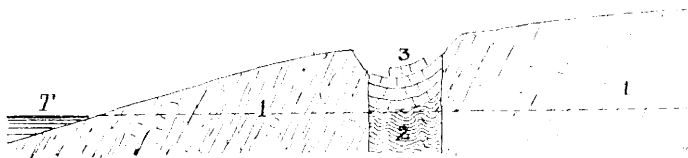
Sokkal nehezebb feladat előtt állunk akkor, amikor a polje fenekén feltűnő normális kőzet *fiatalabb*, mint a felette emelkedő falak mészköve! Ilyen eset áll előttünk a Vinodolban, a Buccari-öbölben s ezek összekötő részeiben. Vinodolnak nevezzük azt az árokszerű, hosszú mélyedést, ami Novitól egészen a Buccari-öböl végéig nyúlik végig. Tipikus karsztképződmény ez, amelynek megoldása megoldja mindazokat a nehéz problémákat is, amelyek Bosznia, Hercegovina, Montenegro hasonló szerkezetű poljeiben felmerülnek.

A 10. ábra ennek a csodálatos ároknak vázlatos rajzát mutatja. A Recsina felső völgye felett, messze kezdődik Klana vidékén ez az árok. Innen egészen a Recsina nevezetes könyökéig Tersatto felett az árok iránya *NNW—SSE*. Csupa mészkő az árok mindkét oldala és feneke is; a Recsina barlangi, Vacluse-típusú forrásából előbukkanva, mélyen belevágódott a mészkőbe, nagyrészt barlangi eredetű, szakadékvölgygel.

A Recsina Tersatto vagy Trsat fölött elhagyja ezt a hosszú árkot s keresztben, biztosan barlangi eredetű futással áttöri a parti láncokat s mint Fiumara ömlik a tengerbe. Az árok azonban délkelet



11. ábra. Átmetszet a Buccari-öblön keresztül. T tenger, B Buccari-öböl, 1. kréta-mész, 2. fliss.



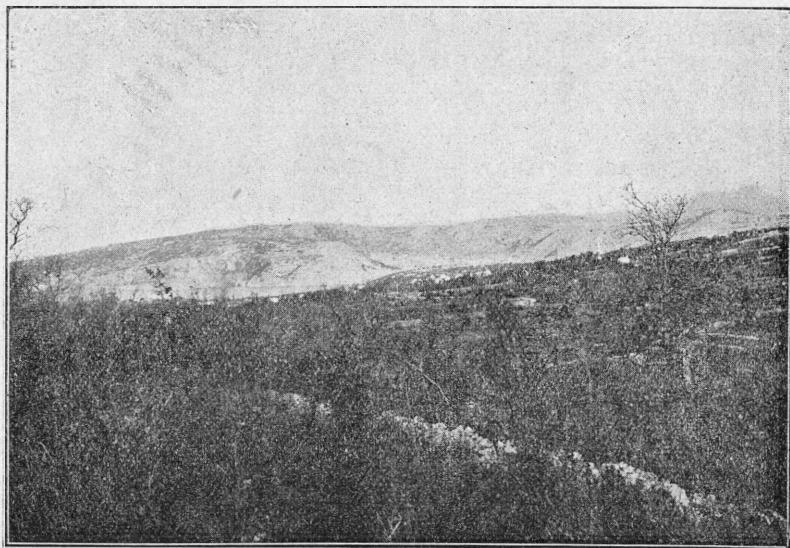
12. ábra. Egyszerűsített átmetszet Sveto-Kuzma táján. 1. kréta-mész, 2. fliss, 3. Nummulites-mész.

felé folytatódik, Orehovica kis házesoportnál alacsony, völgyi vízválasztóra jutunk s onnan lemegyünk Draga falu völgyébe, amely már megint egy keresztirányú szakadékkal, a Martinsiczai-öbölbe adja le a vizét. Sveto-Kuzma helység megint vízválasztón van, de még mindig az árokban. Innen meredeken vezet le a kígyózó út Buccariba. Itt van az árok legmélyebb része, mert itt, megint egy keresztirészen, a portórei csatornán keresztül, elöntötte a tenger. Legmélyebb helyén, közel a kijárához, mintegy 44 m mély a víz.

Az öböl délkeleti zugában fekszik Bakarac falucska. Innen megint völgyi vízválasztóra kell felmászunk, hogy átérjünk a festői Drvenik vár közelében az igazi Vinodolba. Festői szép, széles völgy ez, vizei ismét keresztirányú hasadékon át, Crkvenicánál öm-

lenek a tengerbe. Délkelet felé Krcina táján van az utolsó völgyi vízválasztó s a hosszú árok legdélibb része Novinál eléri a tengert.

Ebben a hosszú árokban megjelenik több helyen a fliss. Tudjuk, hogy ez a környező terület mészköveinél fiatalabb, mert a mészkövek itt felsőkrétakoriak, a fliss pedig (homokkő, agyagos palák stb.) eocénkori. De előfordul mészkő magában az árokban is, azonban ez a mészkő is eocénkori, nummuliteseket tartalmazó, a felsőkrétakoritól meglehetősen elütő, jóval fiatalabb.



13. ábra. A Buccari-öböl környékének fényképe, mutatva a tenger felé lejtő nagy felszínt.

Egészen vázlatosan az árok átmetszetét a Buccari-öbölben a 11. ábra mutatja, míg a 12. ábra ugyanilyen metszetet mutat Sveto-Kuzma táján, ahol eocén-mészkő van a fliss felett. Meg kell jegyeznünk, hogy úgy a mészkő, mint a fliss zavarosan, sok töréssel összetörve, erősen gyűrve fekszik, a fliss kevésbé, mint a mészkő, de kétségtelenül szintén igen nyugtalanul.

Nagy kérdés már most, miként került bele ebbe a hosszú árokba a mészkőnél fiatalabb fliss, itt-ott a flissnél is fiatalabb nummulites-mészkővel együtt? A dolog annál érthetlenebbnek látszik, mert az egész terület — amint különösen a 13. ábra fényképe és előbbi metszeteink mutatják — tulajdonképen erősen le-

tarolt, elegyengetett régi felszín, amely ma csendes görbülettel fel van emelve.

Ennek tudatában, kövessük már most itt a tektonikus történetet, hogy a kérdés bökkenőjét világosan megértjük.

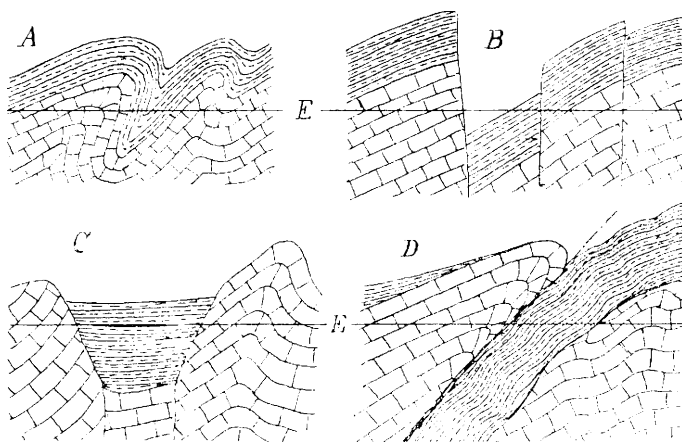
A mészkőrétegek mindenestre vízszintesen települtek le eredetileg, azután igen erősen összegyűrődtek, mert hisz a Vinodol árának környékén mindenütt igen meredek rétegállásokat figyeltünk meg, sokszor egészen vertikálisan állanak. Hogy a fliss a gyűrődéseket megelőzőleg, eredetileg konkordánsan települt-e a mészkőre, vagy pedig a rétegek már ki voltak mozdítva nyugalmukból, amikor a fliss rátelepedett, azt ezen a tájon nem tudjuk eldönteni. Más vidékeken szerzett tapasztalatokból következtethetjük, hogy a fliss már zavart, sőt részben denudált rétegek tetejébe rakódott le. Hogy a fliss összefüggő takaró volt-e, avagy csak egyes pásztákban rakódott-e le, pl. a mai dalmáciai szigetek közt levő csatornákhöz hasonló mélyedésekben, azt is bajos eldönteni. Egyelőre ez teljesen mellékes. Annyi bizonyos, hogy később a fliss is meggyűrődött, sőt a felette levő eocén-mész sem fekszik nyugodtan. Erős összegyűrődés, vetődés vette igénybe tehát a mészkövet és a flisst is.

Azután következett a denudáció. Egyetlen felszín állt elő. A felszín letarolása egy szintbe hozta a mészkövet, a homokkövet, az eocén-mészet mind. A felszín felemelkedése előtt tehát tökéletlen síkság volt itt, a síkságon keskeny homokkő pászta nyúlt végig, helyenkint eocén-mészkővel váltakozva.

Miként került bele ide a kréta mészkő közé a fliss? A 14. ábra mutat néhány lehetőséget. Lehet, hogy a fliss általános takaró volt és egy szinklinálissal került a denudációs felszín alá. Lehet, hogy ugyanez az általános takaró hosszú pászta alakjában, két vetődés közt súlyodt bele a mészkőfalak közé. Az is lehet, hogy a tektonikus árok egészen készen volt már, amikor a fliss betelepült a Morlaccacsatornához hasonló tengersizorosba. Még más kombinációkat is feltehetünk, de annyi bizonyos, hogy a felszín letarolása után közvetlenül, minden kőzet ugyanabban a megszakítatlan felületbe denudálódott. Lehetetlen, hogy a fliss ekkor mélyebben denudáltatott volna, mint a kréta-mészkő. Lehetetlen, hogy a tökéletlen síkság felszínében egy olyan meredek falakkal határolt, mély árok képződött volna, mint amilyen a Vinodol, vagy a Buccari-öböl, tisztán denudációval. Az erózió bázisa ebben az időben a denudációs felszín közelében volt, ennél mélyebben semmi sem denudálódhatott. A denudáció befejeztekor tehát még nem volt meg a Vinodol—Buccari-árok, akkor csakis

egyetlen, összefüggő felszín terjedhetett ki a tengertől egészen messze be a Karsztvidék mai helyére.

Ezután következett a felszín felemelkedése. Ma is még gyönyörűen felismerhető ez a felszín az árok mindkét partján, különösen szélesen a Reccina felső völgyétől nyugatra, a Castuai platón. Nagy dolinák lyukgatják be az eredeti felszínt, de ezek nem teszik felismerhetetlenné. Különösen óriások a Buccari-öböltől északkeletre fekvő mejai és praputniki dolinák, de azért a felszín minden nehézség nélkül követhető egészen a még magasabbra kiemelt Malohost,



14. ábra. Fliss-rétegek bejutása a kréta-mészkő közé. A szinklinális begyűrődés, B árkos sülyedés, C sülyedt árokba bele-rakódás, D áttolás. Ezeken kívül még számtalan módja lehet a bejutásnak.

Trebestin-, Svib-láncokig, amelyekről a fiumei vasút nagy kanyarulatokkal ereszkedik alá erre a mi felemelt felszínünkre.

A hosszú árok besülyedésének a letarolt felszín felemelkedése után kellett bekövetkeznie. Ez kétségtelen, megcáfolhatatlan, elvitáztatatlan tény. Lehetetlen, hogy a felszín egyenletes, szép felemelkedésében csak éppen ez az árokszerű rész nem vett volna részt. Ez teljesen kizárt dolog.

És éppen ez a rendkívül feltűnő, szinte érthetetlen jelenség. A felszín felemelkedik, mint a tenger felé lankásan, egyenletesen kissé domborúan lejtő felület s akkor ebben a felületben képződik egy hosszú árok, amelynek fenekén mindenfelé a felület többi részénél fiatalabb kőzet bukkanik elő. Az árok csakis ott van, ahol fiatalabb kőzet bukkanik elő.

labb kőzet van befoglalva az idősebbek közé. Az ároknak egyetlen egy helyén sincs krétakori rétegsomó besülyedve.

Közönséges tektonikus és eróziós folyamatokkal megmagyarázni a jelenséget, lehetetlenség. Nézzük sorra a lehetőségeket.

1. Az árok utólagosan tektonikusan besülyedt. Közönséges tektonikus árok, olyan, mint a vörösvári, vagy a móri völgy. Ez lehetetlenség. Miért csak éppen a közbecsüptetett fiatalabb kőzet sülyedt be? Ha vetődések érik a felemelt felszínt, azok nem respektálják a kőzet korát, a vetődések keresztül vágnak minden tekintet nélkül a kőzet minőségére. Rövidebb, egészen egyenes darabon ez a csodálatos véletlen tán elképzelhető volna, de itt, ilyen hosszú darabon, amely még a Recsina-könyökénél meg is törik! Ez lehetetlen. Ilyen véletlenekre nem szabad gondolnunk. Azt is meg kell jegyeznünk, hogy a sülyedés ott kisebb, ahol a fliss fölött még nummulites-mészke is van, de ott is van sülyedés. Tehát még ezt is respektálta volna a tektonikus elvetődés! Olyan elképzelhetetlen véletlent kellene feltennünk, amilyennek tudományos okoskodások terén helye nincs.

2. Feltehetnők, hogy közönséges felszíni erózió távolította el a puha flisst mindenütt, ahol nummulites-mészke nem védelmezte. Ez sokkal könnyebben elképzelhető, mint a tektonikus besülyedés. A csapadék, a mállás, a szél, mind könnyebben támadják meg a fliss felszínt, mint a mészke felszínét. Mélyedés támad tehát a felemelt felszínen, a fliss-sáv mentén, megindul rajta a normális, felszíni vízfolyás, de persze minduntalan letérül róla, mert amint a flissen folyó patak oldalkanyarulataival eléri a mészkevet, azonnal eltűnik benne valami ponorral. Így keletkezhetek a Recsina alsó völgye, a Martinsicza-, Portoré-, Crkvenica-kapuk, amelyeken át csakugyan a fliss-sáv vizei jutnak ki a tengerbe.

Nagyon plauzibilisnek látszik ez a magyarázat első pillanatra. De néhány tény mereven ellentmond ennek s lehetetlenné teszi. Először is nemcsak a fliss van megsülyedve, hanem a nummulites-mészke is, habár kisebb mértékben. Másodszor a Buccari-öbölben a tenger színe alá sülyedt a fliss vagy 40 méterrel. Ilyen mélyre az erózió nem hatolhatott. A Buccari-öböl semmi esetre sem eróziós eredetű, ez teljesen lehetetlen. Végül pedig, ha a Vinodol pl. eróziós eredetű volna, akkor abban a fluviális képződményeket, terraszokat, kavicsokat szépen kifejlődve kellene megtalálnunk. Ehelyett azonban csak igen durva törmelék és *karszt-breccsa* található benne, amelyek nemhogy erősítenék, hanem éppen a leghatározottabban cáfol-

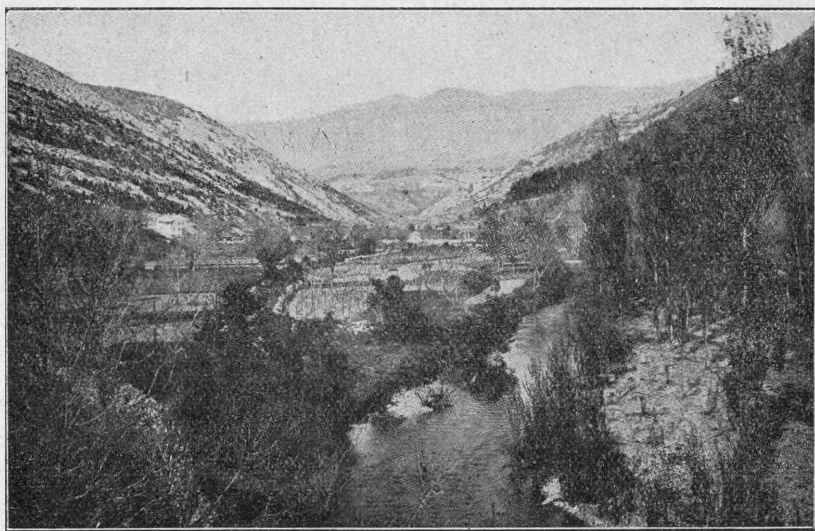
ják az eróziós eredetet. A karszt-breccsáról alább még bővebben lesz szó. Erózióknak minden esetre van nyoma a fliss felszínén, de ez utólagos, másodlagos jelenség, a Vinodol, a Buccari-öböl és a Draga-völgy eredetét meg nem magyarázza. Sőt a felső Recsina-völgy megsülyedt eocén-mészkövére éppen nem alkalmazható!

Az árok eróziós eredetét tehát el kell ejtenünk.

3. Felmerülhet az a hipotézis is, hogy a felemelkedés előtt talán még nem volt ott a fliss, hanem a hasadékokat is kréta-mészkö töltötte ki. Azután keletkezett a hosszú árok, mint egyszerű tektonikus árok, ezt elöntötte a tenger s ebbe rakódott bele a fliss. A dalmáciai szigetek közt vannak ilyenforma, hosszú tengersizorok s azokban csakugyan képződhetik fliss.¹⁾ Ennek a merész hipotézisnek homlokegyenest ellene mond a tények egész sorozata. Először is a dalmáciai szigetek közt sehol sem ismerünk ilyen hosszú, keskeny árkot, hanem csak rendetlen csatornákat, amelyekben a parti képződmények könnyen felismerhetők. A Vinodolban parti képződményekről szó sincs. A karszt-breccsát elnézheték parti kaviesturzásnak, de gondosabb megfigyelés meggyőzhet arról, hogy ez teljes tévedés. A csatornaelméletnek ellene mond másodszor az a tény, hogy a fliss az árokban nem fekszik nyugodtan, hanem erősen meg van zavarva, meglehetősen meredek rétegállásokat figyelhetünk meg. E szerint tehát a csatorna szélessége eredetileg nem olyan volt, mint ma, mert hisz ha a megzavart flissrétegeket vízszintessé kiterítve képzeljük, sokkal nagyobb helyet foglalnak el, mint így. A széles csatorna tehát ismét összenyomódott, megszűkült, olyan csodálatosan szabályos, párhuzamos szélű árokká, hogy megint lehetetlen véletlent kell odaállítanunk magyarázatnak. Harmadszor felvethető az a kérdés, hogy honnan származik a keskeny árokban a fliss anyaga? Köröskörül minden mészkö, hogyan kerülhetett ki ebből homokkő? Agyagrétegekkel még csak meg lehetne barátkozni, de a fliss homokkővének anyaga nagyon messziről kerülhetett ide! Hatalmas, regionális elterjedésűnek kellett a flissnek lennie, mert hisz sok hasonló sávban előfordul a Quarnero körül s mindenesetre elterjedt addig a hegységig, valószínűleg a normálisan denudált Zrinyi-hegységig, ahonnan ez a klasztikus anyag származhatott. Negyedszer: mi van a Svetokuzma alatt levő, szintén megsülyedt nummulites-mészkövel? Az

¹⁾ Ezt a feltevést, nem mint lehetőséget, hanem mint bebizonyítottnak vélt tényként említette fel Lóczy Lajos dr. erről a kérdéssel tartott előadásom alkalmával 1915 februárius havában.

is az árokban rakódott le? Hát az árok többi részéből hova lett? — Ötödször említem fel a legfontosabbat. Ha a fliss a tönkfelület föl-emelkedése után rakódott le, hogyan lehet az, hogy a felemelt felszín többi része a paleogén korszak óta olyan épségben fennmaradt? Elképzelhető, hogy az egész neogén időszakban megmaradt ez a karsztos felszín érintetlenül és változatlanul s csak dolinak képződtek rajta? Ez abszurdum. De hisz minden kétséget kizár, hogy a felszín képződése és felemelkedése lényegesen fiatalabb, talán pliocén és pleisztocén. Ha az ároknak fliss-sel való kitöltődését a felszín



15. ábra. Kilátás a crkvenicai kereszt-völgyből a Vinodolra. Hátul a grizsanei vertikális sziklafalak látszanak, a planina-perem éles vonalával lezárva.

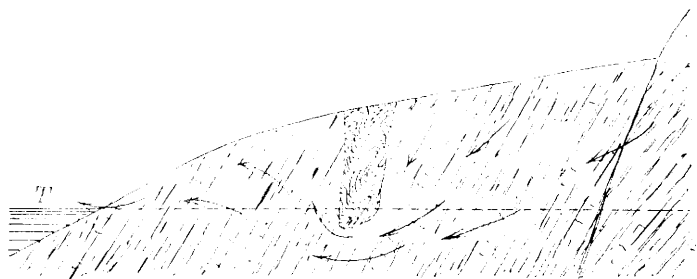
letarolása és felemelkedése előtti időkre tesszük, akkor a fliss felszínének a mészkő felszínével egybe kellene esnie, amint azt már feljebb bebizonyítottuk.

Utoljára említem fel azt, hogy aki látta Grizsane és Belgrad táján a Vinodol árkanak juvenilis jellegét, a hatalmas sziklafalakat, a rengeteg omlásokat, törmeléket, stb., az rögtön tisztában van, hogy egészen fiatal besülyedéssel van dolgunk s nem egy egész geológiai kor, hanem csak a legrövidebb legutolsó korszakok választhatnak el bennünket a forma keletkezésétől.

A csatorna-elmélet tehát valamennyi között éppen a legtarthatatlanabb!

Ez a három normális lehetőség: a tektonikus árok, az eróziós völgy és a tengeri csatorna-elmélet tehát nem alkalmazható erre az esetre. Valami más megoldásra kell gondolnunk. Mivel ilyen eset a Karsztban több is ismeretes, nem karsztos területen pedig ismeretlen, tehát joggal fel kell tennünk, hogy a karsztosodással áll összefüggésben. Ezzel egyszersmind kénytelenek vagyunk *Penck*-nek ellentmondani, mert ő a poljeképződést nem tartotta szükségképpen karsztos jelenségnek. A Vinodolhoz hasonló képződmények azonban a Karszt kivül egyebütt absolute nem ismeretesek. A középrajnai medencéhez hasonló tektonikus árok világosan felismerhetők, egészen mások, mint ez a csodálatos hasadék.

Ha a karsztos jelenségekkel áll összefüggésben ez a tünemény, akkor magunk elé kell képzelni az eredeti helyzetet, hogy a karsztos tünemények hatását megérthessük.



16. ábra. A Karszt tönkfelülete a felemelkedés után, az árokképződés előtt.
A nyílak a karsztvíz mozgásának irányát jelölik.

Amikor a letarolt mészkőfelszín felemelkedett mai nivójára, akkor még a hasadék is ki volt töltve a felszínig, amint a 16. ábra mutatja. A mészkő tehát becsiptetve tart egy keskeny sávot a flissből, amely természetesen nem nyúlik le mélyen, hisz fiatalabb a mészkőnél. Az idegen kőzetet két vetődéslap határolja mindkét oldalán. Alatta szintén mészkő van.

Némely helyen olyan keresztmetszetet látunk, ahol a flissel együtt a fölötte fekvő nummulites-mészkő is bejutott a kréta-mészkő közé. Itt tehát a fliss mindenesetre jóval mélyebben nyúlik le a mészkőbe, mint olyan helyen, ahol az eocén-mészkő már nem jutott bele a hasadékba s ennek következtében denudálódott.

A tenger felé lejtő felszín alatt a mészkő belsejében temérdek víz mozog lefelé, a tenger felé. A hasadék előtt a víznek széles, helyesebben magas mészkőkeresztmetszet áll rendelkezésére,

amelynek hézagaiban, barlangjaiban, üregeiben tovább mozoghat. A Vinodol és a tenger közt megint magas, bő keresztmetszeten át találhatja meg az útát. De a felülről zsiliptábla módjára lenyúló homokkő és pala-tömeg alatt a karsztvíz lefolyására szükséges mészkőkeresztmetszet nagyon megszűkül! Ugyanazon vízmennyiség átfolyása itt, a homokkő alatt sokkal nagyobb sebességgel történik, mint ott, ahol a mészkő egész tömege a víz rendelkezésére áll.

Mint a zsiliptábla alatt a nyílt vízmederben, itt is nagy sebességű, tehát gyorsan erodáló és oldó vízfolyás keletkezik.

Ez nem hipotézis, hanem a tények logikus következménye.

A homokkőpászta alatt tehát sűrűbben egymás mellett fekvő, nagyobb méretű üregek támadnak, mint a mészkő többi részében. És éppen ez az erősen összefurkált, aláásott rész van megterhelve a barlangképződésre teljesen alkalmatlan fliss-sel.

A vége tehát az lesz, hogy a fliss terhe alatt ez az összehyukgatott rész berogyik s a fliss-pászta megsüllyed. A víznek ismét megnehezedik az útja! A Vinodol mögött felduzzad, nagy sebességgel rohan el a fliss alatt s folyása csak a Vinodolon túl, a tenger felé csöndesedik meg ismét. Újra kezdődik a folyamat s megint zökken egyet a fliss-pászta befelé.

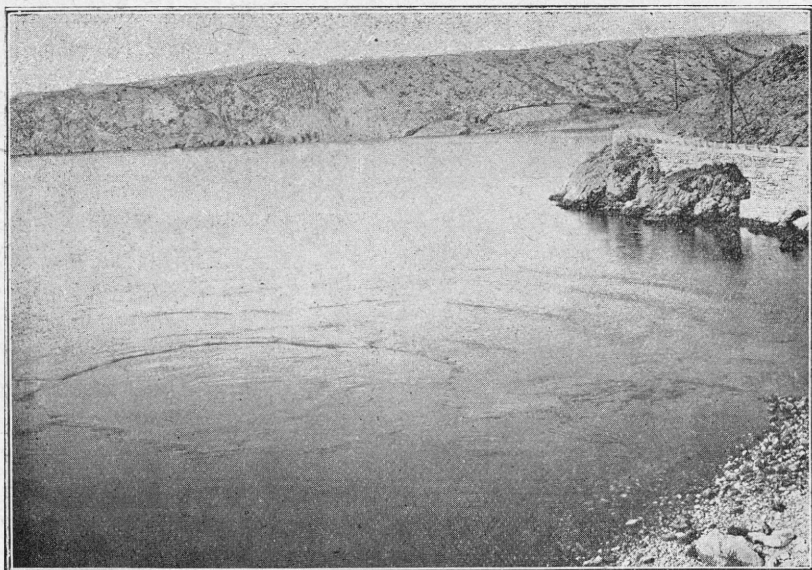
Lehet, hogy alsó éle már az erózió bázisát is elérte, a karsztvíz még mindig alul kerül meg, mert felső szélé még mindig a normális karsztvíz színe fölé emelkedik. A karszt minden hézagát kitöltő árvíz idején meglehet, hogy már a lesüllyedt fliss-pászta fölött is előtör a karsztvíz, források alakjában s elönti a fliss tetejét, amint ez poljékon szinte jellegzetesen megtörténik! De azért az alsó kimosás nem szünetel s csak amikor a fliss felső színe is az erózió bázisa alá kerül, akkor szűnik meg az alsó átfolyás és minden víz a besüllyedt fliss felszínén bukkan elő!

E szerint tehát a fliss azért süllyed be, mert karsztosodásra nem alkalmas, idegen test, amely a körülötte folyó karsztos tüneményekben nem vesz részt, hanem az erózió mértékének megfelelően süllyed alá.

Ahol a fliss eredetileg olyan mélyre került, hogy a fölötte fekvő nummulites-mészkő is még belejutott a hasadékba, ott a fliss alatt dolgozó erózió a jobbra és balra való kitérés lehetősége miatt az üregkészítés mértéke nem lesz nagyobb, mint a kevésbé mélyre süllyedt fliss alatt. Itt is történik berogyás, de az átfurkált mészkő-tömeg kisebb magassága miatt a berogyás mértéke is kisebb lesz. Ez az oka, hogy az eocén-mészkővel fedett fliss-részletek ugyan

szintén besülyedtek, de nem annyira, mint az eocén-mésszel nem fedett fliss-pászták.

A Buccari-öbölben a fliss a tenger színe alá süllyedt, de csak külső, a kapuhoz közel lévő részével jelentékenyen. Bakarac mellett, általában az öböl északkeleti partszegélyén a fliss mindenfelé előbukkanik a parton. Ott tehát a fliss csak éppen a tenger színéig süllyedt. Mielőtt eddig lesüllyedt volna, felszínén már az erózió tekintélyesen dolgozott s felszínét a kapu felé lejtősödővé tette. Így látjuk ezt ma Grizsane alatt, a crkvenicai kapu fölött is. Ha a fliss,



17. ábra. Tengeralatti forrás a Buccari-öböl északkeleti oldalán

kisebb földrengések kíséretében ott is lesüllyedne annyira, hogy északkeleti, magas pereme a tenger színéig jutna le, akkor a crkvenicai kapu előtt szintén nagyobb mélység keletkeznék a Buccari-öbölhöz hasonló módon.

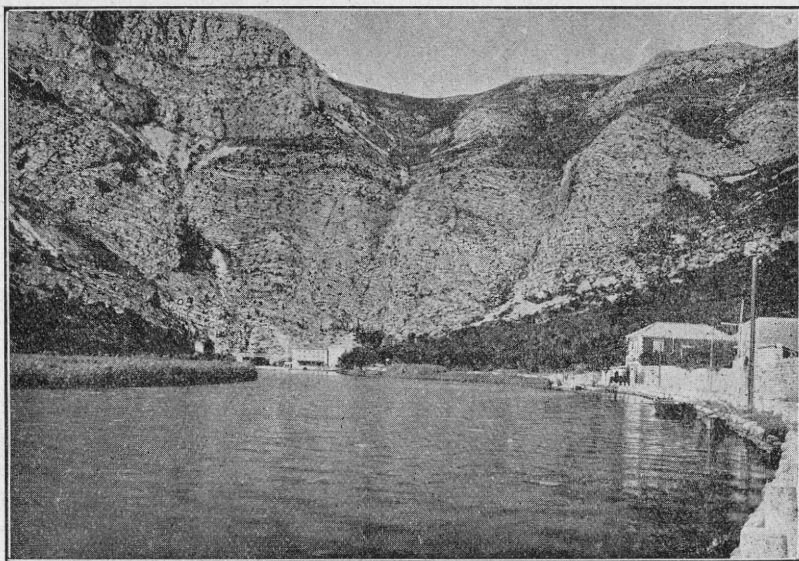
A Buccari-öbölben a fliss legmagasabb pereme elérvén a tengert, a karsztvíz nem került meg többé alulról, hanem fölötté bukkanik elő. Buccari és Bakarac között, az öböl északkeleti partszegélyén több, mint 150 forrást olvastam meg. Némelyik a tengervíz alatt bukkanik fel (17. ábra).

Sehol a Vinodol mentén, az Adria partján ma nem bukkan

elő annyi karsztvíz, mint éppen a Buccari-öbölben. Világos tehát, hogy itt igen sok karsztvíz talál utat a tenger felé. Ez az oka, hogy ez a rész jobban meg is süllyedt, mint a többi rész.

Érdemes volna figyelemmel kísérni, hogy nedves évek után nem jelentkezik-e a Vinodol mentén sok apró földrengés? Mindegyik a flissnek egy-egy mélyebbre zökkenését jelentené.

A dolog gyorsan haladhat előre, mert a Vinodolban Grizsane táján a sziklafalak rendkívül juvenilisek. Rengeteg törmelék fedi a fliss széleit, durva, szinte sivatagi jellegű, szögletes darabokból, tus-



18. ábra. Ombla-forrás a Gravosa fölötti planina lábánál. A kép közepén rogyott dolina metszete látszik.

kókból, legördült sziklákból álló, igen meredek törmelékhalma, amelyen majdnem semmi növényzet sincs, tanúsítva, hogy még mindig mozog, folyton és elég gyorsan képződik. Emiatt nagyszerű a Vinodol középső részének látványa. Amikor az ember Crkvenica felől felmegy a kereszt völgy szép országútján Grizsane felé, már feltűnik a kolosszális, meredek sziklafal, bámulatosan egyenes peremével. A perem felett jól lehet látni a letarolt felszint, a *planinát* s mögötte magasabbra emelkedő horsztokat. Megpillantjuk a megmászhatatlan sziklafal lábánál a nagyszerű törmelékhegyeket s ezeken fehérlenek a kis helységek, festői csoportosulásban. Benn a völgyben a flissen

vidám kis patak csergedez, oly kivételes látvány a Karsztban! A lágy fliss lejtőin szép kertek díszlenek, majd a régibb törmelék megülepedett, karsztbreccsává összecementezett maradványain már falakkal terrasozott, lépcsős kertek sorakoznak, ezek fölött a falvak, azután jön a majdnem használhatatlan, frissen mozgó törmelék.

A törmelék-lejtő legsivárabb, legvadabb újdonságában tűnik fel Drvenik vára körül.

Ez a vár a fliss enyhe lejtői közül kiemelkedő, meredek sziklapúpon áll. Mi lehet ez?

Ez a sziklapúp karsztbreccsából van. Új fogalom, nagy jelentőségű tünemény, amelyet röviden meg kell ismertetnem.

A Karszt meredek sziklafalainak és lejtőinek lábát mindig durva törmelék takarja. De ugyanitt szivárog elő a karsztvíz is. Vaucluse-típusú források, vagy csak egyszerű szivárgások hoznak vizet itt a napvilágra. Tudjuk, hogy a mészkőből előtörő víz mindig kiejti az oldatban tartott meszet. A mésznek ez a kiejtése a cseppkőképződés és a kérgesítés alkalmával, egyáltalában nincsen tisztázva. Oly egyszerű, oly fontos tudományos kérdés és még eddig nem tisztázódott. Annyi bizonyos, hogy amint a víz kiszabadul a szikla repedéseiből, nem képes többé oldva tartani annyi meszet, mint bent a szikla belsejében. Arról szó sem lehet, hogy a párolgás miatt megkevesbedő víz ejti ki. A barlangok 100% nedvességu levegőjében ez a párolgás minimális lehet. Szénsavtartalmát vesztí el nyomás csökkenése miatt? Vagy már a megcsökkenő nyomás magában is elegendő, hogy oldóképessége is megcsökkenjen? Hipotéziseink vannak bőven, de alaposan tanulmányozva nincs a kérdés.

Annyi bizonyos, hogy az előszivárgó víz kérgesít. Összeragasztja a törmelék köveit s vöröses színű, kemény, durva breccsa keletkezik. Olyan általános elterjedésű és olyan jellemző a Karsztra, hogy méltán nevezhetjük karsztbreccsának.

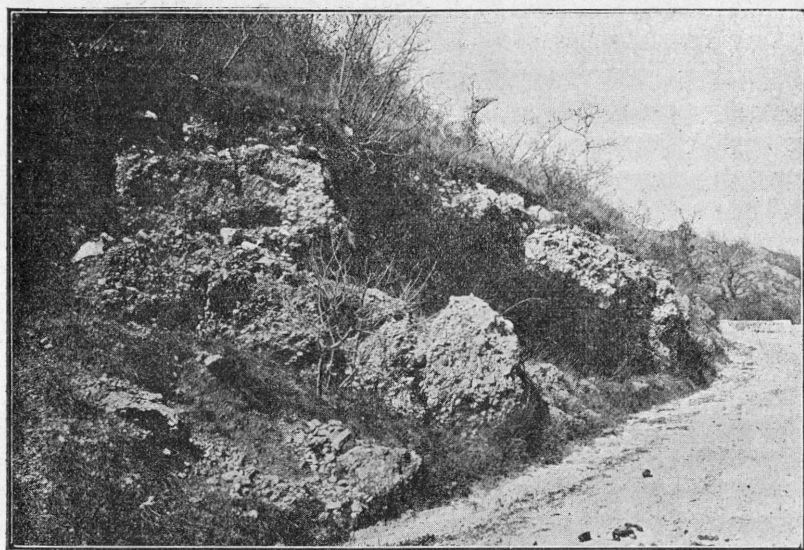
Tudnunk kell, hogy ahol nagyobb tömegű karsztbreccsa fordul elő, ott ideiglenes, lokális erózió-bázis volt, mert csak ott halmozódhat föl törmelék és csak ott törhet elő nagyobb mennyiségű víz.

A Buccari-öböl mindkét meredek lejtőjén temérdek a karsztbreccsa (19. ábra). Ennélfogva az erózió bázisa lassan süllyedt alá mindkét oldalon. Természetesen! A fliss lesüllyedésével karöltve! De nagy magasságban már nem találunk, csak olyan helyen, ahol majdnem vertikális a sziklafal. Mert egyébként a falak omladozásával a törmelék és breccsa legelőször omladozott le, hisz eredetileg

a Buccari-öböl két oldala függőleges volt, amikor a fliss még színig kitöltötte!

Temérdek mondani való volna még erről, különösen az eltömött barlangnyílásokkal kapcsolatban, de előzetes jelentésemben ezek a tanulmányok, befejezetlenségük miatt még nem illenek bele.

A Vinodolban a fliss felszínén igen sok a karsztbreccsa. Drvenik vára egy ilyen breccsa púpon áll, körülvéve közönséges, normális eróziós völgyekkel. Valóságos tanu-hegy, amely mutatja, hogy mily magasan volt tele a fliss teteje hajdan törmelékkal. Akkor még



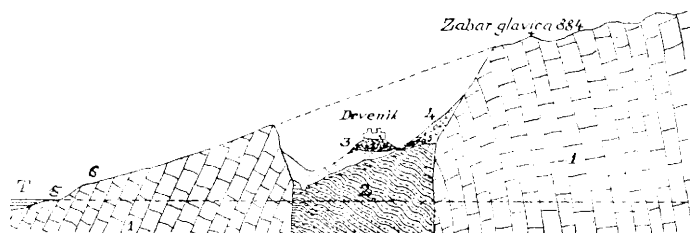
19. ábra. Karszt-breccsa a Buccari-öböl délnyugati lejtőjén, mintegy 80 m magasságban.

úgyiszlván semmi felszíni erózió sem volt, száraz, puszta és vad lehetett a törmelékkal fedett, a mainál sekélyebb árok. Amint aztán még mélyebbre süllyedt a fliss, megjelent fölötte a karsztvíz s össze-cementezte az egész roppant halmazt. Ennek a tetején aztán normális erózió indult meg, újra belevágódtak a völgyek a breccsába, majd a flissbe s előállt a mai helyzet.

A karsztbreccsa helyzete és előfordulásának körülményei még jobban megerősítik a fliss karsztos süllyedésének tényét.

Kormos Tivadar dr. közlése szerint — hisz ő kitűnően ismeri a Vinodol sztratigrafiáját — a flissben előfordulnak a krétamészkö

hatalmas tömbjei, mint zárványok. Talán ez a tény sugallta részben a csatorna-elméletet. Azonban az ilyen zárványok előfordulása egészen természetes: a fiatalabb kőzetben mindig föllelhetők az idősebb kőzet zárványai. A fliss klasztikus kőzet, anyaga legnagyobbbrészt messziről került ide. De az anyag valószínűleg már egyenetlen térszínre jutott s nem csoda, hogy benne ott vannak a mészkő zárványai. De ha a Vinodol olyan meredekfalú, kolosszális, szinte infernális tengeri csatorna lett volna, mint amilyent a grizsanei sziklafalak látványa élénk varázsol, akkor a flissnek tömve kellene lennie a mészkő törmelékével, amint ma fekszik rengeteg törmelék a fliss tetején. A fliss azonban nagyon tiszta. Élesen elválik a mészkőtől, mintha semmi köze sem lenne hozzá! Néhány tuskó, zárvány előfordulása semmit sem mond. De elképzelhető-e, hogy ily óriási sziklafalak közt



20. ábra. A Vinodol metszete Grizsane és Drvenik táján 1. kréta-mészkő, 2. fliss, 3. karszt-breccsa, 4. törmelék, 5. fiatal abráziós partszegély, 6. régibb abráziós partszegély.

mozgó tengervízbe a szikláról semmi sem omlott alá, csak nagy néha egy-egy tuskó? Később pedig, amikor a tenger eltávozott s fliss töltötte ki a csatornát, akkor meg tengernyi omladék, törmelék keletkezett a fliss tetején?!

Igazán fantasztikus lehetetlenségek terére vezet bennünket ez a merész feltevés. A valószínűség és a tények helyes felismerése éppen az ellenkező folyamatot teszi sejthetővé. A karsztos besüllyedések következtében a fliss-pásztákkal elválasztott planina-darabok szigetekké válhatnak! Nem lehetetlen, hogy éppen a karsztos szigetképződés nevezetes tünetnyével állunk szemben. A meglevő dalmát szigetek így váltak el a szárazföldről, az elválasztó csatornák talán süllyedt poljék. A folyamat kezdő stádiumában levő volna a Vinodollal elválasztott, hosszas bérc-sor. Ez természetesen nagyon is bizonyításra szoruló feltevés.

Még csak a karsztvölgyek kérdésével kell behatóbban foglal-

koznunk. Szabályos elhelyezkedésük mindenesetre tektonikus előrejelzésről tanuskodik. Hisz ma már bátran kimondhatjuk, hogy alig van völgy, bármilyen képződésű is, akár tektonikus, akár eróziós, akár glaciális, akár pedig polje, amely tektonikusan előrejelezve nem lett volna. A völgy helyét valamiféle vetődés, hasadás, vagy repedés állapítja meg, de a völgy kimunkálása aztán más erők hatáskörébe tartozik.

A megsülyedő flissről a víz útát keresett a tenger felé, mindenesetre a sziklák valamely repedésén keresztül. Barlangi, vagy mondjuk helyesebben, földalatti lefolyása keletkezett s a fliss sülyedésével mindig több és több víz törekedett ugyanezen úton a tenger felé.

A flissen normális vízgyűjtő keletkezik, de ennek vizét fokozatosan szaporította a mindinkább sülyedő fliss felszínén előbukkanó karsztvíz is. Mindez aztán a tenger felé néző ponorban eltűnt s valahol a tengerparton jött fel. A fliss sülyedésével a ponor mind alább helyezkedik, egész magas hasadék támad lassankint, amely végül szakadékvölgyggyé tágul. A Reccina völgyében ez a fejlődés könnyen felismerhető, a víz még mindig természetes hid alatt folyik részben keresztül.

A martinsiczai karszthasadék nagyon emlékeztet erre, de már elmosódott. Ott úgy látszik a tektonikus eredet jobban dominál. A crkvenicai keresztvölgy szintén ilyen eredetű. Csak a Buccari-öböl kapuja rejtélyesebb, mert ez mélyen a tenger alá nyúlik. Legvalószínűbbnek látszik, hogy ez igen régi nyílás, talán a fliss is kitöltötte s itt az árok kapcsolatban volt a tengerrel. A keresztvölgy keletkezése mindenesetre különböző probléma a Vinodol keletkezésétől.

Igen valószínűen mondhatjuk tehát, hogy a Reccina—Vinodol árok régi tektonikus árok, amelyet hajdan színig kitöltött a krétamésznel fiatalabb lerakódások sorozata. Az egész letaroltatott, aztán a tökéletlen-síkság felemelkedett s lett belőle a tenger felé lejtő plánina. A fliss aztán mint idegen test az alatta pusztuló mészkő berogyásával besülyedt. Ezt nevezzük karsztos besülyedésnek.

Igen valószínű, hogy a poljék egy része így keletkezett, karsztos besülyedés következtében. Az ilyen poljékat sülyedt poljéknak nevezhetjük, megkülönböztetésül a sülyedt medencéktől, amelyek tektonikus eredetűek.

Igaz, hogy a karsztban is keletkezhetnek közösleges tektonikus sülyedések s ezek a karszttünemény miatt zárt medenék maradnak, mert nincs felszíni lefolyásuk. A normális kőzetben keletkezett tektonikus katlan megtelik vízzel, állandó tóvá lesz, ennek van aztán

lefolyása s a lefolyás befürészelvén a katlan küszöbét, lecsapolja a tavat, nyílt völgy-részre degradálja a katlant. A Karsztban ponorral tűnik el a süllyedés vize s ezért megtartja zárt alakját. Nagyon valószínű, hogy sok ilyen polje van, pl. a grobniki Kamenopolje a rétegek helyzetéből következtetve alighanem ilyen, de általánosítanunk nem szabad, különösen pedig nem szabad ilyen eredetűnek tartani a kopott poljékat és a Vinodolhoz hasonló, karsztos besüllyedéseket.

Tanulmányaimból egyelőre csak ennyit óhajtottam közölni. A fizikai földrajzi tanulmányok mindenestre megelőzik a település és egyéb emberföldrajzi problémákat. Ezek is bőséges aratással kínálkoznak. Amit a karsztos vidékek életmódjáról és településéről, a csodálatosan idegen és szokatlan arculatú vidékek emberföldrajzáról tudunk, az bizony egyáltalában nem kielégítő. Az ember itt rendkívüli nehézségekkel küzdök. A kevés termőföld, a vízhiány, a bőséges csapadék, a nagy magasságkülönbségek, a rettenetes bórá: mind igen tekintélyesen befolyásolják az ember életmódját s a karsztos vidékeket egészen különös geográfiai egyedekké teszik. Talán sehol sem olyan felöltő az emberi telepek alkalmazkodása a fizikai földrajzi viszonyokhoz, mint éppen itt. A bórá elől lehetőleg elrejtve, a termőföldben gazdagabb dolinak és poljék körül csoportosulva, a lehetőleg szintvonalban vezetett fő közlekedő utak mentén felfűzve, valóban, szinte iskolai példákkal szolgálnak ezek a telepek. A kertészkedés és a planinák pásztorkodásának gazdasági összefüggése, a kétféle foglalkozású nép etnikai különbsége, az egész etnosznak a tengertől a poljékon és planinákon át egészen a magyar medencéig való fokozatos átalakulása mind igen nevezetes és meglepő dolgok, de valamennyinél érdekesebb és tanulságosabb a nagyobb dalmáciai telepek földrajzi helyzete. Általános település-földrajzi tankönyvben talán a legjobb példatár innen kínálkozik, ahol a természet oly szeszélyesen szórta el a mediterráneos éghajlat minden áldását és a karsztosodás minden átkát, ahol a félvad illír hegyi pásztor közvetlen szomszédságában lakott a magas műveltségű görög és római letelepüléseknek, ahol egy Spalato, Ragusa fényével szemben áll a Karszt hozzáférhetetlen planináinak, eldugott poljéinek ősi elmaradottsága.

Karszt-tanulmányaimnak ez a része csak részben alkalmazható hazai karsztos területünkre, de magában is végzetlenül érdekesítő s igen nagy becsű, általános értékű eredményekre vezethet.