

ADATOK  
A HORVÁT KARSZTVIDÉK VIZRAJZÁHOZ  
ÉS MORFOLOGIÁJÁHOZ.

IRTA

Dr. TERZAGHI KÁROLY

*Dr. Terzaghi K.*

A XII—XIII. TÁBLÁVAL ÉS 27 ÁBRÁVAL A SZÖVEG KÖZT.

*1913. január hó*

## BEVEZETÉS.

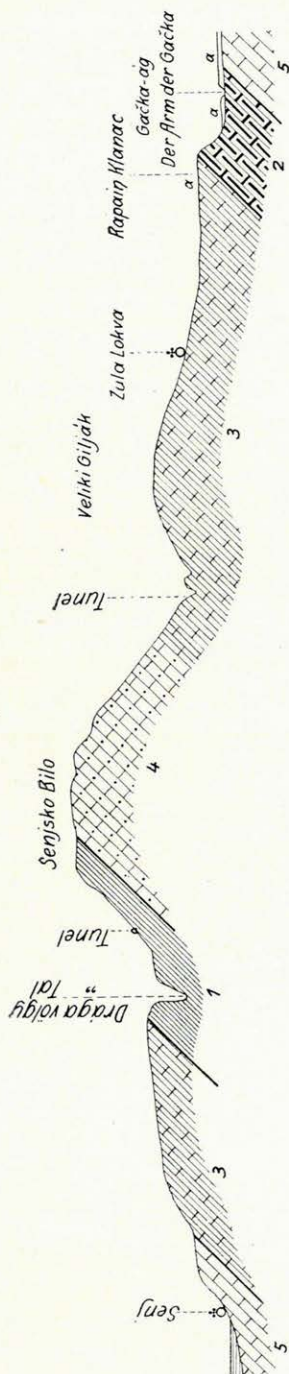
1908 őszen Fiumében «Societa littorale Baron Sessler et Co.» néven egy társaság alakult azzal a céllal, hogy egyrészt a horvát tengerparti hegység keleti szélén eltűnő Gačka folyó, másrészt pedig a tengerszíne közötti esési szakaszt kiépítse. Jelen sorok íróját 1909 januárjában a nevezett szövetkezet azzal bízta meg, hogy e vízépítő munka előkészületeit vezesse be, szervezze és vigye véghez. Az előmunkálatok a folyó és a partok tachimetrikus fölvételére, a víztükör magasságának különböző vizállásokkor való meghatározására, mércehálózat létesítésére, a főmércek naponkénti leolvasásával kapcsolatosan, számos vízmérés eszközlésére és a lefolyási jelenségek beható tanulmányozására terjedtek ki. Ezen eredményekből részletesen ismertté vált egy, bárha csak meglehetősen szorosan körülírt terület, míg ellenben a Karszt lefolyási jelenségeire s domborzatának kialakulására vonatkozó az irodalomba letett vélemények többé-kevésbé összefoglalás útján keletkeztek. Kiderült azután, hogy e jelenleg többé-kevésbé általánosan elfogadott nézetek egész sora nem áll összehangzásban a beható műszaki kutatás eredményeivel. Alábbi munkám saját megfigyeléseim alapján a nevezett ellentmondások tárgyalását tartalmazza s azt hiszem, hogy ez a megvitatás ép annyira érdekli a geológust, mint a Karsztban dolgozó vízi mérnököt.

## 1. Általános tájékoztató.

Azok a munkálatok, amelyek jelen tanulmány alapjául szolgáltak, a belső horvát fennsík déli és délkeleti részére, t. i. a Gačkopolje-re és az azzal határos magaslatokra és «uvalák»-ra terjedtek ki.

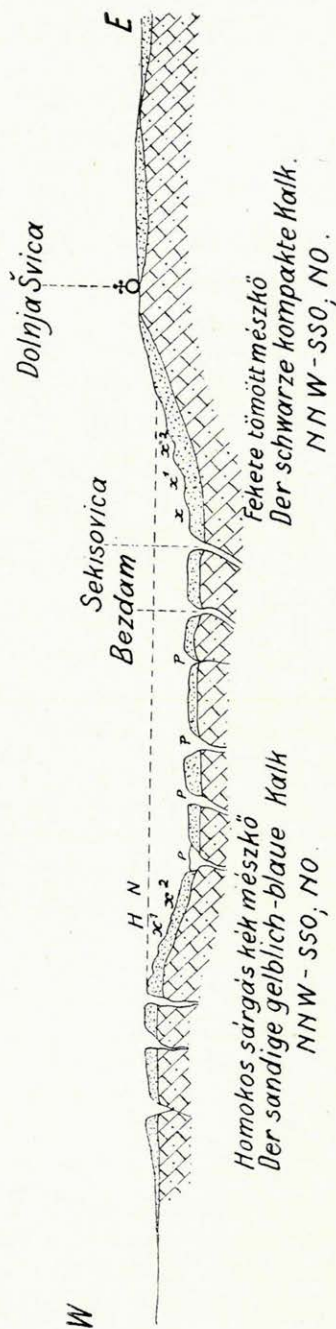
A belső horvát fennsíkot orografailag és hidrografailag a szomszédos területek felé északkeletnek a Kapela és a Plješivica hegyláncai, délnyugatnak pedig a Velebit és a Senjsko Bilo határolják. A peremén kiemelkedő, vizet át nem bocsájító kőzetekből álló e hegységek a karsztvizet magasra duzzasztják a szomszédos területek talajvíze fölé s így oly önálló hidrografiai egységet alkotnak, amelynek a vízkeringése alapján különbözik a szomszédos területekétől. Míg a Korana, Una és Krka mély szakadékokban s tekintélyes eséssel veszik útjukat és számos patakot és mellékfolyót véve magukba a fölszínen viszik a fennsíkkal szomszédos területek vizét részint a Szávába, részint az Adriai tengerbe, a fennsík folyói ponorok torkaiban, vagy időszakos tavakban vakon végződnek. Mint vauclose források készen erednek s minimális sebességgel, a poljefenékbe alig bevágódva folynak. Rendesen nemcsak hogy mellékfolyókat nem vesznek magukba, de a ponorokat tápláló források útján még el is vesztik a vizük egy részét. A peremen emelkedő hegységek legnagyobbbrészt triaszkorú mészkőből, dolomitból, meszes homokkőből és palából állnak. A Velebit-hegység alapja, keleti lábánál 550 m t. sz. f. magasságban pedig épenséggel karbonkorú kvarckonglomerátból és homokkőből áll. Zenggtől keletre, a Vratnikhágo alatt s Gospićtól nyugatra, Oštaria mellett a triaszkorú üledékek közé melafirok telepednek, amelyek jókora rozsdavörös tufatömegekkel és konglomeráttal kapcsolatosak. Zengg mellett világoskék kemény mészkőre telepedik az erózió útján két km<sup>2</sup>-en föltárt melafir. Az oštariai melafir csak kevéssé táródott föl, tömzsei úgy látszik a werfeni palákat törik keresztül. Maga a fennsík úgyszólván kivétel nélkül a krétaformáció tiszta vagy dolomitos mészkőéből áll. Triaszkori kőzetek csak egészen elszigetelten fordulnak elő: így guttensteini és hallstatti mészkő a Senjsko Bilotól keletre és zöld werfeni pala a Belopolje mindkét oldalán, a Lika- és Krbavapolje délkeleti szélén. Különös figyelmet érdemel egyetlen keskeny sávra szorítókozó, egy a





1. ábra. Földtani szelvény Brlogtól Senjig. Dr. Cvijić tanár nyomán.

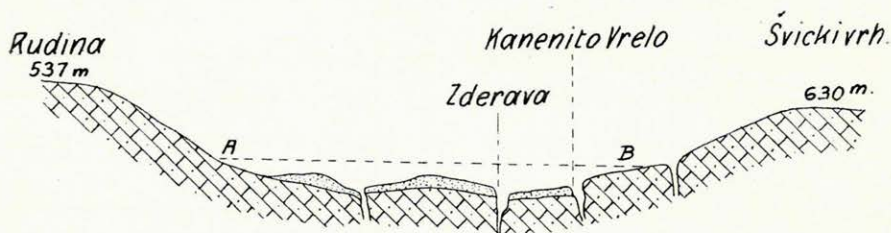
1. Werfeni pala és homokkő melafirral. 2. Halstatti mészkő. 3. Guttensteini mészkő; a Veliki Giljaknál vékony, csaknem palás mészkőrétegek iktatódnak beléje. 4. Dolomit, a Veliki Giljak guttensteini mészkőve felé homokos. 5. Kréta mészkő.



2. ábra. Metszet az időszakos Svica tavon keresztül. Dr. Cvijić tanár nyomán.

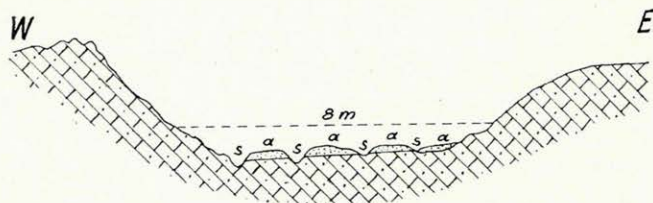
HN = az időszakos Svicitó legmagasabb partvonalá  $x^1$ ,  $x^2$  = számos lépcsőszerű partvonal.  $p$  = ponotok. A mésztufa rendszeren 4—5 m vastag, helyenként 8-70 m is.

Kapela-hegység fő csapási irányával párvonalas szakadékkormájú völgyben való előfordulása a harmadkor üledékeinek. Két, egyértelműen 45—55°-al ÉÉNy-nak dülő, meredeken kiemelkedő rög közé ékelve, a völgy talpán, az 500—600 m magas sziklafalak lábánál nummulites-es mészkő, eocén,<sup>1</sup> sárga mészmárga és zöld agyag fordul itt elő. Az



3. ábra. Konjsko Jezero.  
Szelvény DE CVIJIĆ tanár nyomán.

eocén, márgás üledékek kibúvása kb. 80 m széles és 9 km hosszú, a közepe táján azonban hegyes szögben egy nummulites mészkőből álló gerinc szeli át. E völgy meredek krétamészkő falaival s a talpának halványzöld márgáival élénken emlékeztet arra a hosszanti völgyre,



4. ábra. Kosmačevo Jezero.  
Szelvény DE CVIJIĆ tanár nyomán.

aa = sárga agyag mésztufa nélkül; ss = dolomitos mészkőben egészen 10 m-ig.

amely a horvát tengerpartot Fiumétől Noviig kíséri s amelynek eocén üledékeit szintén idősebb harántvonulatok szakítják meg. Bunić eocén márgái a belső horvát fennsík kialakulásával kapcsolatos fölgűrődés, összetöredezés és áttolódás folytán oly mélyen tűntek el a föld belsejében, hogy az összes eocén ékek közül egyedül ezek mélyedtek a későbbi karstviztükör alá s maradtak így a nyomtalan elpusztulás sor-

<sup>1</sup> HAUER «az osztr. magy. monarchia átnézetes geológiai térképe» szerint. Az én onnan gyűjtött kövületeim még nincsenek feldolgozva.



sától menten. Bizonyosságul szolgálnak ezek arra, hogy a belső horvát fennsík kialakulása legalább is eocén utáni.

A fennsíkot többnyire a krétaformációhoz tartozó s csak egyes csúcaiban 1000 m t. sz. f.-nél magasabbra emelkedő, erdővel borított hegláncok a Kapela-hegység főcsapásával párhuzamosan lefolyástalan medencék egész sorára osztják. (l. az 5. ábrát.)

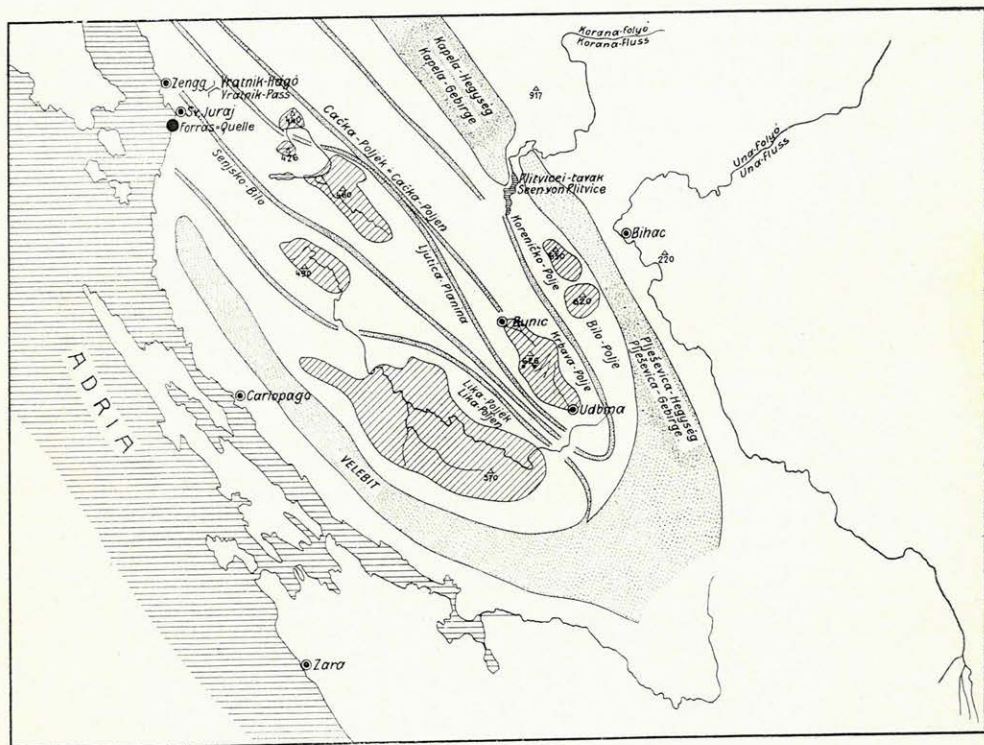
Minden egyes medence középpontja egy-egy «polje». A poljeféleken nincs erdő; néha sziklás, máskor édesvízi üledékek borítják, állandóan száraz, vagy mint a Popovopolje vagy a Zirknitzi tó, időnként elöntött. A sziklás környezettől élesen elválik. Magassági fekvése egynehány méter szűk határai között ingadozik és mint valami abráziós felület, a réteges szerkezetre való minden tekintet nélkül vágja át a sziklás hegytömeget. A poljék jelenléte ép úgy, mint a dolináké, erősen zavart mészkőhegységekhez kötött. A Planina (Brinje Ny) — Ljutica (Udbina ÉNy)-i vonulattól keletre eső poljék elszigeteltek és a szomszéd poljékkal csupán az elválasztó mészkőtömegek repedésein át közlekednek. A nyugatra eső poljéket rövid harantvölgyek kötik össze egymással és a Gačkopolje délnyugati határhegysége két nagy csoportra — főfolyóikról elnevezve — a Lika és a Gačka-csoportra választja őket. A főfolyók kanyargó és a sziklatalajba több méter mélyen bevágódó eróziós medrei végigvonulnak e poljéken. Ezeknek a mészkősziklába bevágódó állandó folyóknak a jelenlétével alapjában különböznek a két nyugati csoport poljéi a keleti poljéktől.

A poljék fekvésének magassága a fennsík legkeletibb részén észlelhető 640 m (Korenickopolje a Plješevica Planina nyugati lábánál) és az északnyugaton a Senjsko Bilo keleti lábánál fekvő Vlaškopolje 420 m között ingadozik. A Korenickopolje illetéknépen 420 m-rel fekszik Bihać légvonalban csak 9 km távoli síkságja fölött, a Vlaškopolje 420 m-rel a 16 km távoli Adriai tenger fölött. Ha meggondoljuk, hogy a fennsík összes poljéit a föld felszínén a repedésekben mozgó víz látja el, fölfoghatjuk a peremhegységek duzzasztó hatásának tetemes mértékét és be kell látnunk belső Horvátországnak a szomszédos területek hidrográfiai viszonyaitól való hidrográfiai függetlenségét. Ez az elszigeteltség vonja maga után azt, hogy lefolyástalan karsztos területek sajátosságai itt különösen jellemző módon fejlődtek ki.

Ha már most megtekintjük belső Horvátország térképét (5. ábra), azt látjuk, hogy a hegyvonulatok nagyjából párhuzamosak a Kapela főcsapásával.

Ép így kb. párhuzamosan halad a főcsapással a tenperpart is Carlopagotól Jablanácig, Jablanácnál azonban észak felé kanyarodik, a csapásra ferdén metszi a Velebit-hegységet és csak Zenggnél fordul

ismét ÉÉNy-nak. Legalább is igen valószínű, hogy a földuzzasztott víz mozgása a lánchegységek főcsapási irányában kevesebb ellenállásra talál, mint arra merőlegesen. Ha a tengerpart ferdén metsz párhuzamos lánchegységeket, akkor föltehető, hogy a földuzzasztott talajvíz közöttük a tenger felé lefolyhat. E föltevést beigazolja a Zengg és Jablanec között Sv. Juraj mellett található számos édesvízi forrás.



5. ábra. A belső horvát fennsík orografiai vázolata.

Az előmunkálatok tárgyaiul a Sv. Juraj melletti forrásvidéken kívül a nyugati polje-csoportok északibja szolgált, t. i. a Gačkopolje az ő állandó főfolyójával.

## 2. A Gačkopolje orográfiája.

Ha a síkok azon tömegét, amelyet én «Gačkopolje» elnevezés alá foglaltam, s az azt határoló hegységeket madártávlatból nézhetnénk, észrevehetnénk azt, hogy a peremhegységek zárt, völgyektől nem ta-



gozott s kevésbé ívelt hátaikkal a hosszúra nyúlt polje-csoport két végén egymástól néhány km távolságban párhuzamosan haladnak, a közepén azonban mintegy 16 km-re távolodnak el egymástól, helyet hagyva ily módon bemélyedt területek meglehetősen bonyolódott rendszerének, amely mélyedések között alacsonyabb hegycsoportok és hegyláncok romjai megmaradtak.

Az északkeleti peremhegység lábánál 22 km hosszú és 2 km széles sávban síkság vonul végig (az északi Gačka völgye). Az e völgyön túl (tőle délnyugatra) a peremhegységgel párhuzamosan haladó gerincet négy hatalmas rés darabolja elszigetelt hegytömegekre, amelyek közül a legmagasabb, az Um, szigetként emelkedik ki a síkságból. A két déli hasadék a hosszúra nyúlt keskeny árkot a tulajdonképeni Gačkopoljével köti össze. Ez 15 km hosszú és 5 km széles síkság s nagyjából a bunići keskeny eocén márgavonulat folytatásába esik. Míg azonban az északkeleti peremhegységben a gerincek határozott fő csapási iránya állapítható meg, addig a délnyugati peremen túl főirány nélküli hegyvidéket látunk, lefolyás nélküli medencékkel és szabálytalanul határolt hegyformákkal. Csak a polje-csoport tulajdonképeni határhegységében találunk megint határozottan irányuló hegygerinceket, de itt a főcsapás a polje hosszirányú tengelyéhez 30°-os szöggel hajló irányba esik.

Bizonyos fokig a határozott irány nélküli hegyvidék folytatásának tekinthetjük a nyugaton közvetlenül a síkságból kiemelkedő Prozor, Spilnik stb. kúpjait. A széles Gačkopolje és az északkeleti, a négy hasadékkal kapcsolatos, keskeny árok alkotják a polje-csoport fővázát. Két kiágazást bocsájtanak azonban nyugat felé csaknem a Senjsko Bilo lábáig. A délibb közülük Otočacnál kezdődik és egész Švicáig sik fenékekkel és élesen határolt szélekkel igazi polje jellege van.

Švicán túl kelet-nyugati irányban mély lefolyástalan medencék soraként folytatódik a polje-csoport. Ezek a Švicatavak, amelyek nyár közepén kiszáradnak, télen és tavasszal azonban közel 5 km hosszú vízfelület alatt tűnnek el. A Vlaškopolje kiágazása DNy-i irányban húzódik és a 60 m-rel magasabban fekvő dubravai hasadék folytatásába esik. Első részében ez is polje jellegű és nagyobbszámú medencében folytatódik.

E medencéket nem önti el a víz, csak úgy, hogy egy táro segítségével mesterségesen összekötötték őket a Vlaškopoljével, hogy így a hosszú ideig tartó ártalmas elöntési időt csökkentsék.

Egyrészt e kiágazások, másrészt pedig a poljék peremei és a Senjsko Bilo-hegység közötti területeket határozott csapásirány nélküli hegytömegek foglalják el.

A peremhegységek és a belső hegycsoportok közrefogta homorú formák nagyjából tektonikailag előirt hosszirányú völgyek helyzetét mutatják, mégis már alapjukban véve is különböznek az eróziós völgyektől. A völgy talpának szélessége a hosszúságához viszonyítva tetemes. Bár főfolyó folyik rajtuk keresztül, a harántesés sokszorosan fölülmulja a hosszirányú esést. A széleiken emelkedő hegységeket majdnem egyáltalában nem tagolják völgyek és a csak kevésé hajlott völgy talpából közvetlenül emelkednek ki azok. Homok- és kavics előfordulások csak egyes elszigetelt s alárendelt kiterjedésű lerakódásokra szorítkoznak. Általában csupasz szikla van egyebütt. Csak a mendecék fenekét s a sziklás részletek közötti helyeket borítják agyagos-mállási termékek. A homorú formák legmélyebb részeibe ellenben agyagos-meszes üledékek hatalmas rétegei telepednek. Különösen jellemző és nagyfontosságú azonban a következő: míg a peremhegységeket s a belső hegycsoportokat szép sűrű erdők borítják, addig az összes sík területek elkarsztosodtak. Az agyaggal borított helyek, amennyiben meg nem művelik azokat, steppe jellegűek. A polje és hegyvidék közötti eme mélyreható különbséget nem az ember hozta mesterségesen létre, ezt a Šumecica melletti löszelőfordulás bizonyítja.<sup>1</sup>

Ellenben az ember az oka annak, hogy az erdő és steppe közti határok elmosódtak. Otočac, Brlog és Vlaškopolje a felszínen még ma is vizet tartalmazó, részben szabályosan előntött fiatal poljeterületén dolinaképződések igen ritkák. A poljefelszín különböző minéműségének felel meg a helységek és egyéb épületek eloszlása is. A forrástájon a polje közepe kissé elmocsarasodott, azért itt, a peremhegységekhez közel fekszenek a falvak és köröskörül a malmok, amelyeket a magasra duzzasztott források hajtanak. A forrásokból eredő, egybeszakadó patakok a Gačkofolyó alakjában hagyják el a nedves forrásvidéket és ennek mindkét partja mentén hosszú sorban találjuk a megművelt földekkkel váltakozó kis gyümölcsös kertekben álló tanyákat. A Gačkopolje széles síkja elkarsztosodott. A házak tehát keskeny övben az Umhegy lábát veszik körül, hol is a szélfúttá és beiszapolt agyagos üledékek lehetővé tették kicsiny kertek beültetését. A sovány szarvasmarha a lapos karsztmélyedések szórványos növényzetén legel. Vastagabb agyagréteg kíséri a Skare-Klanac árkos sülyedésének északkeleti szélét is s lehetővé tette a letelepedést, míg ellenben a széles völgyfenék lakatlan és elhagyott.

<sup>1</sup> BALLIF «Römerstrassen in Bosnia u. Hercegovina» c. munkájában kimutatja, hogy a poljék már akkor karsztterületek voltak. A későbbi fejezetekben pedig kifejti, hogy ez elkarsztosodás a poljéképződéssel szoros kapcsolatban van.



A Gačka-folyó tulajdonképpen eróziós árkában is csak fű borította és részben megművelt értékes sávként húzódik a mélyedésen az agyagtöltés végig. Itt azonban az időszakos elöntés miatt helységek nem keletkeztek. Az eróziós árkából Dubrava mellett a Gačka folyó az egész Gačkopolje egyik legtermékenyebb területére, Klanac régi polje-távanak fenékfeltöltődésére lép. Gabona és különféle vetemények itt kitűnően tenyésznek. A helységek az értékes szántóföldeken túl, gyümölcsösöktől környezve, a hegyszéleken fekszenek.

A gyümölcsösök igénytelenebbek. Brlog is keskeny, kertekkel övezett ház-sor a termékeny brlogi polje északi részén az elkarsztosodott magasterrasz lábánál. A brlogi polje bejáratánál lévő sziklaszorosban valamivel nagyobb a Gačka folyó esése, úgy hogy itt öt malmot hajt. A Vlaškopoljében és a Poljice síkján a községek a rendszeres áradások miatt a hegylejtőre szorultak. Csak Otočac fekszik az áradási terület közepén. E helyet azonban stratégiai szempontokból választották. Annak idején a város (az Otočac név otok = sziget szóból ered) két folyóág között feküdt, amelyek a megerősített várhegygel és a vizen túl fekvő falakkal együtt nagyon megnehezítették az ellenség támadó műveleteit.

A Gačkopolje ipari középpontja a vizesés mindkét oldalán fekvő Švica helység. A felsőtó és az időszakos Švicató között 30 fűrész, malom és kalló van, kb. 600 igen ősi tulajdonossal. Az üzemek be rendezése a lehető legkezdetlegesebb. A tómedencében magában a környék legjobb és legdrágább rétjei fekszenek. A környező hegyek csak kevésbé lakottak. A régi határgondnokság kímélte az erdőket. A Balkánról jövő számos menekült részére, kiknek védelemre és földhöz joguk volt, lakóhelyül kizárólag az erdőtől mentes poljéket jelölték ki.

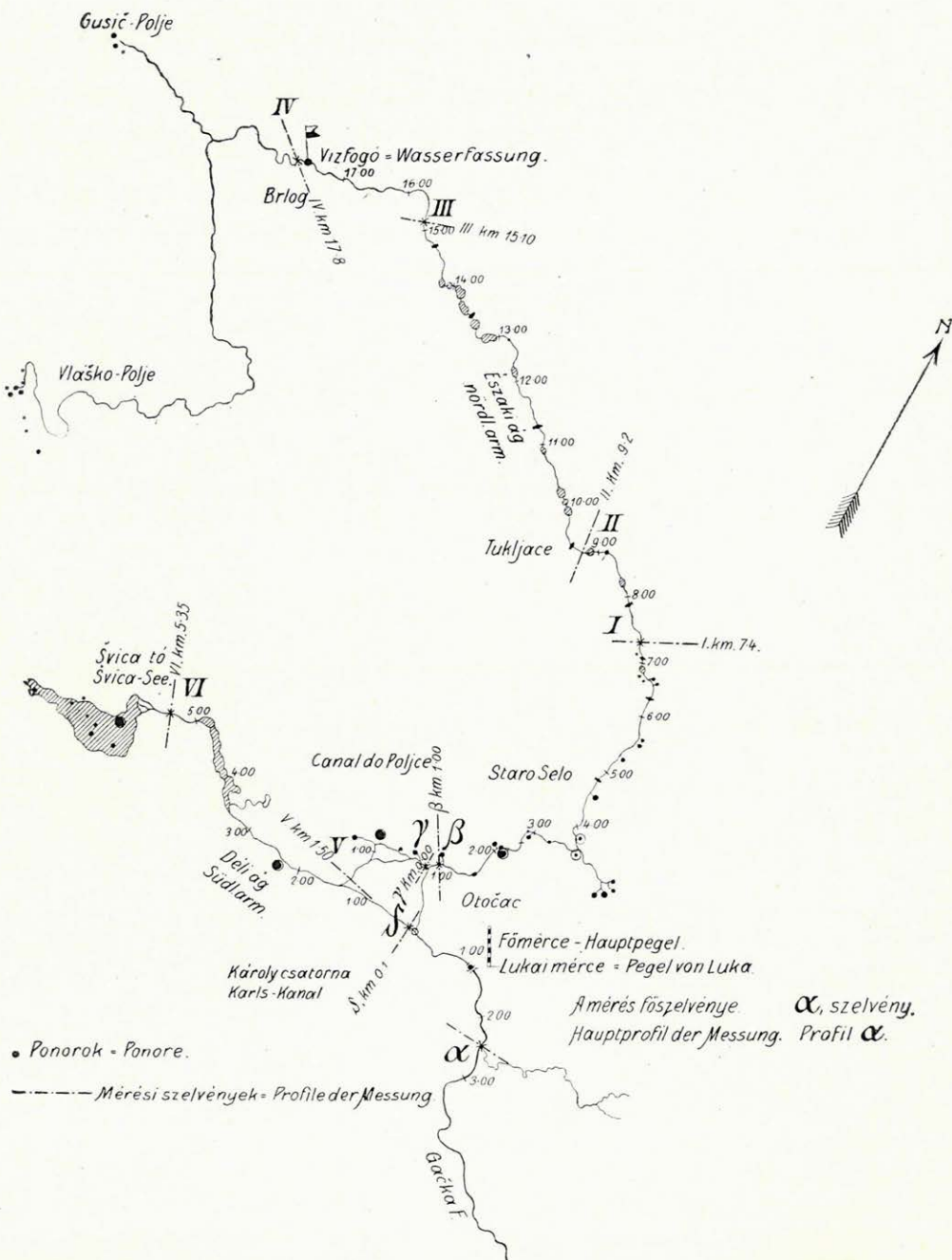
### 3. A Gačka folyó forrásai, völgye és ponorai.

A Gačkopolje északkeleti sarkában egyesülnek az erdős perem-hegységek és széles, tompaszögű ívet fognak közre. Szántóföldek és gazdag rétek borítják e sík, dolinanélküli, agyagos, csak a közepén kissé elmozsarasodott területet. A közvetlenül és meredeken kiemelkedő, völgyektől alig tagozott s északkelet felé zárt erdős hegyszélel lábánál, házakkal és barátságos gyümölcsösökkel körülvéve, tisztán és zajtalanul buggyan föl a mélyből a Gačka folyó öt vaucluseforrása. Kezdetleges gátakkal földuzzasztották e források vizét s mindjárt a tavak elhagyása után számos malmot és kallót hajt az. A főforrásnál nem kevesebb, mint hét járómű dolgozik szorosan egymás mellett. A forrástavak átmérője 20—40 m, a víztükörmagasságok csak néhány m-rel térnek el

egymástól. A legmagasabban a beöblösödés csúcsában levő főtó fekszik (Tonković vreló). Vízükrének t. sz. f. magasságát 1909 áprilisában 455·9 m-nek mértem. A víz akkoriban a partot borító sziklarepedésekből és törmelékből, a forrástól körül számos ponton bugyogott elő. A jobb-oldali poljelejtő legészakibb forrása, a Majerovsko vreló, a Tonković-forrástól kb. 3 km-re van és a meredek hegyoldaltól kb. 50 m széles, lassan emelkedő sáv választja el. Szemben vele, a baloldali poljelejtőn, csaknem függőleges, össze-vissza szakadozott sziklafal lábánál, fészekszerűen fekszik a Pečinaforrás tava. A Majerovska- és Pečinaforrásoknál már messziről fölűnnek azok a vörös, vastartalmú breccsák, amelyek a part szikláinak a fölépítésében résztvesznek. A Pečinaforrás breccsájában részben terra rosszával kitöltött üregeket találtam. Ez a terra rossa nyilván pleisztocén korú, csontmaradványokat és fogakat tartalmaz. Az itt gyűjtött anyagom a m. kir. Földtani Intézetben van. Rendszeres ásatások itt még érdekes leleteket eredményezhetnek. A Pečinaforrás a Lika nagy vize idején állítólag zavaros, míg ellenben a többi források vize tiszta marad. A Kossinji melletti Likaponorok 6 km-re délnyugatnak, a Majerovsko vreló-t a Pečina vreló-val összekötő vonalon s a Gačkoforrások fölött kerekszámban 70 m-rel vannak.

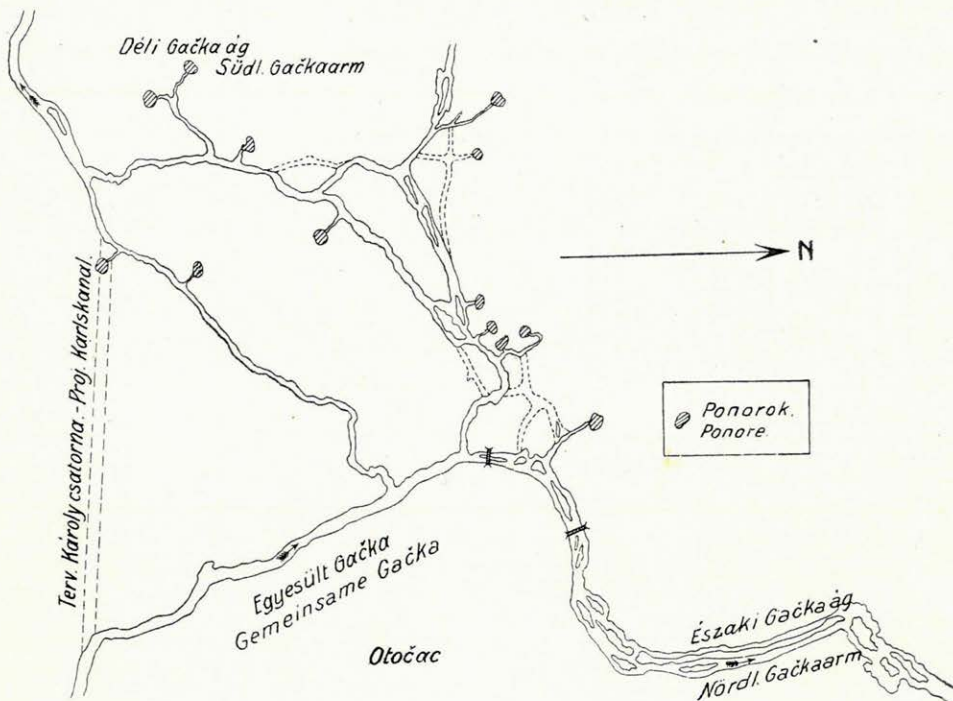
A forrásokból eredő patakok egyesült vize sokszorosan kanyargó folyásával a polje délnyugati lejtőjének aljában húzódó barátságos, termékeny sikot követi. A folyásának hossza a Tonkovićforrástól az otočaci első elágazásig (a Károly-csatorna kiágazása) 15·8 km, légvonalban e folyószakasz kezdeti és végpontja között 13·1 km a távolság. Prozorig sekély, aránylag keskeny medrében a poljeiszapon meglehetősen gyorsasággal haladva, a folyó mind lomhábbá válik s az Otočac előtti utolsó km-eken hosszúra nyúló folyó jellegét ölti. Alacsony vízállásnál 20—40 m szélessége mellett közepes keresztmetszeti sebessége alig 5 cm mp-enként és széles ivekben kanyarog a halkkal emelkedő, részben fűvel benőtt és megművelt, részben hófehér, sziklás és szakadozott partjai között. A fenéke annyira iszapos, hogy abban a szondázó súly mélyen elmerül. A folyókeresztmetszet egy részét vízi növények borítják. Az örvénylő zöld tömegek folytonos imbolygó mozgásban vannak. A partlakók kezdetleges, egy törzsből faragott ladikjaikból vágják le több méter hosszú kaszáikkal ezt a víz alatti rétet s a megszáritott fűvel barmaikat etetik. Ősszel és télen állandóan sűrű köd terül el a melegebb víz fölött. Az áradások zajtalanul, minden hullámvás nélkül jönnek és gyakran néhány óra alatt nagy területeket elöntenek. Idegenszerűek — mint maga a folyó is — azok a magas, csodásan szabályos, erdőkkel sötéllő hegykúpok, amelyek minden átmenet nélkül emelkednek ki a termékeny síkságból és elválasztják a folyót a poljetől.





6. ábra. A Gačka vidékén előforduló víznyelőket ábrázoló vázlat.

Magát a folyó medrét teljesen elborítja az agyag és a fenékpórák csak helyenként mutatnak ki sziklarészleteket, amelyek azonban mindig csak a meglehetősen meredek lejtések helyén jutnak föl. A 15·8 km-nél a 70-es években mesterségesen létrehozott Károly-csatorna átvágása számos olyan folyóág kiszáritásával járt együtt, amelyek Otočacnál



7. ábra. Az otočaci áradási terület.

EISINGER JÁNOS es. kir. vízépítő mérnök tervei nyomán, 1870 áprilisában.

kelet felé ágaztak ki, célja pedig a helységet évről-évre pusztító áradások megakadályozása volt. Ez a terület, amelyet az ezutániakban az otočaci áradási területnek nevezek, a közös főágot elválasztja a Brlog és Švica morfológiai és hidrográfiai tekintetben egészen más mellékágaitól (7. ábra). A 0·00—15·8 km főágot tehát külön tárgyalom.

A víztükör szintezése a főágban a következő részletezéseket adta:

0·00— 2·40 km	= 0·266‰
2·40— 5·00 "	= 0·215 "
5·00— 5·70 "	= 0·210 "
5·70— 7·80 "	= 0·196 "

7·80— 9·10 km	= 0·194 <sup>0</sup> / <sub>00</sub>
9·10—10·90 «	= 0·100 «
10·90—12·70 «	= 0·106 «
12·70—14·70 «	= 0·067 «
14·70—15·80 «	= 0·042 «
15·80—16·80 «	= 0·075 «

A 15·80 km hosszú folyórészlet összes esése tehát 2·571 m és a vízszin egy km-re eső közepes esése 0·162<sup>0</sup>/<sub>00</sub>.

A megfelelő vízmérési hely fölkeresése céljából véghezvitt közelítő mélységmérések eredménye szerint a fenék esése a vízszin esésétől lényegesen eltér.

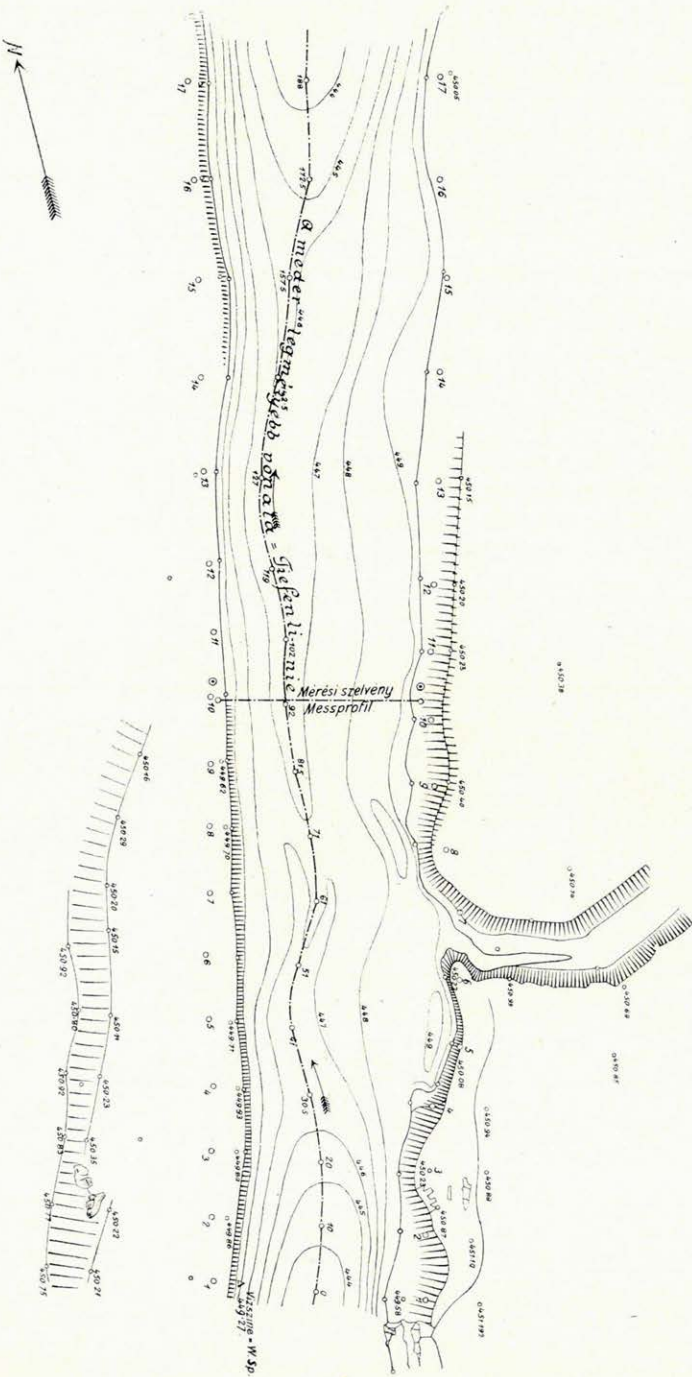
Közepes 10 m<sup>3</sup>/mp vízszolgáltatás mellett a közepes maximális vízmélység a főforrásokhoz közel 1·00 m és a Károly-csatorna elágazásánál 6·00 m-rel a maximumát éri el. Az átmetszet a Prozor melletti hid alatti mély, csaknem álló folyórészleten trapézalakú. A közepes szélesség kb. a vízmélység négyszerese. A fenék csaknem sík, a lejtők hajlásszöge 30—45°.

A fenékre ülepedő anyagot a folyó rendszerint nem hoz. Csak a P. Sv. Marko, egy időszakos, 4 km hosszú és 22 m (5·5<sup>0</sup>/<sub>00</sub>) összes esésű mellékpatakocska, amely a magas vízállás esetén a poljeiszapot erodálja, hoz lebegő anyagot a folyóba (l. a 8—13. ábrákat). A víznek nincs meg azonban az ereje ahhoz, hogy az itt leülepedő anyagot tovább vigye. A patak torkolata előtt kb. 190 m hosszú és legvastagabb helyén 3—5 m-es zátony keletkezett, amely tehát közepes vízállás mellett a folyó mélységét 5·8-ról 2·3 m-re kisebbiti. Ilyen zátony keletkezésének lehetősége jellemzi legjobban a főág tóyszerű állapotát. Prozor és Otočac között a folyómederben dolinaszerű kiöblösödések mutathatók ki. A folyó szélessége, amely közepes vízállásnál általában 20—25 m, 40—50 m-re is növekszik, a víz mélysége pedig helyenkint 10 m-t, sőt még többet is elér. Ilyen helyen a partok meredekebbek és a krétakorú sziklák csupaszon fehérленek.

A Károly-csatorna beömlése és az Otočac melletti kőhid közti darabon sűrűn egymásután következnek ezek a kiszélesedések és a feneket a legfinomabb, puha iszap borítja, úgy hogy pontos mélységmérések végzése csaknem lehetetlen. Sinac falutól keletre és a Spilnik-hegytől északra mesterséges árkok homok- és kavicslerakodásokat tárnak föl. Ez az anyag kevert szem nagyságú mészkőkavicsból és vöröses-sárga kötőanyagból áll. A szemek nagysága durva homok és diónagyságú szemek között ingadozik.

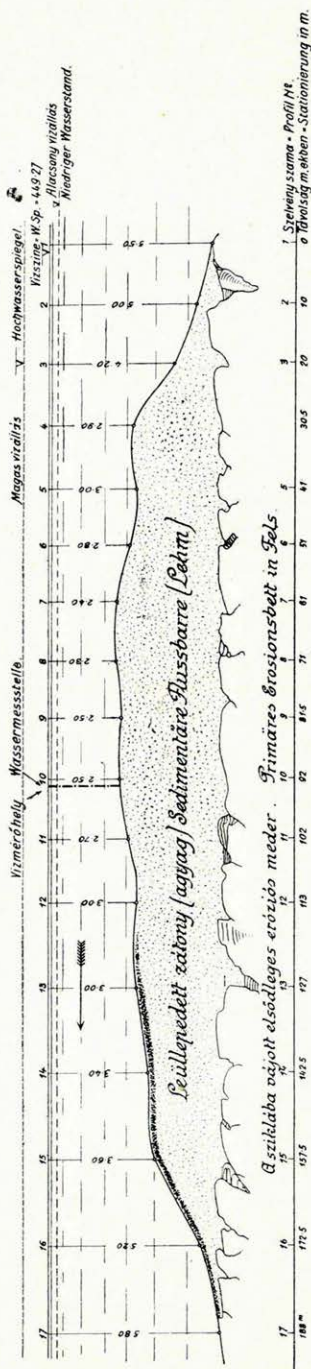
Az otočaci áradási területtől a folyó három szűk kanyarulatban





8. ábra. A Prozor melletti vízmérő hely.  
47.50 mércelovlásás (a lukai mércén) mellett felvéve.





9. ábra. Hosszmetszet a 8. ábra «legmélyebb vonala» mentén, a mélységek a távolságokhoz viszonyítva 5-szörösen nagyítottak.

északkeletnek fordul (0·00—3·7 km). A partvidék csak kevésben tér el a főág partvidékétől. Lassan emelkedő, helyenként sziklás lankák, lassanként a síkságba mennek át. A folyó távolabbi környéke mindamellett sokkal laposabb és a sziklás alapot, úgy látszik, vastag agyagréteg borítja. A termékeny vidék egy négyszögkilométernél nagyobb területet foglal el. A folyó keresztmetszete azonban lényegesen megváltozott. Most is lapos trapézalakú, de a főág keresztmetszetének csak nyolcadrésze (l. a 15. és 16. ábrákat). Az otočaci híd alapozási munkái azt mutatták, hogy a kemény szikla vagyis az egykori folyófenék igen nagy mélységben van a mostani folyófenék alatt.

Egy régi, 1868-ból származó hosszirányú metszet a folyó e részletén a fenék anyagaként «folyós iszapot» tüntet föl.

Úgy látszik, a folyómeder az 1 km-nél levő fenékesés-megtörésnél, az otočaci köhid mellett, hol is a folyófenék 5 m-t emelkedik 100 m-en, annak idején sokkal szélesebb, sekélyebb és szabálytalanabb volt (7. ábra). Az utolsó évszázadban véghezvitt különféle szabályozó munkák következtében az eredeti képe elmosódott. A hosszmetset adatai szerint a víz mélysége nagyon változó, de nyilván nem dolinákkal van itt dolgunk, minthogy a folyó szélessége kb. állandó marad és középértékben 16 m. A folyó e négy km-je azzal tűnik ki, hogy számos, jól kifejlődött ponort találunk rajta. 2·8 km-es darabon nyolc ponoresoport sorakozik. Hét ezen csoportok közül a kanyarulatok csúcspontjai közelében fekszik. Vázlatuk (17. ábra) világosan mutatja jellemző tulajdonságaikat. A ponorokhoz vezető ág kb. derékszögben válik el a folyótól, többnyire párhuzamosan halad a folyó tengelyével, de ellenkező esésű. A ponorok meglehetősen szabálytalanul rendeződtek el, különböző nagyok, 2—15 m átmérőjűek, meredek, agyagos oldalú tölcéserek, feneküket beiszapoltt szikladarabok és bemosott anyag borítják. A befolyási csatornák erősen kanyarognak és meglehetősen esésűk van, úgy hogy már messziről hallani a lefolyó víz csörgedezését. A folyó medrét annyira benötte a növényzet, hogy alacsony vízállás mellett nehéz rajta csónakkal keresztüljutni. A zöld, ide-oda imbolygó szigetek között csak keskeny nyílt csatornák maradnak. A vízszin esését e növényi zátonyok a lépcsők egész sorára bontják, ezeket azonban az általános hosszmetsetben nem juttattam kifejezésre.

1·00 km-től 2·6 km-ig — nyilván a 70-es évek szabályozása következtében — az esés  $0\cdot385^{\circ}$  oo, tehát igen nagy. 2·6 km-től a vízszin esése  $0\cdot178^{\circ}$  oo.

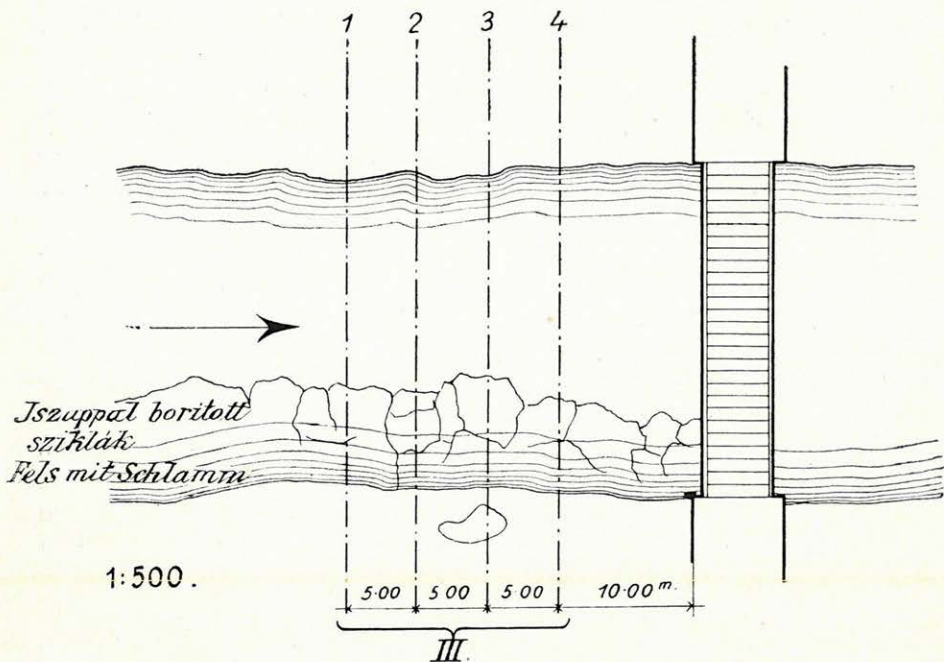
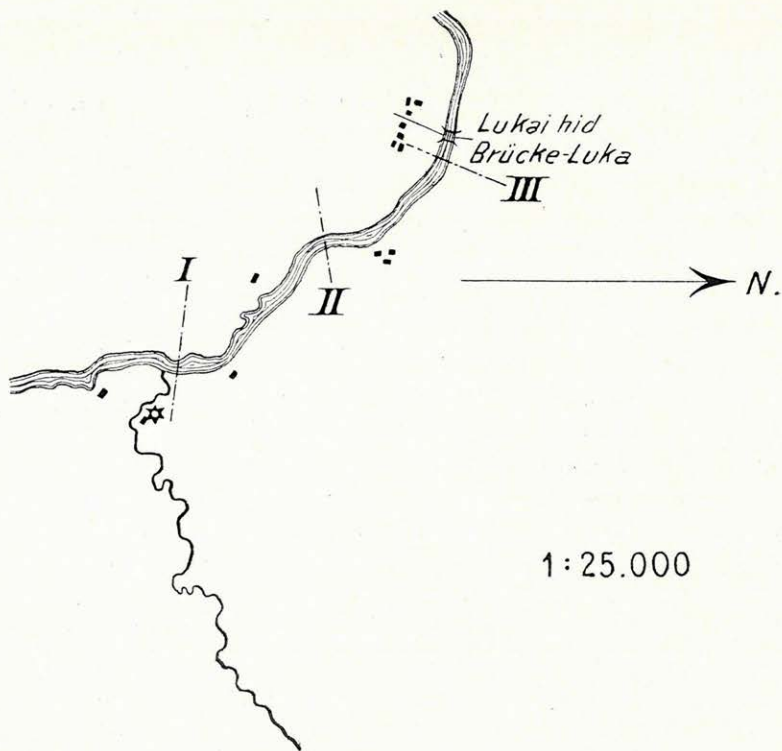
3·8 km-nél a folyó állandó iránya  $120^{\circ}$ -kal elfordul és egyenesen északnak irányul. Egy régi holtág azonban még 1 km távolságra folytatja a kelet-nyugati folyórészletet.



Az első száz méterben szakadozott és sziklás, egynehány jelentéktelen ponort tartalmaz, azután csakhamar elágazik és számos dolinaszerű mélyedésben végződik. A völgy talpát vastag agyagréteg takarja és eróziónak nyomát sem mutatja. Hogy e vakon végződő völgynek milyen szerep jutott a folyó történetében, azt a harmadik részben fogom részletesen kifejteni. A 3·7—6·7 km egyenesen észak felé irányuló folyórészlet magas partjai meglehetősen párhuzamosan haladnak, egymástól 60—100 m távolságban, részint laposabb, részint meredekebb vagy egész függőleges, sziklás, bozóttal benőtt, a völgy talpa fölött 15—20 m relatív magasságú lejtők. A folyó tág ívekben kanyarog e magas partok között.

A jobbpart meredek, szakadozott sziklafalai lábánál két ponor nyílik. Nagyságukra és alakjukra föltűnően hasonlítanak egymáshoz. Úgy látszik, egész ponoresoportok olvadtak itt egybe s alkotnak egy-egy nagy dolinaponort, amelyek szabálytalan alakúak és számos nyelőhelyük van; utóbbiakat a dolinafenék tölcésalakú, kövekkel és bemosott fatörmelékkel részben kitöltött mélyedései árulják el. A hozzávezető csatorna lankásabb lejtőjét és legmélyebb vonalát valóságos törmelékhalmoz borítja; a Gačkopoljében ez szokatlan jelenség. Mindkét ponor átmérője vagy 40 m. A hozzávezető csatornák sűrűn kanyarogva mélyen bevágódnak a sziklás alapba. A ponor mélyéből meredek partként egészen a magas terraszig emelkedő sziklafalakon egy piszkosbarna kéregnek a fehér szikla felé való határvonala alakjában megjelölődött a magas vizállás. Ha télen nézzük a völgyet valamely magasabb pontról, például a 6·5 km-nél levő magas terraszról, a folyót keskeny, sötét sávnak látjuk, amely egyik magasparttól a másikig a hóborította csillogó fehér völgy talpán keresztül húzódik. A két ponoresoportot pedig a völgy egész szélességét kitöltő fekete tavaknak látjuk.

A folyó következő részében 6·7 km-től 8·7 km-ig a Gačkaág északnyugatnak folyik. A magaspartok itt már nem párhuzamosak; a völgy szűk részletei széles kitágulásokkal váltakoznak. Jelentősebb ponorok nincsenek. Ellenben az állandó eróziós árok a fenék igen változatos hosszirányú metszetét mutatja. A legmélyebb helyek, amelyek mindig egyszersmind erős kiszélesedéssel kapcsolatosak, majdnem mindig a magaspart kiugró sziklaorrainál vannak, úgy hogy azt gondolhatnánk, hogy a merev ellenállással kapcsolatban a folyóvíz kivájó munkája hozta azokat létre, ha ezen a normális mederkeresztmetszetet a 20-szorosával és még többszörösével is fölülmuló kiöblösödések keletkezésének illetően módon való magyarázata egyenesen kizárt nem volna. A sziklás lejtők a magas vizállás jelen kívül a folyóvíz munkájának nyomát sem mutatják, a kiálló rétegfejek váncos és tömb formájára legömbölyödtek és



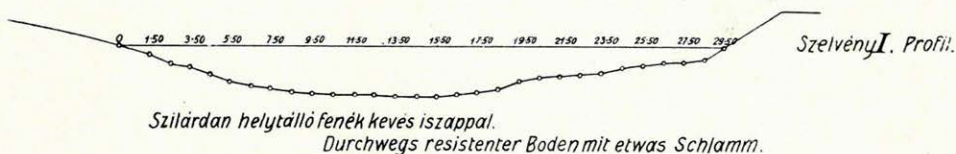
10. ábra. A közös Gackaágban 1909 július 30-án szondázott harántszelvények helyszínrajza. III-mal jelölt szelvények a lukai hid fölött.



a dőlés irányában a Karsztra jellemző léceket és csatornácskákat viselnek. Az esés  $0\cdot178-0\cdot216\text{‰}$ .

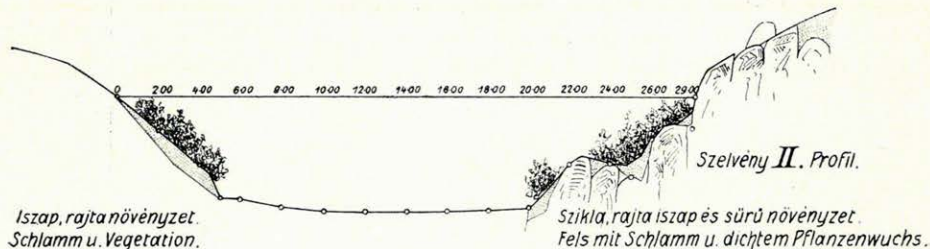
Az erre következő folyórészlet  $8\cdot7$  km-től  $14\cdot8$  km-ig valóban a legérdekesebb.

Csak két nagy, félköralakú görbében megtörve északnyugati irányban folyik a folyó és e  $6\cdot4$  km hosszú részletében 14, csaknem kerek,  $60-100$  m átmérőjű tavat alkot. E tavak szabályos alakúak, tányérformájúak, egész  $20$  m mélyek és a vízmérések eredményei szerint csaknem teljesen vízelzárók. Az egyes tavakat összekötő medrek ke-



11. ábra. Szelvény a 10. ábra helyszínrajzához.

resztmetszete a 16. ábra és tábla tanúsága szerint kicsiny, az esésük erős, középértékben  $0\cdot350\text{‰}$ . A völgy talpát homokos agyag borítja és benne csak jelentéktelen, mélyedésszerű ponorok vannak, ezek azonban nincsenek kapcsolatban a folyómederrel, úgy látszik, csak az áradások



12. ábra. Szelvény a 10. ábra helyszínrajzához.

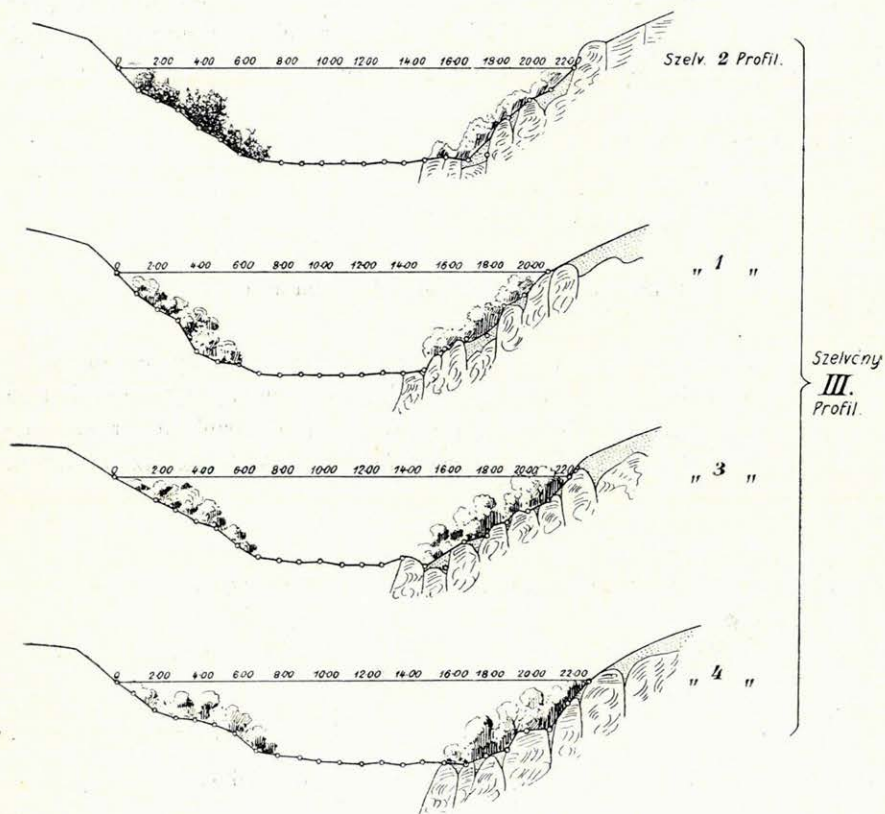
idején működnek. Egy helyen és pedig  $7\cdot2$  km-nél a meder agyagos lejtőjében az erózió által kiszabadított  $50$  cm vastag, félig elszenesedett fatörzset találtam.  $13\cdot6$  km-nél az állandó vízallás fölött  $7$  m-rel egy kőbányában számos levél- és szármaradványt tartalmazó mésztufát fejtenek. A mésztufa mésztartalmú, kissé homokos agyagra telepedik. A krétamészkö, amely eddig a jobb magaspártot alkotta, úgy látszik elvetődött egy a völgyön keresztülhaladó vonal mentén és eltűnik az üledékek alatt. (16. ábra.)

A folyó vagy  $12$  m mélyen vágódik a medenceföltöltődésbe. Az itt következő három tó partja éppoly menedékes, mint az elsőké. egy-

mással azonban mély, keskeny, meredek, agyagos lejtőjű eróziós árkok kötik őket össze. A völgy talpát borító földek igen jó külsejűek, egészen az áradási határig terjednek.

A 14. ábra a XI. tó és a mésztufaföltérés helyzetét ábrázolja.

Az utolsó tótól, 14·7 km-től kezdve, a parti lejtők hirtelen alacsonyodnak és közvetlenül a malmok előtt, 17·2 km-nél már csak alig

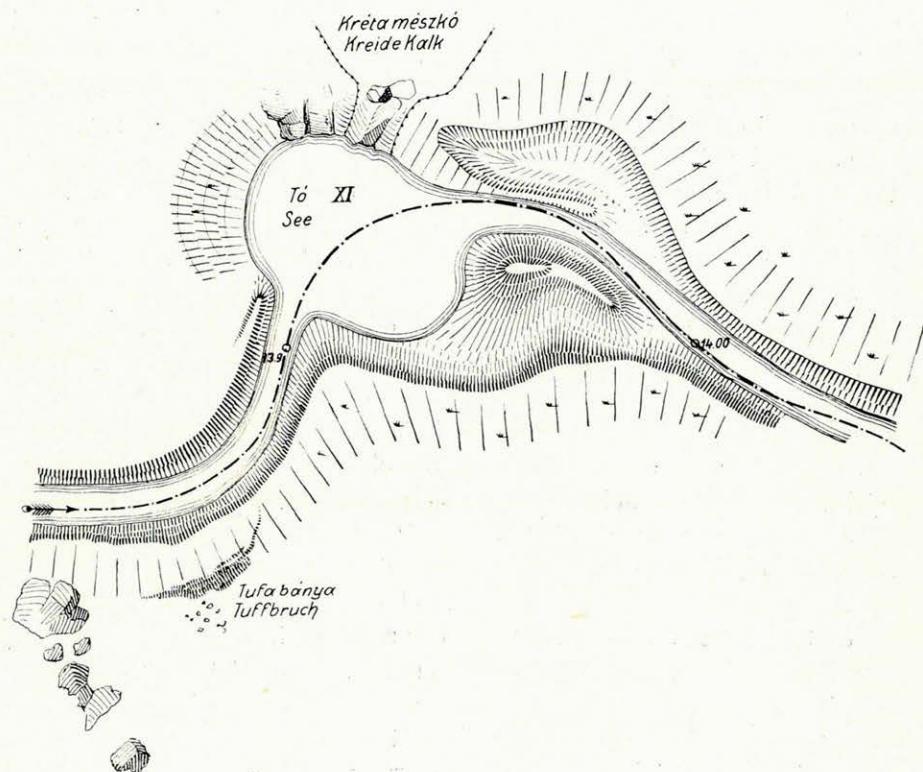


13. ábra. Szelvények a 10. ábra helyszínrajzához.

egy méter magasak. A folyótól jobbra a part sziklásan, erdővel csak itt-ott borítva, lassanként emelkedik a Dubrava magas terrasza felé. Nyugat felé, lassanként emelkedve, egészen a Velika greda lábáig, a keleti elkarstosodott tájjal jóleső ellentétben, messze terjedő, termékeny síkság terül el. A Debela keleti lejtője elzárja az árkos vetődést és az északi Gačkaág a 485 m magas terrasza északkeleti szegélyét keskeny szorosban Brlog község alatt töri át. Az itteni erős esést öt malom használja föl. A Gačkanak a malmokból kifolyó vize a XI. tónál le-



írtakhoz nagyon hasonló agyagos-tufás völgyfeltöltődés keskeny eróziós árkába jut. Többszörösen kanyarogva halad a folyómeder nyugati irányban. A parti lejtők kezdetben igen meredek és csaknem 15 m magasak, majd hirtelen laposabbá és alacsonyabbá válnak és Brlog mellett a Gačka közepes vízállásnál alig egy méterrel mélyebben folyik a környező területnél.



14. ábra. A XI. tó helyszínrajza, 13·9 km-nél.

Brlog mellett elágazik a folyó, egyik része ÉÉNy-nak fordul, keresztülfolyik a Gusićpolje 435 m magasan fekvő, elmocsarasodott völgyfenekén és a Gusić gradina nevű romtól nyugatra elenyészik; a másik ág délkeleti irányban, a völgyfenékbe csak kevéssé bevágódva, egy szoroson keresztül a Vlaškopoljébe folyik. A polje orografiai képe Brlogtól kezdve eléggé föltűnő. A mai völgyfenéktől délre és északra egy-egy meredeken leszakadó, elkarsztosodott magasterraszt találunk; 485 m magasan, egyenlő magasságban a Dubrava-fennsikkal, 45 m-rel a brlogi malmok alatti állandó víztükör felett, kb. 30 m-rel az 5—17 km völgy-



részlet magas síkja felett és kb. 20 m-rel a Gačkopolje déli részének sziklás részleteinél magasabban. A feltöltött völgyfenék közepes esése Brlogtól Gusićpoljeig  $4\cdot5\text{‰}$ , míg ellenben a folyófenéké csak  $1\cdot5\text{‰}$ . A poljefenék sík, termékeny és nincsenek benne ponorok.

Az északi Gačkának a Vlaškopolje felé vivő ága valami 3·8 km-nyire DK-re Brlog stacijetől nyugatnak fordul, a poljefenék igen különböző szélességű medenceszerű bemélyedésén tág kanyarulatokkal folyik keresztül, a völgyfeltöltődésbe csak kevéssé vágódik be és a polje nyugati végén számos, szabálytalan alakú ponorban eltűnik.

A poljefenék magasan fekvő részei termékenyek, zöldséggel és gabonával bevetettek. A ponorok körüli területek ellenben terméketlenek s vízi növények korhadó, kellemetlen szagú maradványaival borítottak. Valamennyi ponor dolinaponor. A medence fenekén szabálytalanul oszlanak el és sekély csatornák kötik őket egymással össze. A kisebb ponormélyedések sekélyek, a nagyobbak egész 25 m átmérőjűek és éles törési peremük van.

Egyeseket közülük szabályozták a polje víztelenítésének gyorsítása céljából. Nyilván abban a reményben, hogy valamely üreget ütnek meg, köröskörül mintegy 6 m mélyre aknákat ástak le s azokat teljesen kifalazták. Magától értetődik, hogy sem üreget nem találtak, sem pedig a vízfolyásnak számbavehető meggyorsulását nem érték el. Úgy véltek tehát a dolgon segíthetni, hogy az áradások vizét egy csatorna segítségével a poljetől nyugatra fekvő és attól egy nyereg által elválasztott, agyaggal teljesen kibélelt karszmélyedésbe vezetik.

A nyílt csatorna a polje területén hatalmas agyagréteget vág keresztül. A nyeregbe vágott táró azonban igen laza, vastartalmú repedéskitöltést, még egészen meg nem keményedett durva breccsát tör át, aminek következtében azután a táró talpa egész 1 m mélyre is leszakadt. A Vlaškopoljéből levezetett víz egy része így megállapodik már a táróban, másik része egy a nyereg mögötti ponorba jut. Ez a ponor kb. 200 m átmérőjű mélyedésben foglal helyet. Hosszúkás, a hosszirányú tengelye kb. 25 m és meredek, agyagból álló fala és éles pereme van. Ottjártamkor (1909 április 10.) kb.  $1\text{ m}^3/\text{mp}$  vízmennyiség folyt ki a táróból. A ponor felső szélé alatt 4 m-ig vízzel volt tele. A víz színe tehát kb. 8 m-rel volt a Vlaškopolje áradási területének víztükrénél mélyebben. A medence hátterének jól padozott mészkövei  $12^{\text{h}} 15^{\circ}$ -al, a Vlaškopolje keleti végén, az út mellett, a 633 m magassági ponttól keletre  $7^{\text{h}} 35^{\circ}$ -al dülnek.

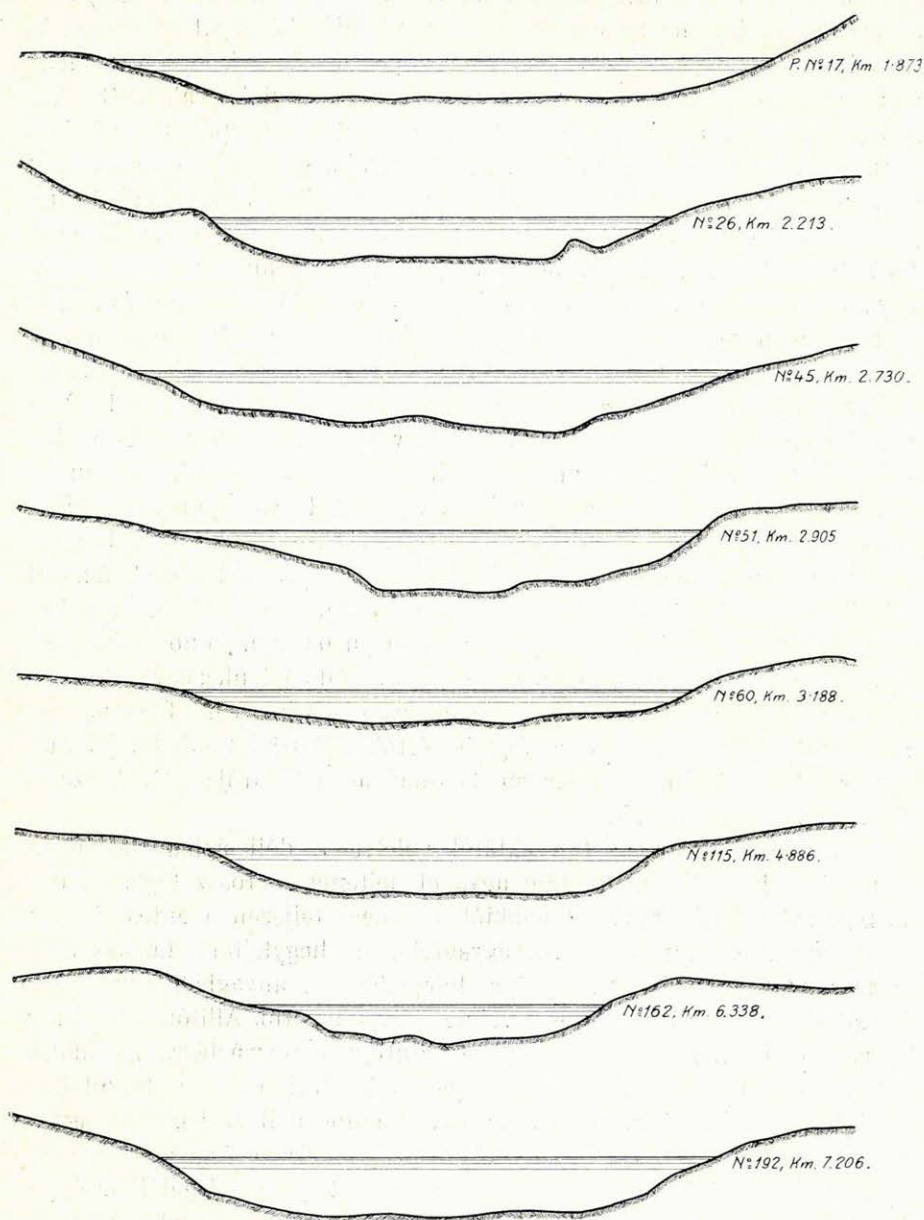
Mint már a bevezetésben említettem, a Gačka folyó Otočac mellett, mintegy 16 km-rel a Tonković-forrás alatt, ketté ágazik. A 7. ábrán közölt, 1870-ből származó térkép ennek az elágazásnak azt a képét

adja, amilyen akkor volt: egy esomó vad, sekély, többszörösen elágazó, az agyagos völgyfenékbe csak kevésbé bevágódó folyóágot. Csak azok a rövid, vakon végződő árkok, amelyek a ponorokhoz visznek, vágódnak mélyen az agyagtakaróba, sőt részben még a sziklás alapzatba is. A régi térképen alig 1 km-nyi darabon mintegy 12 ponort számlálhatunk össze. Az őszi és tavaszi magas vízállások idején ez az elágazási terület hetek tartamára víz alá került, úgy hogy a vízlefolyás gyorsítása céljából egy átvágást vettek tervbe és a főágot az áradási területen túl a déli ág egy pontjával az 1·4 km hosszú, részben az agyagtakaróba ásott, részben a sziklába vágott Károly-csatornával kötötték egyenesen össze. A legtöbb mellékágot betömték, csak a legészakibb, poljicei ágot hagyták meg. Az áradások mocsaras, sivar területét a Károly-csatorna gyökeresen megorvosolta s ma az a Gačkapolje legtermékenyebb része. A folyóágakkal együtt a legtöbb ponort is betömték. Csak a három főponor maradt meg és ezek fogadják magukba a Poljiceágba lépő víz legnagyobb részét. A három ponor közül az északi és a déli dolinaponorok meredek falú, egymással és a Poljiceággal csatornával összekötött mélyedések sorai. A mélyedések fenekét közettörmelék borítja. A Poljice templomától nem messze, a Švica felé vivő útélágazásnál fekvő középső ponor típusos aknaponor. Keskeny, az altalaj mállott mészkőszikláiba mélyen bevágódó, jelenleg egy malommal részben beépített árok vezet egy függőleges, magasra nyúló, függőlegesen repedezett sziklatömbök közé foglalt kürtöbe. E sziklatömbök fejei vagy 1 m-rel kiemelkednek a hegy sik lábának agyagtakarója fölé. A szakadéka vizesés zuhog alá.

A Károly-csatorna torkolatától keletre, a déli ágban, az egyik csak kissé kiemelkedő dombon agyagot fejtenek s rossz téglákká dolgozzák azt fel. Az agyag homoktól csaknem teljesen mentes és sok *Planorbis* házat tartalmaz. Az agyagtelep a hegylejtőre támaszkodik. E lerakódás szokatlan vastagsága, telepedése és anyagbeli minősége a levegőből való leülledésére engednek következtetni. Állítólag Prozornál is vannak ilyen löszdombok, ezeket szintúgy téglagyártásra használják fel; magam nem kerestem fel e helyeket. A Károly-csatorna torkolatától a Gačkaág keleti irányban, szorosan a polje déli szélén s az agyagtakaróba kb. 2 m mélyen bevágódva folyik. Az esése nem csekély, középértékben 0·7‰; a folyómeder növényzete mégis legalábbis éppen olyan dús, mint az északi ágban. Helyenként megduzzasztja a gazdag vegetáció a vizet és a sűrű növényi tömegek felett, mint valamely vadpatak a sziklatömbökön, széles hullámokban hömpölyög az tova.

Ez egyáltalában nem óhajtott rétek lekaszálásáért a lakosok a tartományi kormánytól jutalmat kapnak. Még a Károly-csatornában is,

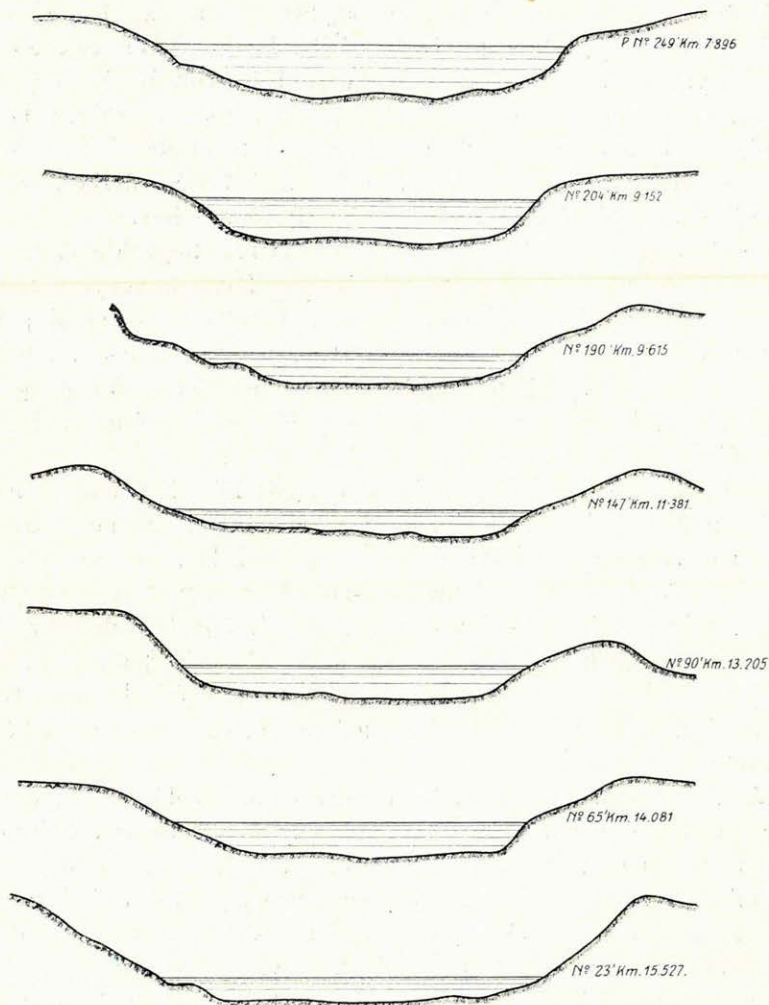




15. ábra. Az északi Gackaág jellemző metszetei I. Közepes vízállaskor (10 m<sup>3</sup>/mp a közös ágban). Mérték 1 : 200.



melynek pedig alacsony vízállásnál 25 cm/mp. a közepes sebessége és egész egy fél méterre növekedik, megtelepedtek vízi növények. A fenék e növényzete a különböző folyórészekben különböző. Úgy látszik, az egyes fajok bizonyos sebességi viszonyokhoz kötvék.



16. ábra. Az északi Gackaág jellemző metszetei II. Közepes vízálláskor (10 m<sup>3</sup>/mp a közös ágban). Mérték 1 : 200.

Šumecica faluban egy sekély árok ágazik ki, ez a Šumečički vrh északi lábánál, meredek sziklák közt fekvő aknaponorhoz visz. Állítólag ez a ponor is zavaros vizet szolgáltat éppúgy, mint a Pečinaforrás, a Lika magas vízállása idején.

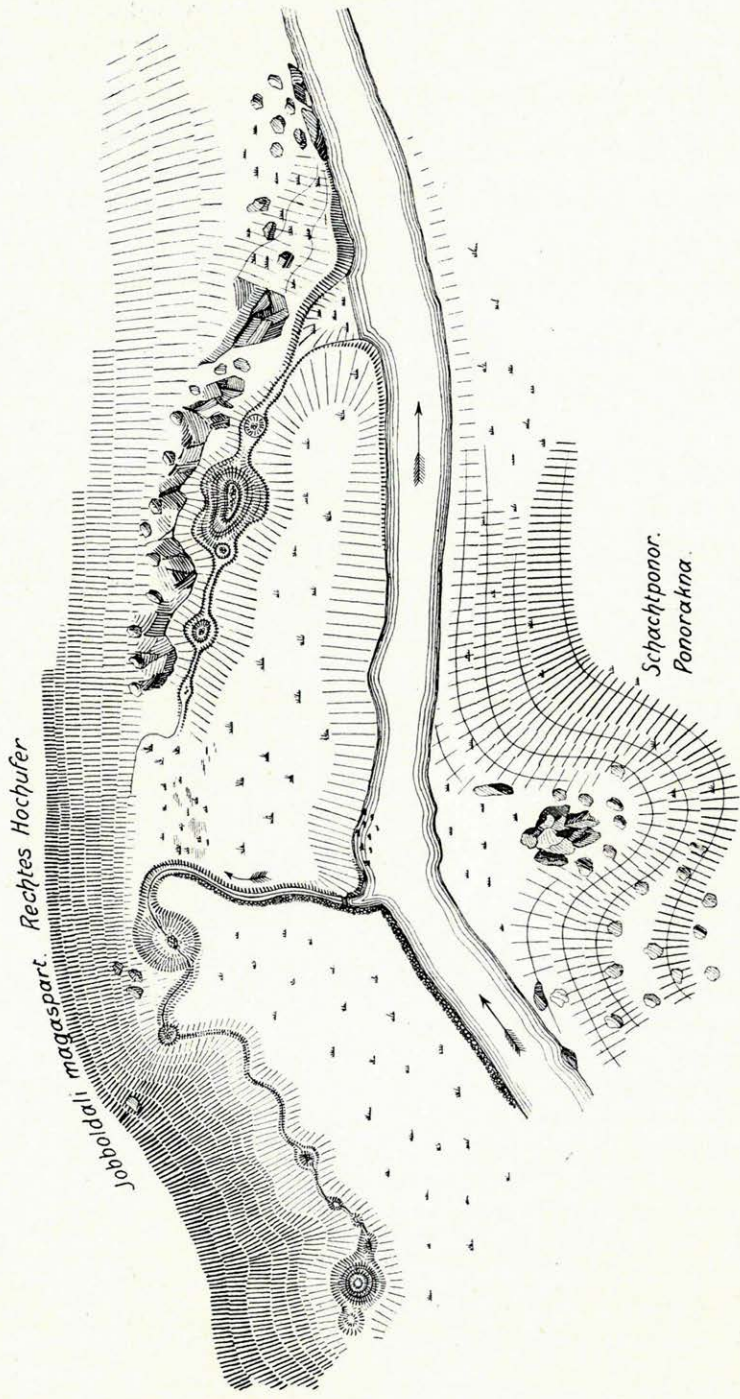
Négy km-es útja után a folyóág Poljice különben szép rétekekkel borított síkjának mocsaras nyugati sarkát éri el és mintegy 1 km hosszú, 60 m széles s 8 m mély tóvá terül el, amennyiben egy lapos, agyaggal borított mélyedés területét elől. Mint több vízmérés bizonyította, e folyótó feneke vízhatlan. A partok agyagosak, síkok, termékenyek. A medence északnyugati végét több sekély, benőtt és elmocsarasodott ágból hagyta el a folyó s csak a nyergen túl gyűlt ismét mély, erős esésű eróziós mederbe. Ennek következtében a partok gyakran víz alá kerültek. Rövid átvágással szüntették meg ezen áradásokat. Kevéssel Švica előtt kőhid fogja át az eróziós völgyet. A folyómederben számos, ökolnyitól egész fél köbméter nagyságú szikladarab hever.

Feltűnő jelenség, ha egyrészt a tagolatlan hegyoldalakat, másrészt a felsőtő tiszta medencéjét tekintjük. PAVELIĆ vegyeskereskedő házában a magas vízállás régi jegyét látjuk. A 450-es magassági ponton van, vagyis a Gačka folyó Otočac melletti rendes vízállása felett és a poljicei síkság magasságában. Megfelelhet a Švica-tó lehető legmagasabb vízállásának. A švicai védőgátakon keresztül a Gačka folyó a homorú formák új sorába jut.

Mintegy 1 km-rel Švicától délre, nyugati irányú vonalban három hosszúra nyúlt hegyhát húzódik és kapcsolódik tompa szögben a Senjsko Bilohoz: a Zabrado, Lombardenik és a Čeplist. E hegysor északi lábánál három hosszúkás, mély medence fekszik. Ezek egy közös mélyedést alkotnak, amely Švicától egészen a Senjsko Bilóig húzódik, azután e hegyvonulattal párhuzamosan északnyugat felé, kiterjedt, dolinákban szegény mélyedések egész sorában folytatódik. Lankás, alig 30 m relatív magasságú nyergek választják el a medencéket egymástól (tábla és 18. 19. ábrák).

A Lombardenik északi lejtőjét borító sűrű, sötét fenyőerdőt vízszintes, egyenes vonal választja el a mélyedés legelőitől. Lejtőjét és talpát vastag, megszakadás nélküli agyagréteg fűdi, amely lágy, széles körvonalakkal az alapzat összes egyenetlenségeit feltűnteti. Különösen jól kivehetők ezek a tóra jellemző lekerekített körvonalak decemberben, mikor a félig tele tó sötétszínű vize élesen elválik a sima parti emelkedés fehér havától. A lágyan futó partvonalnak a fehér takaróval való éles határa, a Lombardenik völgyektől nem szakgatott lejtője és a Senjsko Bilo zárt tömege főséges egyszerűség csodálatos képévé egyesülnek. Mikor tavasszal a vízszin lejjebb süllyed, az északi lejtő 50 m széles sávja a legteltesebb, legtisztább ibolyaszínben pompázik a mélyebben fekvő rétek élénk zöldje fölött. Egy lóbab-féleségtől származik ez, amely a nevezett sávön különösen jól és tömegesen tenyészik. Ha a medence kiszárad, világosan kivehető az áradás





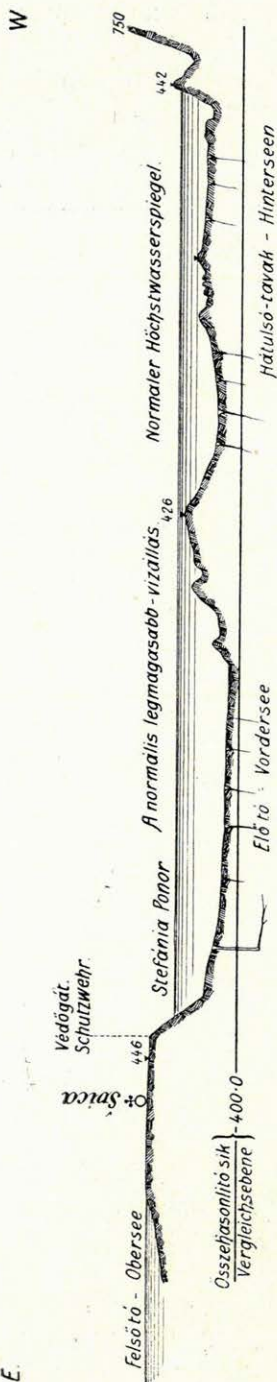
17. ábra. Ponortáj az északi Gackaug 2,5 km-es pontjánál.



időtartamának a növényzetre gyakorolt hatása. A leghosszabb ideig víz alatt lévő területek terméketlenek, nyár derekán bomló, kellemetlen szagú nyitvatermők rétegével borítvák. Szórványos gyep közvetíti az átmenetet a pompás, gazdag rétek felé, amelyek a lejtőket az áradási határ alatt egynéhány méterig födik. Innen fogva a gyep ismét sárgább és az agyagtakaró határa fölött, a déli oldalon, elkarsztosodott terület következik száraz, szürke, illatos dudvával és kúsza boróka-bozóttal. Az északi oldalon nincsenek meg ezek az éles határok; meredekebb, sziklás az és az áradás határán fölül fenyők nőttek be. Ha félig elöntött állapotban látjuk a mélyedést, elzárt, agyaggal bélelt és lekerekített oldalaival mesterséges úton kitűnően elszigetelt víztartónak gondolhatnók. Csak ha szabaddá válik a víztől, akkor vehető észre az a sok ponor, amelyek törmelékkel borított, sziklás fenekű kisebb-nagyobb dolinák képeiben közvetítik az összeköttetést a karsztvízzel. A legészakkeletibb sarokban az előtő hegyes öbölbe fut ki, csakhamar azonban kerek, sűrűn álló dolinákból összenőtt medencévé szélesedik. A sima, kagylószerűen lekerekített, egyszínű nyugati résszel sajátosságos ellentétben áll az alakban és színben gazdag keleti oldal. Malom malom hátán áll, közben gyümölcsfák és ősrégi legelők. A déli Gačka-ág vize a Švica melletti védőgátat elhagyva, egyik zsilipről a másikra folyik, azután gazdagon benőtt travertínosziklák között szerteszakadozva, pompás vizesések két csoportjában zuhog alá egy közös víztartóba. Esése a védőgáttól számítva kerek számban 30 m. A víztartóból széles, a medence több méter vastag agyagtakaróján keresztül egészen a sziklás alapzatig bevágódó eróziós meder vezet meredek oldalakkal és erős eséssel észak felé, azután ott, ahol az egész tómedence közös hosszirányú tengelyét metszi, tág és mind szűkebbé váló kanyarulatokban a ponorok vidékén keresztül a tófenék legmélyebb részei felé fordul és itt egy, szárazra nyár derekán sem való vízállásba ömlik. Valamivel a nyugatra való elkanyarodása előtt gátat építettek a folyóba, úgyhogy egy mesterséges árok az alacsony és közepes vízállás egész vízmennyiségét innen az ú. n. Stefániaponorba viszi. Ezen elgátolásnak az a célja, hogy a közepes vízállás vizének az elnyelni nagy mértékben képes ponorba való elvezetésével a termékeny tófenék fölszabadulását elősegítse. A Stefániaponor valódi aknaponor. A legfelső, éles pereme kör alakú és mintegy 25 méter átmérőjű. A falai nagyon ellenálló, mésztől átjárt agyagból állnak és csaknem függőlegesek, mintha a tófeltöltődést szilárdra döngölték volna. Mintegy 8 m-rel a perem alatt az agyag alól vastag mészkőpadok bukkannak elő. Ahol jól láthatók, aránylag kevésbé repedezettek és összeszűkítik a ponor torkát. A víz a mesterséges csatornából erős vizesés alakjában zuhog a mé-

lyébe. 1909 február elején a félig telt tóban mintegy 20 cm átmérőjű örvénylés árulta el nekem finom hegyben végződő tölesér alakjában a ponor helyét s igazolta így az akkor is meglévő, bár meglehetősen csökkent elnyelőképességét. Március közepén ez az örvénylés már nem volt látható. A tóból patak folyt a szomszédos száraz mélyedésbe. Egy jégtakarónak a nagy dolinaponorok lankás lejtőit borító négyszögletes foszlányokra töredezett maradványai azonban a tó tükrenek megelőző magasabb állását árulták el. Április 10-én a tó 5 km hosszúságban mind a három medencét elfoglalta. Vízszíne a 430 m-es magassági ponton állt. Május vége felé az elötó már csak félig volt tele. A Stefánia-ponor fölszabadult a víz alól, de aknájában a víz mintegy 7 m-rel a pereme alatt állott. A második medence szintén félig volt tele s az elötóból jövő patak táplálta. Nyár derekán az összes medencét szárazon találtam s november utolsó napjaiban az első tó kb. a 420 m-es magassági pontig duzzadt és a főponor már nem látszott. A második tó még száraz volt.

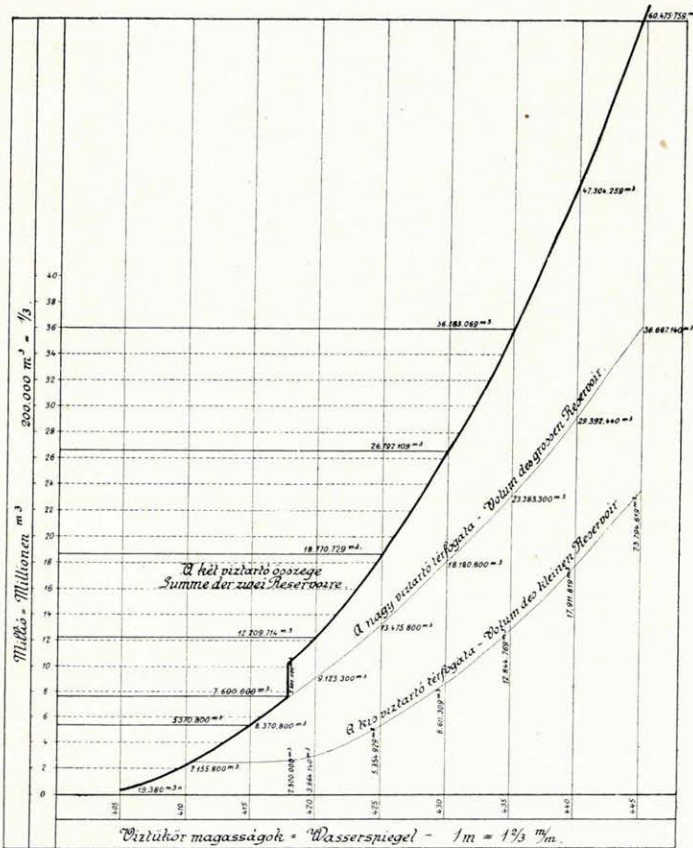
ZVETKO WURSTER kerületi mérnök úr meglátogatta a Stefánia-ponort és konstataulta, hogy a ponor egy barlang útján nem közlekedik valami földalatti folyóval. A ponor aknája 20 m-en merőlegesen ereszkedik alá, ferde irányban egy barlangban folytatódik, aztán számos keskeny repedésben oszlik el. Állítólag a ponor fekéen a sziklafal egy repedéséből erős vízáram folyt, amely azonban a barlanggal együtt eltűnt a kőzetben. A tómedence sziklás fekéét az agyagréteg 1 és 10 m között ingadozó vastagságban borítja el. A 425-ös rétegvonalnál azonban megszűnik és a mélyebb nivó több rétegvonalán csak jelentéktelenebb lerakódások alakjában van meg. Az elötó fekéén



18. ábra. Hosszirányú metszet a Svicatavon keresztül. (A magasságok a távolságokhoz viszonyítva 10-szer nagyítottak.)



található ponorok nagyobb és kisebb dolinaponorok, lankás, agyagos fallal és sziklás, közettörmelékkel borított fenékkal. Többnyire hosszúra nyúló, többszörösen elhajló mélyedések fenékén vannak. Nagy részüket betömté az üledék. Kicsiny, kerek pocsolják e dolinákban nyár derekán is megmaradnak, vagy pedig lassanként, a főtótól függetlenül, elpárol-



19. ábra. A Svica-tavak kapacitása (a vékony vonal csupán az előtőé), valamint a tavak csoportjé (a vastag vonal) a szerint, amint különböző magasságig megtelnek.

gás útján eltűnnek. A két hátsó tó ponorai jóval nagyobbak, egészen 80 m átmérőjűek. Soralakban, görbevonalú mélyedésekbe való elrendezés itt kevésbé tűnik föl, ahelyett azonban gyakran nő több dolina egy közös mélyedésbe össze. E mélyedések fenékén a vizelnélő helyeket agyagfeltöltés választja el és többé-kevésbé szögletes közettörmelék laza fölhalmozódásával árulják el azok jelenlétüket. A dolinák peremei részint ellaposodnak, részint élesek. A hátsó tavak agyagfeltöltődése az



első tó világossárga, szilárd, mésztartalmú takarójától szétmorzsolódó, kevésbé ellentálló minőségében és vörössárga színében tér el. A két első medencét egymással az elválasztó nyergen keresztül robbantott mesterséges csatornával kötötték össze. A csatorna oldalait alkotó kőzet föltűnően vastartalmú és töredező. Ez átvágás elkészítése előtt a második medencé a 426-os magassági pontnál lévő nyergen való átfolyás útján telt meg.

A malmok falujától mintegy 2 km-re északra a Konjsko Jezero, a švicai medencével földfölötti vízfolyás útján kapcsolatban nem álló, 700 m hosszú és 300 m széles kis medence van. Sima, agyaggal borított felületével, fűvel benőtt földjével élesen elüt ez a medence a környező meglehetősen sziklás, fenyőerdővel borított hegyoldalaktól. A fenekén többször kanyarodó, széles és mély, hosszúra nyúló mélyedés húzódik keresztül. E mélyedés alján számos dolinaponor van ép úgy, mint a Švicamedence hátsó tavaiban. A medence fenekének magassága 421—400 m között ingadozik. Ép oly kevésbé tudtam aknaponorokat fölfedezni a Konjsko Jezeróban, mint a hátsó tavakban. Körülbelül a Švicatavak legmagasabb vízállása idején medencénket is elönti a ponorviz. Érdekes az a körülmény, hogy ez időszakos tóban egy olyan, a Likát benépesítő kicsiny, sötét színű halnem fordul elő, amely a Gačkofolyó területéről és valószínűleg a Svicatóból is hiányzik. E halat a környék lakói tavasszal nagy mennyiségben fogják.

#### 4. A Gačkofolyó vízszolgáltatása.

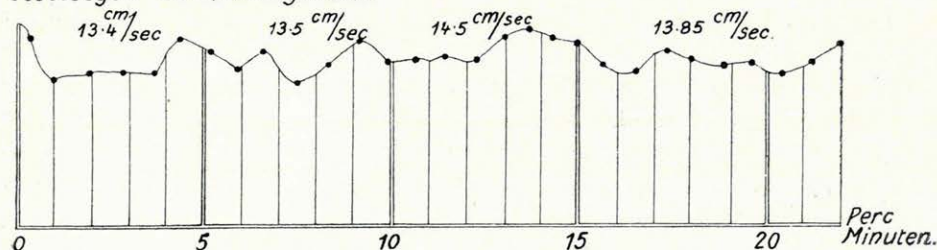
A Gačkofolyó vízszolgáltatásának megállapítása céljából 1909 augusztusától decemberéig részben magam, részben asszisztensem, STELZER mérnök úr nyolc különböző folyószelvényben összesen 38 vízmérést végeztünk. A méréseket alacsony vízállásnál GANSER-féle zsebbevaló sebességmérő szárnnyal, magas vízállásnál egy nagyobb, OTT (Kemptonben) szállította sebességmérő szárnnyal végeztük, mindkettő elektromos jelzőkészülékkel ellátott. A folyómedret a mérési szelvény mindkét oldalán 5—5 m-nyi darabon növényektől és kövektől megtisztítottuk. A szelvény nagysága szerint a víz sebességét 5—11 függőlegesben és pedig azoknak 4—8 pontján mértem. Nehézségeket a víz mésztartalma, a különösen alacsony vízálláskor beálló minimális sebesség, valamint a sebességnek a szelvény ugyanazon pontján rendkívül nagy mértékben való változása okoztak, három olyan körülmény, amely a lomha polje folyókat jellemzi (20—22. ábrák). A sebességingadozások, mint a grafikonból látni, úgyszólván csaknem kiszámíthatatlanok. Ezt én rezonancia-jelenségnek fogom föl és pedig azzal kapcsolatos ez, hogy a zárt növényi tömegek,





amelyek többé-kevésbé izolált részletekben ritmikusan mozogva, a hőpölygő víztömegbe belekapaszkodnak, a víz normális lüktetését fokozzák. E vízmérő munkálatokkal egyrészt a főág vízállásai és a víz-

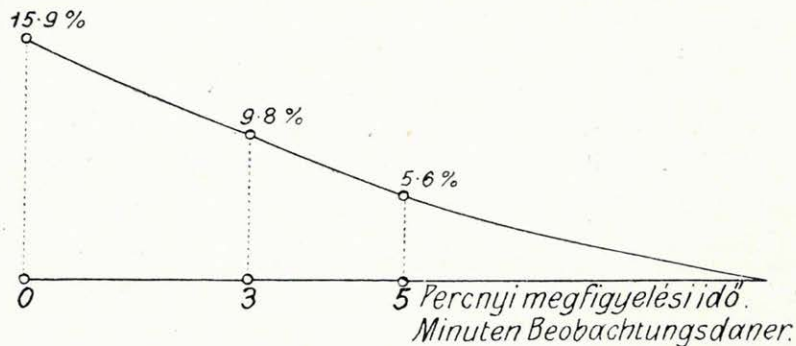
Sebességek *Geschwindigkeiten.*



A változások szélső értékei	5 percig tartó észleléskor	{ 13.1 cm/mp.	11.5% ( $\pm 5.6\%$ )
		{ 14.6 cm/mp.	
	3 percig tartó észleléskor	{ 12.6 cm/mp.	20.7% ( $\pm 9.8\%$ )
	{ 15.2 cm/mp.		
	pillanatonként	{ 11.60 cm/mp.	31.8% ( $\pm 15.9\%$ )
		{ 16.60 cm/mp.	

21. ábra. A víz sebességének változása egy ponton 22 perc alatt 1909 szeptember 26-án az északi ágban.

szolgáltatás közötti összefüggéseket, másrészt pedig a vízveszteségeket állapíthattuk meg (23. ábra). A közös ág vízmennyiségi görbéje 1907



22. ábra. Az észlelés pontossága különböző észlelő idő alatt.

októberétől kezdve egy a svicai híd melletti mércén és 1908 nyaratól kezdve a lukai híd melletti egyik főmérceán a közös Gačkában nap-nap után végzett leolvasásokkal kapcsolatosan világos és érdekes képét adja a vízjárásnak.

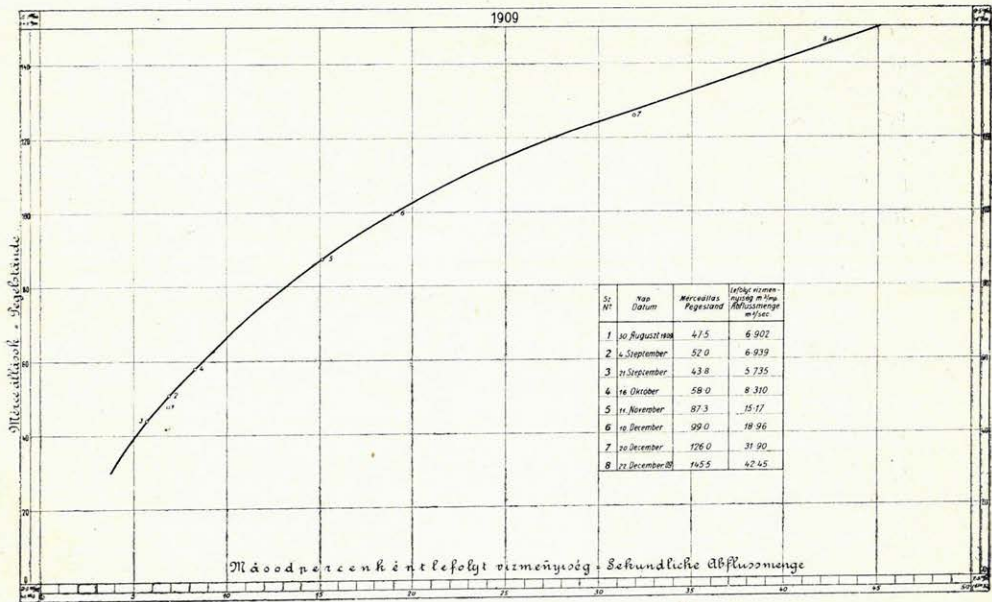
A függelék táblázatokba foglalt s a zágrábi m. kir. meteorológiai intézettől származó adatok a csapadékmennyiség és a fölszinen lefolyó vízmennyiség összehasonlítására szolgálnak. Fontos volt a csapadékmérő állomások megválasztása. Összehasonlítás céljaira csak azokat vehettem tekintetbe, amelyek a vízgyűjtőterületen fekszenek. A vízgyűjtőterület csakis a Likapoljében fekvő Gospić, a krbavapoljei Udbina és a gačkoljei Otočac három állomása között fekehetik. E három állomás megfigyelési adatai fölhasználhatóságuk szempontjából körülbelül egyenlő értékűek. A határok azok, a melyek közé a valódi értékek esnek. A 24. és 25. ábrákon található a lefolyt mennyiségek és csapadékmennyiségek grafikonjai. Az alábbi táblázatban pedig az 1908-ra szóló, évszakok szerinti középértékeket állítottam áttekinthető módon össze.

1908	Havi közepes csapadék-mennyiség			Közepes havi csapadékmennyiség a vízgyűjtőterületen	Közepes mp.-enként lefolyt vízmennyiség m <sup>3</sup> -ekben
	Otočac	Gospić	Udbina		
Tavasszal	93·7	151·5	179·3	141·5	15·06
Nyáron	71·8	92·3	87·2	84·8	7·38
Ősszel	49·4	76·6	76·4	67·5	3·96
Télen	—	180·0	—	180·0	8·85

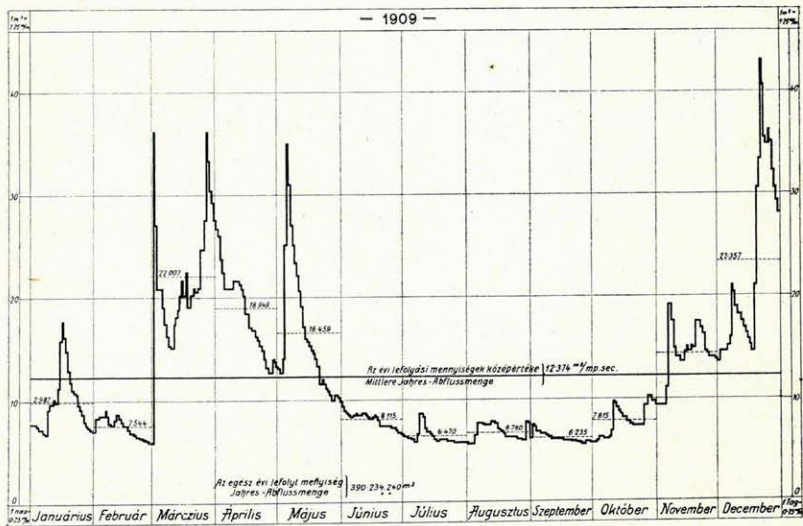
Vízvesztéséget sem a főágban, sem a déli mellékágban nem konstatáltam. (Az a kis csatorna, amely Šumecicánál ágazik ki és egy ponormalomhoz visz, a malomépületen végzett javítómunkák miatt le volt zárva.) A déli ág mérési szelvénye a Károly-csatorna torkolatánál volt. A déli ágban paralelméréseket közvetlenül a švicai köhid mellett végeztünk s ennek eredményei igazolták a felső tó vizet el nem vesztő voltát. Az északi ágban ellenben jelentékenyek a vízvesztések. A következő táblázatban  $q$  az ágba befolyó vízmennyiséget,  $q_1$  a veszteséget jelenti  $m^3/mp$ -ben,  $q_2$  pedig a veszteséget  $q$  százalékában.

$q$ m <sup>3</sup> /mp	$q_1$ m <sup>3</sup> /mp	$q_2$ %
1·3	0·8	62
3	1·0	33
5	1·4	28





23. ábra. A Gačkofolyó lukai mércére vonatkoztatott vízmennyiségi görbéje (1909-ben).



24. ábra. A Gačka folyó vizszolgáltatása (1909-ben).

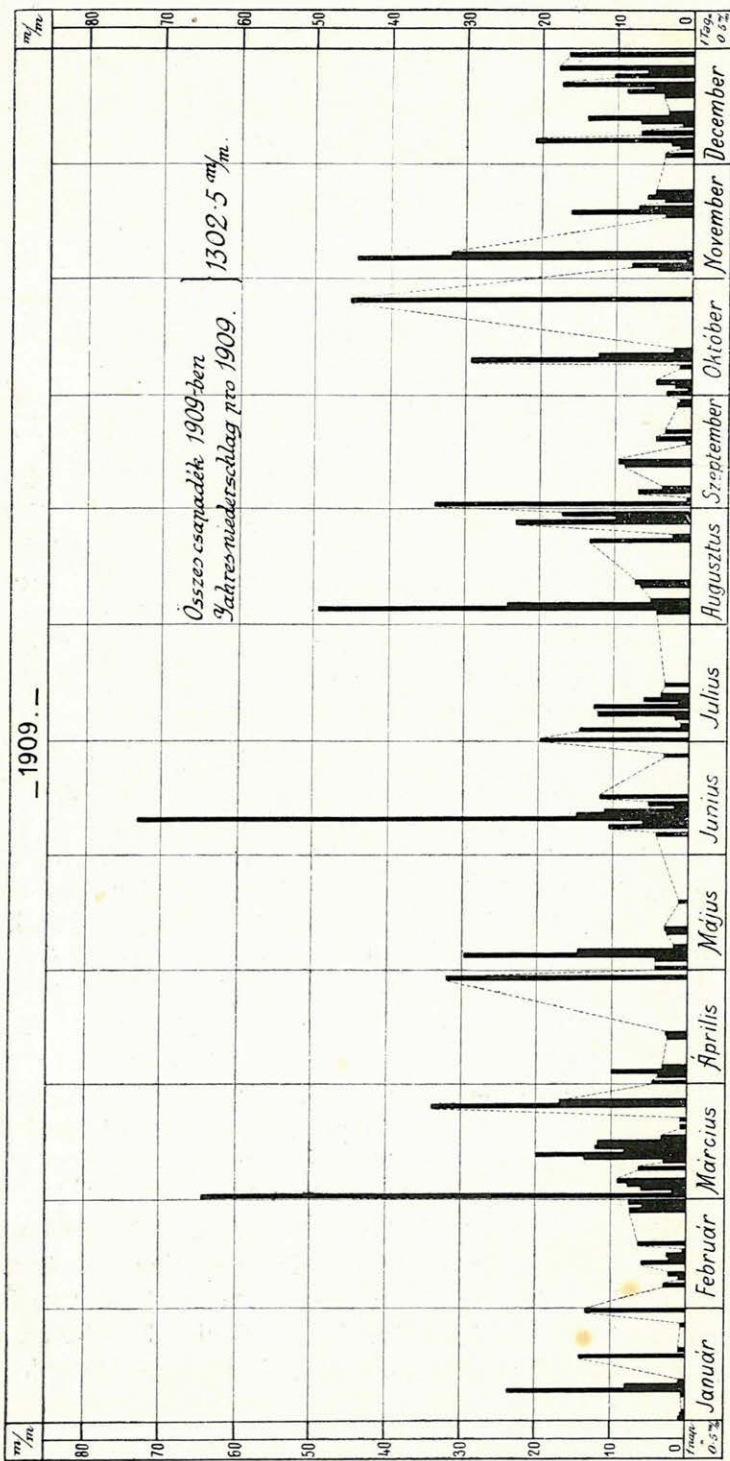
A fönti mérések közül az elsőt szeptember elején, az utolsót december közepén, közvetlenül az első magas vízállás ideje előtt végeztük. Az abszolút vízveszteség növekedését egyes alacsony vízálláskor a folyómederrel nem közlekedő ponorok elöntésére, valamint az elnyelőképes ponorok fenekére gyakorolt nagyobb nyomásra vezethetjük vissza. A vízveszteség azonban csaknem kizárólag a folyóág első 7·2 km-jére (a Károly-csatorna kiágazásától számítva) esik. 7·2 km-től kezdve a folyómeder, valamint a folyónak magas víznyomás alatt álló dolinái is vízetzárók.

### 5. A Sv. Juraj melletti forrásos vidék.

A Sv. Jurajtól Ždralováig terjedő rövid partvonalon, tehát ott, ahol a Likavölgy Kossinjtól való meghosszabbítása a tengerpartot metszi, a Sv. Jurajtól délkelet felé Krasnóra vivő utat tartalmazó mélyedés kijáratánál, a hegy lábából részint a parton, részint közvetlenül a part alatt a tengerben számos édesvízű forrás tör elő. E források száma és rendkívüli bősége arra enged következtetni, hogy itt földalatti vízfolyások nagykiterjedésű területet víztelenítenek. A források legnagyobb részét szubmarin minősége miatt az összes vizszolgáltatásukat még csak közelítőleg becsülni sem lehet. Mindenesetre azonban a Sv. Juraj—Ždralova-part az egyetlen összefüggő jelentős forrásterület (ha egyes kivételektől, mint Jablanac, stb. eltekintünk) azon part mentén, amely a Kossinj-i Likapolje és a Gačkolje mellett elhúzódik.

Már a novi—zenggi gőzhajóutamon föltűnt nekem, hogy a hegyvidék orografiai jelleme Sv. Juraj táján hirtelen megváltozik. Novitól Sv. Jurajig a kép egy kopár meredekparté, meglehetősen egyhangú, kevésbé tagozott háttérrel. Sv. Jurajtól délre ellenben kulisszaszerűen sorakozik, a Velebit gerince felé emelkedve, egyik hegy a másik mögé. A lejtőn visszahajló kiemelkedések gyakori előfordulása pedig különösen jellemzi ezt a partvonalat. Mélyen bevágódó vadpatak nyílik Sv. Juraj mellett, hosszirányú völgy pedig Valle Molino mellett; a hegyoldalak gazdagon tagoltak. Ez a tájkép, meg az, hogy tudtam az édesvízi forrásokról, indítottak arra, hogy bejárásaimat a sv.-juraji munkaterületen megkezdjem. A Zenggtől Sv. Jurajig tartó útbevágásban tömött, világoszürke mészkő fordul elő. Zengg mellett jól kivehetően rétegzett (dőlése  $16^{\circ} 35'$ ) helyenként töredezett és erősen vastartalmú (kőbánya nem messze Nehaj kastélytól); Zengg és Valle Spasovac között többhelyt fehéren érezett. A Valle Spasovacban palás mészkövek telepednek közéje (dőlésük  $19^{\circ} 30'$ ), Valle Ujčánál elmarad a különben jól kivehető rétegzés. A meredek part kőzete a Valle Spasovac ép szikláival ellenében töredező, vastartalmú, a partot a tenger hullámai többhelyt





25. ábra. Légköri esapadék mennyisége 1909-ben az otoáci esapadékmérő állomáson.

alámosság. 400 m-re innen délnek, nem messze a parttól édesvizi forrás van. Grabova előtt a rétegzés, szürke és sárga, finoman kristályos mészkő váltakozása, megint világosan látszik. A Zenggtől Sv. Jurajig terjedő hegyoldalon a mészkőréteg fejei és szirtjei között törmelék és málladék borítja. A HAUER-féle térkép Zenggtől Sv. Jurajig krétakorú mészkövet ábrázol, CVIJIĆ tanár 1908-ból származó bejárási jelentésében Zenggtől a part legkeletibb pontjaig (az úton a 9-es jelzés) krétamészkövet, onnan Sv. Jurajig hallstatti mészkövet, Sv. Jurajtól kezdve pedig krétakorú fehér mészkövet említ. Sv. Jurajnál teljesen megváltozik a kőzet minősége, a szürke, homogén mészanyag helyét világossárga, finom vörös erekkel tarkázott kőzet foglalja el, amely helyenként mészkőbreccsa alakját is ölti. Ez a kőzet nagy valószínűséggel a fiatalabb krétához sorolható. Törmelék és málladék nincs a hegyoldalban, a leszakadó szikladarabok testesek, a felület a dőlés irányában finoman rovátkolt. A Sv. Jurajtól 400 m-re délnek fekvő kis félsziget kőzete sötétszürke, egyszínű mészkő, oly borotvaéles élekre és tarajokra tagolódott, hogy csaknem lehetetlen rajta keresztüljutni. E két közzettanilag különböző terület határán vannak a legészakibb források, a sv.-juraji «kutak», három nem valami kiadós, foglalt partiforrás és öt tengeralatti kiömlés nem messze e kutaktól. Sv. Jurajtól mintegy 4 km-re délnek nyúlik el ez a forrásterület. 3000 m-rel a kutaktól délre, a fönne említett kis, karral borított félsziget melletti öbölben négy tengeralatti forrás van. Ha kevéssé mozog a tenger vize, olajsíma foltok alakjában látszanak. Közülök egyik, a Kola annyira erős, hogy csónakkal nem lehet rajta keresztülhaladni. Ottjártamkor valami 6 m volt az átmérője. A «Voda stergatušta» kis öböl parti törmelékéből, közvetlenül a part mellett tör elő kicsiny forrás. Itt vannak továbbá a «Valle Molini» forrásai. A Valle Molini hosszirányú völgy, a partot hegyes szögben metszi és mélyen bevágódó tengeröbölbe nyílik. A parttól mintegy 200 m-nyi távolságban tör elő ponorszerű mélyedésből egy forrás, amelynek a vize kb. 2 m-es eséssel egy kallót és három malomkővet hajt. Vizszolgáltatását  $1 \text{ m}^3/\text{m}^2$ -re becsültem. Sokkal nagyobb jelentőségűek azonban a tengerben feltörő források. 14—16-ot számláltam össze, ezeknek körei egybefolynak s egy szabálytalan alakú édesvizi tavat alkotnak. A legerősebb forrás átmérője mintegy 20 m, a mélységet 15 m-nek mondták nekem. Ezekből az adatokból a Valle Molini forrásainak nagy bőségére következtethetünk. Források vannak még a Valle Dumbokában és a Valle Ždralovában is. A Dumboka forrása a parttól beljebb bugyog föl, csekélyebb mennyiségű vize lassan folydogál egy algákkal benőtt csatornán az öbölbe. E csatorna mellé annak idején malmot építettek, ma már fölhagyták. A források kelet-



kezését előidéző földalatti édesvizi áramlat természetének megítélésére nagyfontosságúak azok az adatok, amelyeket KRAJAC úr zenggi lakosának és WIDMAR sv.-juraji malomtulajdonos úrnak köszönhetek. A vízszolgáltatás minimuma hat héttel a poljék kiszáradásának beállta után jelentkezik és fordítva a Lika magas vízállása csak hat héttel későbbben válik a források vízszolgáltatásában észrevehetővé. A források apadása Sv. Jurajtól dél felé fokozatosan halad és ellenkező sorrendben lépnek a források megint működésbe. A Valle Molini forrásai és a dumbokai forrás (gyöngesége mellett is) sohasem apadnak el.

## 6. A Gačkopolje keletkezése.

GRUND «Karsthydrographie»-jában háromféle poljet különböztet meg: tektonikus eredetű, kivájt és feltöltődés útján keletkezett poljéket s értekezésében határozottan CVJILIC tanár fölfogása ellen fordul, ki is<sup>1</sup> azt vallja, hogy még a nagy karsztpoljék helyét is tektonikai törési vonalak jelölték ki és a mélyedést eredetileg kitöltő tó lefolyása után keletkezett folyók kémiai elhordásának és mechanikus bevágódásának csak azután jutott fontos, néha döntő szerepük. Mig tehát GRUND a poljékat egy régi, nagy síkság már lesüllyedése előtt a folyók által kialakított részeinek tekinti, addig CVJILIC a poljék képződését ugyancsak a folyóknak, de orografailag már előre kialakult mélyedésekbe való munkálkodására vezeti vissza.

Hogy a Gačkopolje helyét tektonikai jelenségek már előre kijelölték, azt a térképre vetett egyetlen pillantás is föltételezni engedi. Mert azt látjuk, hogy e bemélyedés épen ott van, ahol a DDK-nek húzódo Senjsko Bilo, amelynél a gerinc kiterjedésének az iránya a rétegek csapásával csaknem összeesik, a Mali-kosa, Veliki-kosa, Kutevrska-kosa gerincekre bomlik föl és KDK-nek, a Lombardenikben meg épen K-nek fordul. A Gačkopolje peremén számos vetődés mutatható ki és pedig Otočac-Švica-Ponoron keresztül egy K—Ny-i irányút, Staro selon és a Prozor hegy nyugati lábán keresztül egy É—D-it és többet ÉNy—DK felé. a Krekovaca nyugati lába irányában, az északi Gačkaágnak az otočaci és brlogi poljékat összekötő völgyével körülbelül párhuzamosan. A legjelentősebb vetődés azonban egyenes vonalban, 50 km kiterjedéssel, a Tonkovič forrástól Rapaindoliig ügylátszik a poljekon keresztülhalad és a prozori dombsort elválasztja a tulajdonképeni poljetől. E vetődés mentén érintkezik Rapaindol mellett a tenger felé dülő sötétszinű guttensteini mészkő a brlogi terrasz

<sup>1</sup> «Das Karstphänomen».

világos, valószínűleg krétakori mészkővel. Úgy látszik továbbá, hogy a Pečinaforrást a Majerovska vreloval egy a polje tengelyére merőleges vetődés köti össze, amely jelenlétét olyan laza, vastartalmú repedést-kitöltő breccsával árulja el mindkét forrásnál, amilyent fiatalabb vetődések mentén a Dragavölgyben figyelhettem meg. Egy ugyancsak breccsával kitöltött vetődés K—Ny-i irányban átvágja a Srbsko Kompoljet és a Vodenjak déli lábánál eléri a nyugati peremet, hol is a vízlevezető táro hajtásánál kellemetlenségeket okozott. A Tonković-Rapaindol-i vonalra merőleges törés mentén válik el Gustić gradinától északra a dolomitos hallstatti mészkő a sötétszínű guttensteini mészkőtől. Beható vizsgálatok még számos ilyen, fönti összeállítás szerint részben a poljet határoló, részben azt keresztező vetődést mutathatnak ki. Hálózatos elrendeződésük és az a körülmény, hogy az agyagtakarótól megvédett polje<sup>1</sup> jóval mélyebben fekszik, mint a környező denudált hegységek, legalább is valószínűvé teszik, hogy süllyedési területtel van dolgunk.

Ettől függetlenül azonban fölvetődik a sík s üledékekkel csak helyenként borított poljefének keletkezésének kérdése. Hogyha pl. a Prozorhegy csúcsáról végigtekintünk a poljen, önkénytelenül is az a benyomásunk támad, hogy föltöltődéssel elsimított hegyvidéket látunk magunk előtt, s csak a legmagasabb hegycsúcsok állnak ki. Különösen jellemző a medence pereme. Bár élesen elválik a síkságtól, valamely poljefolyó eroziós működésének nyomát sem mutatja sehol. A polje körvonala egy nagy mértékben denudált hegyvidék rétegvonalának felel meg. Ha az 1 : 75,000 méretű térképen az 500 m rétegvonalat föltűnően kirajzoljuk, világosan észrevehetjük ezt a körülményt, de a valamely magasabb pontról szemlélt tájkép még kézzelfoghatóbban mutatja.

Hogy az adott esetben egy régi síkság alázökkent részével volna dolgunk, teljesen kizártnak tartom. Akkor az alásüllyedt terület törési peremének egy régi völgykiszélesedéssel kellene összeesnie. A Gačkolje egész környéke olyan hegyvidék, amelyben 200—300—600 m relatív magasságok szabálytalanul elosztott mélyedésekkel és völgyekkel váltakoznak. Az a föltevés, hogy a magasabb helyzetében megmaradt síkság a legnagyobb mértékben elpusztult, míg a lesüllyedt terület síkság maradt, ép úgy nem tartható fönn. GRUND kiemeli azt, hogy a sík területre ható denudációnak konzerváló tulajdonsága van. De mért hatott volna épen a poljeben ilyen módon? A poljefenéket sohasem borította jelentősebb vastagságú iszapos lerakódás oly módon, hogy ennek a

<sup>1</sup> L. a 92. és a következő oldalakat.



takarónak az ősi síkság megvédelmezését tulajdoníthatnók. Ily módon már csak egy lehetőség, a poljefének kitakarítás útján való sikká változása marad hátra.

Cvijić tanár, ki e kitakarítás elméletét fölállította, a folyók mechanikai működéséből származtatja a poljefének síkságát. Be kell val-lanom, hogy legalább is az én tanulmányi területemen a folyók eroziós munkájának még csak alárendelt jelentőséget sem tulajdoníthatok.<sup>1</sup> Meg kell gondolnunk, hogy a karsztfolyóknál — mert hisz csak ilyen lehetett a erodáló víz — az erodáló működés két legfontosabb tényezője, az esés és a törmelék hordása, hiányzik. Hiányzik a karsztfolyónak a három részre, felső, középső és alsó szakaszra való tagolódása is, amely minden aktív folyónál — ha többször ismétlődve is — megvan s amelynek meg is kell lennie, minthogy e szakaszok egymást kölcsönösen föltételezik. Oly nagy térfogatnak, mint egy polje, a kitakarítása először a forrásterület vizeiben kívánna meg nagyobb mennyiségű törmelékföthalmozódást, másodsor pedig a törmelékké széthullott, lehor-dott hegységnek megfelelő nagy kiterjedésű lerakódást. Ennek pedig nyoma sincs. A víz megszűrődve folyik ki vaucuseforrásokban és soha-sem rakott le kavicsot, mert csekély esésénél fogva nem is hordhatott kavicsot soha. A csak egészen lokálisan előforduló, Sinac és Podum árkaiban föltárt kavicstelepeket nyilván vadpatakok hordták le a dilu-viumban a környező hegységekből. A polje meglehetősen harántirányú esése megengedi ezt a föltevést. A jelenlegi éghajlati viszonyok nem adnak alkalmat arra, hogy a peremhegységben vastag hótakaró kelet-kezzék, ezért azután nincsenek is hóolvadáskor jelentősebb vadpatakok; kavics bevándorlása a poljébe ennek következtében megszűnt. A Gačka forrásvidékétől északra, a Veljun vrh és Vučjak vrh oldalában szaka-dékszerű, meredek vízmosások vannak. Ezek ma sohasem tartalmaznak vizet és keletkezésüket csakis nagy víztömegek hirtelen lezúdulásával magyarázhatjuk, amelyeket így még a repedezett mészkőszikla sem nyel el; olyan víztömegekével, amelyek kiterjedt hótakaró gyors elol-vadásából származnak. A Sinac és Podum melletti kavicslerakódások az egyedüliek is az egész poljében.

Ha azonban valamely folyóból épp úgy hiányzik a belejutott ka-vics, mint a benne képződött, akkor alapjában hiányzik az a képes-sége, hogy medrét kanyarulatképződéssel változtassa. Mert a kanya-rulatképződés föltétele az, hogy a magával hordott anyag a konkáv részekben lerakódjék. Ha hiányzik ez az anyag, akkor a folyó megtartja

<sup>1</sup> Lásd az erózió részletes tárgyalását is a 8. fejezetben.

a medrét és a legjobb esetben is csak eróziós mélyedést<sup>1</sup> váj ki magának, amint ezt a Koránánál, a Rekánál, az Unánál és számos más karsztfolyónál is megfigyelhetjük. Széles poljék kitakarítása a folyómeder folytonos és tetemes vándorlását vonná maga után. A fennemlített okok miatt a folyó erre nem képes. Ha a Likafolyó hosszirányú szelvényét vizsgáljuk, azt látjuk, hogy a szabad poljében Belaj és Kaludjerovac közötti 20 km-es részletére összesen 6 m esés jut. A Likapolje északi peremhegységén keresztülvívó 12 km hosszú részletén a vízszin 60 m-t esik, a Kossinj poljéjén átvívó 14 km-es darabon pedig 5 m az esése. Azt látjuk tehát, hogy a folyó épp ott, ahol a legnagyobb mértékben kellett volna erodálnia, minimális esésű és a peremhegységen való áttörésénél 64 m-es eséssel keskeny eróziós völgyben folyik, amelyben egyetlen poljeszerű kitágulás sincs. És a folyónak a poljéből az eróziós völgybe való átléptével kapcsolatban az átfolyt terület közetének minőségében semminemű nevezetesebb változás nincs. Ha pedig a Gačkofolyó hosszirányú szelvényét tanulmányozzuk, ugyancsak arra a meggyőződésre jutunk, hogy benne olyan vízzel van dolgunk, amely az adott hegysztrazs viszonyokhoz alkalmazkodott, amennyire csak lehetett és aligha képes arra, hogy a saját medrébe felgyűjtött vizével erodáljon.

A jelenségek egész sora bizonyítja ezt. Mindenekelőtt a közös ágban a P. Sv. Marko torkolatánál lévő zátony (8. és 9. ábra), amely a folyó mélységét közel harmadára kisebbiti anélkül, hogy a folyó vize kikezdené; továbbá az otočaci áradási terület. A folyó mélysége a rövid 200 m-es távolságon, agyagos és iszapos üledék lerakódása következtében 6 m-ről 1 m-re csökken, míg számos, alig bevágódó ág indul Ny felé. Ezt az igen érdekes hosszirányú fenékmetszetet, amely a folyó geológiai történetére világos fényt vet, későbbi helyen fogom igen behatóan ismertetni. Hogy itt csakugyan üledékről és nem vetődés folytán létrejött elgátolásról van szó, azt fájdalommal tapasztalták a múlt század 80-as éveiben, az otočaci kőhid építése alkalmával.

A hid támasztó falait, bár közvetlen közelben szálban álló sziklák vannak, mégis az iszapba ásták le 5 m-re nagy nehézségekkel, további 6 m-t pedig cölöpöztek.

Bár ilyen mélyre alapozták, röviddel az elkészülése után, a támasztófalak megereszkedése következtében, leszakadt a hid. A kórházi hid ívének cölöpjei sem érték el a sziklát.

<sup>1</sup> Itt és később az «eróziós mélyedés» kifejezést használom, mert nem találok jobb szót: de ki fogom mutatni, hogy tulajdonképpen erózióról beszélni helytelen, mert csak is kémiai kiluzzásról lehet szó.



A Švica felé lefolyó víz a falu előtt az ú. n. «fölsőtóban» gyűlik össze, áttöri a DK—ÉNy-i irányban húzódó hegyhátat és mintegy 35 m magas meredek lejtőn zuhog alá a tómedencébe, tehát csupa olyan mélyedésben folyik, amelyeknek keletkezését aligha magyarázhatjuk a folyóvíz munkájával. Ezzel szemben az északi Gačka, a Lika áttörésével egészen analóg módon, tipikus, 50—100 m széles eróziós völgyben folyik, az esése 3—7-szerese a forrástól Otočacig terjedő poljerészlet esésének (a brlogi esést mesterségesen állították elő) és elegendő ereje volt ahhoz, hogy a hosszirányú völgy minden valószínűség szerint vetődések folytán keletkezett esésbeli egyenetlenségeit kivájjással kiegyenlítse és egységes hosszirányú szelvényt hozzon létre. Ilyen az esést megszakító törésekre azok a hatalmas, szivacsos, szár- és levélmaradványokat tartalmazó tufamaradványok engednek következtetni, amelyek Zakule és Brlog között tufás agyagra telepednek. Mindamellet meglátszik az, hogy az eredeti tektonikus völgy esési viszonyai befolyásolták a hosszirányú szelvényt. Otočactól Brlog felé lassanként emelkedik ugyanis a folyó esése, emellett a völgy Otočactól Brlogig kizárólag krétamészköben halad s a kőzet minőségében jelentősebb változás nem tapasztalható. Minthogy ezen «eróziós medrek» keletkezését mechanikus erózióval nem magyarázhatjuk, a kilúgzás útján való kémiai eróziót kell segítségül hívunk.

A megfigyelések egész sora támogatja ezt a föltevést. Tukljacetól Brlogig terjedő darabon, mint már a bevezetésben is említettem, a Gačka északi ága kerek tavak egész során folyik keresztül, ezeket csakis dolináknak nevezhetjük.

Az egész környéken aligha találni csak egyetlen dolinát is olyan méretekkel, mint e folyammered dolinái. A dolinák nyilván meg voltak már a poljefenekén, mielőtt a folyó átfolyt rajtuk és a völgy kimosásával együtt haladt a dolinák lemélyesztése és kibővítése. A völgyek mechanikus erózió útján való bevágásával kavicsbordás járt volna együtt. Olyan nagyméretű bemélyedések, mint a folyódolinák, derítő medencékként viselkedtek és csakhamar betömődtek volna. A dolinák betömődése után homok és kavics halmozódott volna föl a polje további mélyedéseiben. E helyett tág dolinákat, tufalerekódásokat, mésztartalmú agyagot és löszöt találunk és sem a Gusićpoljében sem a Vlaskopoljében nem tudtam homok- és kavicslerakódásokat fölfedezni. Mindezek mellett is meglehetősen valószínűlennék látszanék az a föltevés, hogy a völgyet kémiai oldódás mélyítette ki, ha a közvetlen megfigyelés nem volna annyira mellette. A Genser féle sebességmérészárnnyal a Gačkofolyóban végzett méréseim alkalmával nem valami nagy öröömre nagyon is meggyőződhettem arról, hogy a mélyebb vizré-

tegek mésszel telítettek. Míg a felső régióban végzett sebességmérések-nél az elektromos esengetyűkészülék hiba nélkül működött még fél-óraig tartó jelzés alkalmával is, addig a legmélyebb rétegekben való mérések alkalmával néha már fél perc múlva, rendszeren azonban három perc elteltével ki kellett húznom a szárnyat és megtisztítanom. A jelző-készülék kontaktrugója ugyanis annyira bekérgeződött mésszel, hogy a jelzés elmaradt s így gyakran keletkeztek hibás megfigyelési eredmények. A méssznek ez a fölszaporodása a folyómederben kell hogy elő-álljon, mert a forrásoknál sehol sem találtam tufalerakódásokat, pedig ezeknél a víz mesterséges gátakon ömlik szabadon alá. Ahol azonban a folyó hosszabb pályája után talál ilyen lépcsőre, mint a švicai vizeséseknél, a Zakule melletti már rég eltűnt lépcsőknél, vagy a brlogi összes malmok gátjainál, ott tetemes, gyakran több méter vastag tufatelepek vannak.

A karsztfolyó kilúgzó tevékenységénél fontos szerep jut a gazdag vizinövényzetnek, amely a folyó fenekét a forrásoktól egész a ponorokig takarja, az átfolyás metszetét néha egészen a felére is csökkenti és alacsony vízálláskor az északi ág vízszíneének esését a lépcsők egész tömegére bontja. Egyfelől a víz minimális esése teszi lehetővé a gazdag növényzet tenyészését, másfelől pedig e növényzet a bomlása alkalmával olyan anyagokat termel, amelyek a víz oldóképességét emelik. A környék csak a légköri csapadékok alakjában jut oldani képes vízzel érintkezésbe, a bomlási termékekkel és savakkal telített folyóvíz folytonosan végzi lehordó munkáját. Ily módon végezhetnek eróziós működést olyan vizek, amelyeknek távolról sincs elegendő esésük ahhoz, hogy mechanikailag erodáljanak.

De világos az is, hogy az ily módon erodáló víz kevésbé fog lefelé, mint inkább — bizonyos határig — oldalt hatni. A fenék minden áradás után beiszapolódik, agyaggal telik meg, s így a szikla a kémiai behatás alól elvonódik, az oldalak ellenben szabadon maradnak. Az északi Gačka völgye 50—100 m széles aránylag csekély mélység mellett, de az oldalakon se látjuk sehol a mechanikai erózióknak különben annyira jellemző nyomait. A magas partok olyan helyeken, ahol meredek és sziklásak, testes, legömbölyödött, vánkos és dudorodásszerű alakokat tárnak elénk, amelyeneket például Žutalokva mellett, az erdővel sűrűn benőtt «Uvala» dolináiban találunk, ezek pedig bizonyosan nem mechanikai erózióknak köszönik létrejöttüket. A pleisztocénben, az évi középhőmérséklet csökkenése idején, a hóolvadás következtében az áradások sokkal katasztrófálisabbak lehettek, mint ma. A Karsztban igen fontos szerepet játszó párolgási veszteségnek is jóval a mai alatt kellett maradnia. Tehát jelentősebb vízmennyiség folyhatott le, a folyók



sebessége nagyobb volt, a völgyek pusztán maradtak és a víz a fenékre epúgy oldólag hathatott, mint az oldalakra. A ma uralkodó viszonyok kialakulásával csökkent s víz sebessége az eróziós mederben és a régi völgyfeneket lassanként szilárd, sárga agyaglerakódás töltötte föl. E másodlagos föltöltődés eredményezte a közös Gačkaág azon különös harántmetszeteit, amelyeket a 11.—13. ábrák mutatnak. Csaknem teljesen sík, széles fenék és meredek, részben sziklás oldalak. A metszetek alakja rendkívül szabályos és görbéktől mentes. Csak ott szélesedik ki a folyó ágya, ahol a meder régi dolinán halad át. Az agyagtakaró annyira elzárja a völgyet, hogy mérhető mennyiségű vízvesztéség nincs.

A déli Gačkaágnak, amely — mint említém — valószínűleg igen fiatal, nincsenek meg a közös főfolyó jellemző tulajdonságai. Az északi Gačkaág völgyének feneke ellenben szilárd, sárga agyagból áll és a folyó a saját üledékeiben kanyarog egyik parttól a másikig. Zakule mellett több kanyarulattal mély eróziós csatornában folyik, amellet már átvágott egy vastag tufatakarót és az alatta fekvő meszes-agyagos lerakódásba vájta a medrét. Az első 7 km-en számos ponort találunk, a további 8 km-en ellenben nem tapasztalható jelentősebb vízvesztéség, bár a folyódolinák fenekére a víz 15 m és még nagyobb vastagságban gyakorol is nyomást. A folyó ágya ugyanis vízáteresztőség szempontjából teljesen zárt.

Az elmondottak eléggé beigazolhatták, hogy a nagy kiterjedésű, sík, 15 km hosszú és 5 km széles poljefenék kialakulását nem hárit-hatjuk a folyóra. Amint már a bevezetésben említettem, régi sikság lesülyedt maradványa sem lehet a polje. Így a Gačkopolje keletkezésének magyarázatára csak egy lehetőség marad és pedig a denudációval kapcsolatos süllyedés, amelynél azonban az alásüllyedés, legalább is a tulajdonképeni Gačkopoljeben, bizonyos fokig csak másodlagos szerepet játszhatott.

A denudáció hatását lassúsága mellett sem szabad lebecsülnünk. Nézzük csak e tekintetben karsztkutatóink igényeit. GRUND «Karsthydrographie» című munkájának 198. oldalán a következőket mondja: «Das Gebirge ist infolge der vielseitigen Zerstörung durch Abtragung und Zerstückelung eine große Ruine. Es verrät in seiner Oberfläche nur wenig den Schichtenbau, wie schon PENCK hervorhebt. Die Bewegungen waren bereits vor der Diluvialzeit längst zum Stillstand gelangt». Gondoljuk meg, hogy az erózió a Karsztban csaknem kikapcsolódott. A denudáció fönti idézet szerint kiváló alakító tényező, bizonyítja ezt a számtalan, igen különböző alakú lefolyástalan mélyedés. A sikság tehát csak akkor maradhat meg, ha a denudáció, a Karszt alakító tényezője, magára a sikságra nem hat, azon a területen kikap-

csolódik. És hogy ez csakugyan így van, megpróbálom az alábbi sorokban igazolni.<sup>1</sup> A Žutalovka melletti Uvalában látni pl. igen jól, hogy kialakításban és elbontásban mire képes a denudáció. Dolina hátán dolina van e bükkal borított helyen. A dolinák átmérője 120, mélysége 40 m-ig is terjed. De nem csak hogy dolinák keletkeztek, de a közöttük fönmaradt gerincek is denudálódtak. Ha továbbá a Kapellában, Plitvicétől északkeletre fekvő lefolyástalan medencéket tekintjük, vagy a Laas- és a Zirknitzi-tó közötti hegység mély völgymedencéit, hogy csak egynéhány drasztikus példát említsek, amelyeket magam is ismerek, akkor két-háromszáz méternyi denudációt sem találunk lehetetlennek. Én magam a Žutalovka melletti Uvala dolináit tanulmányoztam behatóbban, minthogy az oda tervezett munkákra nézve jelentőségük van, és arra a meggyőződésre jutottam, hogy e dolinátáját buján benövő őserdőknek a dolinák keletkezésében fontos szerepük volt.

Vegyünk fel két jelentéktelen, szabálytalan mélyedést. Legyen a kettő egészen egyforma, csak az egyik erdőn, a másik kopár helyen. Érje mindkettőt ugyanaz a légköri csapadék. Az elsőben, az erdőben levő mélyedésben az esővizet fölfogja a hümusz, mint valami szivacs. Egyrésze a vegetáció útján elpárolog, a másik része azonban savakkal telítődve a hümuszban megülepedik s csak a mélyedés legmélyebb pontján válik szabaddá úgy, ahogy az asztalra tett nedves szivacs oldalaiól sem folyik ki a víz, hanem csak az alján, közvetlenül az asztallapra. A mélyedésnek csak a legmélyebb részében jut a savakkal telített víz a porózus mészkőbe s így a fenék válik oldódás folytán mind mélyebbé. Sokszor ismétlődve, ez a folyamat vonja maga után a dolina kialakulását. A fenék fokozatos mélyedésével épp úgy együtt jár az oldalak kifejlődése, mint valamely eróziós völgyben, hol a hajlás szögét a mállási termékek, jelen esetben a televényföld, természetes lejtővé szabja meg. Az Uvala említett dolináinak az alakja harántmetszetben és az oldalak lejtésében annyira összevág, hogy a tájékozódás csaknem lehetetlen. A dolinák olykor szabálytalanok, de ez könnyen megérthető, mert a hümusz bizonyos körülmények között más szög alatt áll meg a réteglapokon, mint a rétegfejekén. Ennek következtében a dolina a réteg csapása irányában szimmetrikus. A föltételezett mélyedés fenéke kisebb, vagy nagyobb mértékű repedezettségének a dolina keletkezéséhez semmi köze, mert a bizonyos fokig elpusztult hegységben mindig van annyi repedés, amennyi elégséges ahhoz, hogy a lassankint leszivárgó, a hümuszban fölgyülemlett vizet elnyelje. A munkaterületemen sehol sem találtam a dolinákat sorok-

<sup>1</sup> E tétel legbehatóbb fizikai-kémiai igazolása a 8. részben következik.



ban. Ha van is így valahol, akkor az primer orografiai okokból ered, a felszíni mállás a vonal mentén sekély barázdát vájhatott ki, például a valamely vetődés mindkét oldalán levő lazább kőzetben, nem pedig úgy, mintha e mélyedés nagyobb mértékben volna képes elnyelni. Hiszen akkor a legrepedezettebb, a vizet legnagyobb mértékben átbocsájtó mészkő volna legalkalmasabb dolinak képződésére. Már pedig az Uvala nagy tömegekben föllépő, tömött guttensteini mészkővének dolinajelenségei jóval fölülmulják a Gačkapolje és közvetlen környezete repedezett krétamészkővének dolinaképződéseit. Nézzük már most azt a másik mélyedést, amelyet kopár területre képzeltünk. Itt két esetet különböztethetünk meg: magas hegységben és középhegységben való előfordulást. A megelőző években Hochschwabban épp úgy, mint a Dachsteinben és a Totengebirgeben azt a megfigyelést tettem, hogy az ottani mélyedésekben a hótakaró ugyanazt a szerepet játsza, mint a hegyvidék bükköseiben a hümusz. A hótakaró — az év nagy részében betakarván a mélyedést — megakadályozza a légköri csapadék egy részét abban, hogy egyenesen a mészkő repedéseibe jusson. Az olvadás vize rajta és benne a legmélyebb pont felé folyik és minthogy oldani képes, mélyíti a feneket. Így tehát, ha nem is oly mértékben, mint erdős területen, megvan a dolinaképződés lehetősége. A kopár hegyvidékeken ellenben, mint például a horvát tengerpart elkarsztosodott részein, a mészkősziklák közötti mélyedéseket agyag tölti be. Az egyes agyagfoszlányok gyakran nem is függnek össze egymással. A légköri csapadék ily módon egyrészt egyenesen a repedésekbe jut, másrészt arra szolgál, hogy az agyagot átítassa. Ez pedig rengeteg vizet képes fölvenni. Egyike azoknak a nagy nehézségeknek, amelyek a Karsztban a rétek öntözésénél adódnak. Egyetlen más talaj sem igényel annyi vizet az átázáshoz. Az agyag nagyon nehezen bocsájtja át a vizet és a legközelebbi kiadós napsütés teljesen kiszáritja. Nyáron tehát a párolgási veszteség igen nagy. A mélyedés legmélyebb pontja felé csaknem semmi sem áramlik.

A hümusz hiányának a hatását legmeggyőzőbben a Koreničko poljeben láttam. Ott, Korenicától DK-re, körülbelül egy négyszögkilométer kiterjedésben, a nagymértékben repedezett krétamészkő sziklái és tarajai valóságos kötengert alkotnak. Dolinának még csak csirája sincs. Ugyanezt tapasztaljuk a Gačkapolje növényzet nélküli részein is. Természetesen az idézett két szélsőség, a žutalokvai Uvala és a Koreničko polje között számtalan átmenet van.

A fenti megfigyelések és összehasonlítások két dologra utalnak: Először is arra, hogy a mi Karszt középhegységünkben a lefolyástalan mélyedések nagymértékű és általános kifejlődése laza földtakarótól

tehát közvetve erdővel való boritottságtól függ és hogy másodsor a denudáció abszolút mértéke erdővel borított hegységben jóval nagyobb kell, hogy legyen, mint kopár területen, minthogy a csapadék nagy részét utóbbi esetben az agyag nyeli el s az az agyag kiszáradásakor megint elpárolog és a beivott víz oldóképességét bomlási termékek nem fokozzák. Míg tehát a chemiai denudáció erdős hegységben teljes erejével működik, hűmusz nélküli területen többé-kevésbé tétlen marad. Az alakító denudáció helyét konzerváló felületi denudáció foglalja el.

Megkísértem ezután e tapasztalatokat a Gačkopolje sik fenekének a megokolására alkalmazni. A polje peremén előforduló számos törési vonalból következtetve valószínű, (GRUND a legtöbb nyugatbosnyák poljére vonatkozóan igazolta ezt), hogy tektonikai süllyedési területtel van dolgunk, amely egymást a legkülönbözőbb szögek alatt keresztező, mégis főleg a rétegek csapásával párhuzamosan haladó törési vonalak mentén szakadt be. Az élénk denudáció hatása alól kivont polje tehát jóval mélyebben fekszik, mint a lehordásnak és kialakulásnak még ma is kitett környező hegyvidék. Igen egyszerű elméleti megfontolás világossá teszi, hogy egy hegységet keresztülvágó törésnek nagy mélységben simának, a felülethez közel ellenben egyenetlennek és töredezettnek kell lennie. Nagy mélységben a kőzet látens plaszticitás állapotában van. Nem azoknak a törvényeknek hódol, amelyek alá a merev és csak kevésbé rugalmas testek szilárdsága tartozik, hanem a hidrosztatika törvényeinek. Ezt már HEIM is kiemeli. A feszültségi állapotok kiegyenlítését e mélységben az anyag folyékonnyá válása előzi meg, ami így síma csúszási felületet készít elő.<sup>1</sup>

Minden kőzetrésztlet a szomszédjára bizonyos fokig vízszintes eltolást gyakorol. A földkéreghez közel ez a kölcsönös hatás azonban elmarad. A repedés arra halad, amerre éppen a legkevesebb ellentállást találja, elágazik és szétforgácsolódik. Még az egyenetlesen hengerelt

<sup>1</sup> Rövid idővel ezelőtt megint alkalmam volt Kitzbühel mellett, Tirolban, az archai képződmény vastartalmú konglomerátjain ezt a «folyékonnyá válást» kétségtelen módon megállapítani. A kavicsok kékszinű kristályos ösmészkből álltak. A konglomerát egyes részei teljesen változatlanok voltak, a kavicsok megtartották alakjukat. Más helyen a kavicsok bizonyos fokig kihengerelődtek. Törési lapokon a kihengerelődés irányában olyan volt egy-egy ilyen mészkődarab, mint valami vastartalmú kötőanyagra öntött világoskék, cimpázott körvonalú, lágy, idomítható anyag és repedésnek nyomát sem mutatta. Más helyeken a kihengerelődés egész a szélsőségig haladt. A törési lapot a legfinomabb, alig 1—2 mm széles vörös és kék vonalak sávozták, a kék mészrétegecskék finom hegyben ékelődtek ki. Repedésnek mégsem volt nyoma.



betonban is egyenetlenül haladnak a repedések. Hát még a sokszorosán diszlokálódott hegytömegben.<sup>1</sup> Ha már most valamely sokszöglettel határolt rög ilyen zeg-zúgban haladó repedések mentén lesülyed, világos, hogy a törési felület mentén a legnagyobb mértékben fognak tömegváltozások előállni. A sziklarészletek helyenként szorosan egymáson csúsznak, más ponton repedések és üregek támadnak, amelyek részben szabadon maradnak, részben laza törmelékkal telnek meg. E repedések természetes főgyűjtőcsatornák a karsztvíz számára s bennük találja a vízkeringés a legkevesebb ellentállást; e repedéseknek a szomszédos hegyvidék felé vivő folytatásai azonban távolról sem annyira alkalmasak a vízvezetésre, minthogy éppen ezek mentén nem történt oly tetemes sülyedés s az anyagnak ennek következtében oly nagyfokú megzavarása. E természetes csatormázás folytán vált a polje hidrográfiai egységgé. (A 7. részben behatóan tárgyalom.) Nagy víz idején a főgyűjtőcsatornáktól befogott területen az áradás egyforma magasságig emelkedik, minthogy a lefolyása meglehetősen zárt repedéshálózaton csak lassan történhetik.<sup>2</sup>

Ennek a konstataálásával nagy lépéssel jutottunk közelebb a polje-probléma megoldásához. A hegyek borította térszín zárt rög alakjában lesülyedt, a denudáció lefolyástalan mélyedések létrehozásában tovább működik.<sup>3</sup> Mihelyt egy «uvalának» a fenéke az áradások birodalmába kerül s évenként bizonyos meghatározott időtartamra elöntődik, a mély formák keletkezésénél oly fontosnak látszó erdő tenyészésének lehetősége megszűnik. A hűmszt a dolinák ellensége, agyag helyettesíti (a denudációkülönbségeknek számokkal támogatott részletes tárgyalása a 8. fejezetben). A dombok és hegyek tovább denudálódnak, a fenék ellenben konzerválódik s a kiemelkedések lehordatásával lépést tartva mindjobban terjed. A fönnemlített okoknál fogva az összes medencék fenékei egyenlő magasságban lesznek, minthogy az a határ, amelyhez a favegetációt az áradás köti, a sülyedési terület összes medencéiben

<sup>1</sup> Analóg jelenség az ércfeléreken tapasztalt, meglevő repedések folytán való elhajlítása a telérnek.

<sup>2</sup> A törési zónák repedezettségében találják magyarázatukat a dolinapponorok fenékén levő, többször említett sziklatömb-rakások, valamint a Švica mellett és az E-i Gačkamederben található is, ezek kell, hogy a helyszínen keletkeztek legyen.

<sup>3</sup> A poljeknek időben elkülönített hegymozgások következtében való elzárulása említésreméltó vonatkozásban áll RAMSAY jégkorszaki elméletével, amely szerint az alpesi területek eljegesedését a földkéreg e részeinek a tengert szintjéről a finnregióba való felgyűrődése hozta létre. A hegységképződést meg-megszakító nyugalmi időszakok az Alpesek területén az interglaciális periodusokban, a mai karsztvidék mészkövében pedig poljek képződésében nyilvánulnak meg.

egyforma magasan fekszik. A medencék összenőnek oly módon, amint Cviúć az uvalák összenövését magyarázta. Csak azzal a különbséggel, hogy ő az uvalákat orografiai egységgé olvasztó faktorok közül a legfontosabbat, a sülyedési terület csatornázott peremeit, nem ismerte föl. Ez a benyomás már hat évvel ezelőtt támadt bennem, amikor Laas mélyedésekkel sűrűn tarkított, pompás őserdők borította hegyei közötti többórai vándorlás után először láttam magam előtt a Zirknitzi-tó agyaggal fedett egyhangú síkját; itt minden alakító erő kihaltnak látszik. Eme elkopárosodás oka csakis a húmuszképző vegetáció hiánya lehet. Még meggyőzőbben hat az a pillantás, amelyet a Gačkopoljera vetünk, hol fáknélküli sziklás síkságból, mint valami megmerevedett tóból, erdővel sűrűn benőtt csúcsok emelkednek ki. Világos, hogy olyan változatos hegyvidéknek, mint a Gačkopolje környéke, valamely lesülyedt rögében az egyes részek az erdőt elpusztító áradás határát igen különböző időkben érik el. Mivel ez a duzzadási határ a poljeképződés időtartama alatt ingadozik, hullámos felület áll elő. Ilyen jellemzi a Gačkopoljet is, mert a poljefenek magassága, a lefolyás irányára való minden tekintet nélkül, 450 és 480 m között ingadozik.

Igen jellemző az, hogy a poljenak a dombos délnyugati rész közelében levő legmélyebb részletei szorosan a poljeperemen vannak, a Tonkovié-forrás—Rapaindol jelölte hatalmas vetődési repedésen túl és hogy a folyó, az adott felszínhez alkalmazkodva, Prozor, Vital, Spilnik, Vinica és Humac fennmaradt dombjai között kanyarog. Ez megfelel annak a GRUND hangoztatta, különben is magától értetődő ténynek, hogy a karsztvíz tükre és vele együtt az áradás határa az idők folyamán a víz útjainak a tágulásával kapcsolatosan sülyed. Ha az erdők ellenségének, az áradásnak határa sülyed, akkor a legutóbb konzerválódott területeknek a legmélyebben kell feküdniök. És így a legfiatalabb részek természetesen a poljehasadékon, vagy — mint ahogy a Prozor, Vinica, stb. hegyei mellett van — azon túl területnek el. Teljesen ugyanezeket a jelenségeket találjuk Gospićtól nyugatra, a Likapoljeben. Közvetlenül a Velebit hatalmas hegytömegeinek a lábánál, Trnovactól északra a medence beiszaposodott, mocsaras és felülete 562 m-es magasságban van, míg ellenben az a síkság, amely a Likát Gospićtól keletre átmetszi, az 572, 577, 576 m-es magassági pontokat tünteti föl. A legmélyebb részletek a Krbavapoljeben is a legmagasabb kiemelkedések nyugati lábánál fekszenek és pedig a Runjavi Vrh-énál (1009 m, körülbelül a polje fele magassága.) Ezeket a jelenségeket bizonyára épp oly kevéssé tulajdoníthatjuk a véletlennek, mint a Gačkopolje fenekének 450 és 485 m között ingadozó, petrográfiai minőségétől és a rétegek csapásától teljesen független magassági



helyzetét. Nézzük már most az egyes poljemedencék egymáshoz való viszonyát. Ha egyrészt a Kapela, Plješivica, másrészt a Velebit között a relatív magasságokat egyenként összehasonlítjuk, azt találjuk, hogy a legtávolabbi szögletben, 550 m t. sz. f. magasságban, távol a tengertől két hegylánc közé ékelt Koreničkopoljetől kezdve lépcsőzetesen következnek egymás után a legmélyebben fekvő pontok, a Vlaškopolje és a Švica-tó felé. Krbavapolje 626, Likapolje 570, Kossinjpólje 490, Gačkapolje 460, Brlogipolje 440, Vlaškopolje 425. És éppen a Vlaškopoljetől nyugatra bugyog ki Sv. Juraj-Valle Molini számos tengeralatti és parti forrása. Kivétel 620 m-es magasságával a Belopolje, csakhogy ezt két werfeni-palakibukkanás szigeteli el és vizét valószínűleg az Una völgybe adja le. E poljekat, bár — mint láttuk — magasságukban lényegesen eltérnek, egymástól aránylag keskeny hegyláncok választják el. Így a Kossinjpólje és a Gačkapolje között csak 7 km széles hegység van. Ez a két poljet legrövidebben összekötő irányban csaknem 1‰ esésnek felel meg, pedig a Gačkopoljenak úgyszólván semmi esése sincs.

Ugyanaz áll a két Likapolje közötti hegyláncra is. A denudáció a két hidrográfiai poljeegységet elválasztó hegyláncot addig koptatja, mignem az áradás vize lefolyhat a szomszédos, mélyebb poljébe. Eleinte csak magas vízálláskor addig, míg az évről-évre keresztülfolyó áradási víz annyira ki nem vájja, hogy már a normális, sőt az alacsony vízállás vize is átjuthat a szomszédos, mélyebb poljébe. Így magyarázható a két lomha poljefolyót összekötő részlet tekintélyes esésének rejtélyes jelensége. A folyók esése éppen fordítva arányos az átfolyt terület tektonikus zavarok okozta csatornázottságával. Az átfolyás első stádiumában a nagyvíz a denudáció által kijelölt mélyedésen folyik és meredek falon omlik alá a szomszédos poljébe. A szomszédos polje így módon több vizet kap, mint amennyit levezetni képes és időszakos tóvá változik, amilyen ma a Švica-tó. A nagyvíz folyójának a torkolatában lerakódik a veleragadt iszap legnagyobb része, a meredek falon pedig jelentős mennyiségű mésztufa rakódik le abból az anyagból, amelyet kilúgzó képességénél fogva a folyó új útján föloldott. Az északi Gačkaág völgyében a fönt vázolt fejlődésmentet a legvilágosabban nyomunkövethetjük. Áttekinthetőség kedvéért nézzük a dolgot a folyó km-jei szerint.

Már az első szakaszban kiemeltem az északi Gačkaág első 15 km-jének szembetűnően négy részre oszlását. E négy rész közül az első kettő a főpolje ÉNy-i sarkában levő régi áradási területre esik, a harmadik a Gačkopolje és Dubrava közötti, keresztülfolyással és kilúgozással áthágott vízválasztó gerincre és a negyedik a Dubrava áradási

területére. A két első rész legfontosabb tulajdonságai röviden összefoglalva a következők:

Alig 200 m-rel az otočaci kőhid előtt a Gačkameder vízmélysége 6 m. Innen kezdve azon a helyen, ahol a folyó kelet felé kanyarodik és a ponorokhoz ér, a mélység 1 m-re csökken. A partok 3·7 km-ig többé-kevésbé laposak, sziklásak; míg a szomszédos terület krétamészkövét vastag agyagtakaró fedi. 3·7 km-nél egy száraz meder ágazik keletnek, maga a folyó 120°-kal elfordul. A magas partok meredek, sziklásak és csaknem párhuzamosak. Az agyagtakaró mind vékonyabb és Staro Selo-tól északra a fensíkok mészköve már csupaszon van a fölszínen. Két időszakonként folyó patak, a Sekisovac patak és a Bukarinovac patak ered az Um és Erderogakosa között 500 m t. sz. f. magasságban, ezek nyugat felé folynak és a Staro Selo-tól északra torkolnak. Egy harmadik, teljesen kiszáradt völgy érkezik ugyancsak kelet felől és a Staro Selo-híd mellett torkollik.

Az elkarsztosodott területen folyó s még az őszi csapadék, valamint a téli hóolvadás idején is medrében csak szegényes vízerként folyó Sv. Markonál láttuk, hogy évszázadok folyamán e patakocska mily nagytömegű üledéket hordott le a Gačka folyóba, hol az 4 m magas és száznál több méter hosszú zátonyt épített. Az északi Gačka menti összes ponorok elleneséssel haladó bevezető csatornái továbbá azt bizonyítják, hogy a víz oly nagy túlnyomással áramlik ki a ponorokból, hogy az agyagban erodálni képes (l. a 81. oldalt is). Ha a két tapasztalatot egymás mellé állítjuk, nem fogunk csodálkozni azon, hogy a Gačka folyó eroziós medrét a ponorsorok kezdetétől fogva, hol is ponor ponor mellett heteken, sőt hónapokon át vizet okád s a vastag agyagtakaróra önt, bemosott anyag csaknem teljesen elborította s így a folyó medréből kilépni kényszerült. A völgytalp föltöltésének üledékes eredetére nézve különben is egyenes bizonyítékot szolgáltatott az otočaci hid alapozó munkái. De a hosszirányú szelvényben is jól fölismerhető a ponorok és a folyó mélysége közötti összefüggés. A folyó mélysége gyakran változik, de mindig két ponor közt a legnagyobb. De nem felezi e legnagyobb mélység a két ponor közti távolságot, hanem a folyás irányában kissé eltolódott épp úgy, mint ahogy a Sv. Marko patak torkolata sem felezi a folyóban levő zátonyt.

7·2 km-nél a folyómeder fenekén szálaban álló sziklákat találunk s a völgyszorosokban az agyagtakaró igen vékony. A hosszirányú szelvényre vetett egyetlen pillantás elegendő annak a fölismerésére, hogy a 7·2 km-nél lévő sziklás fenék legalább három teljes méterrel *magasabban* fekszik, mint 0·00 km-ben (XII. tábla). Ha továbbá az e folyórészlet-től keletre eső területet tekintjük, azt tapasztaljuk, hogy az úgy észak-



ról, mint délről a felé a kiszáradt folyómeder felé lejt, amely a 3·7 km-nél lévő kanyarulat csúcspontjából keletnek ágazik, a polje azon része felé, ahol az agyagtakaró a legvastagabb. Tehát a legnagyobb valószínűséggel föltehetjük, hogy a 3·7 km-től keletre volt az áradási terület legmélyebb része, a régi főponorok zónája. E főponorokat ma is elárulják még mélyenfekvő, lapos mélyedések, amelyeket sekély, száraz csatornák kötnek össze egymással. De egyetlen szikla sem áll ki a vastag agyagtakaróból. Ebbe a ponorzónába torkolt dél felől a Gačkofolyó, észak felől pedig a Skara és Podum felől jövő víz, mely a még ma is meglevő eróziós-mederbe gyűlt össze, de a mai folyóval ellenkező irányban folyt le. Ha nem feküdt volna a 0·00—7·00 km folyórészlet az áradási területen, akkor a folyó sajátos, a sziklába mélyen bevágódó s másodlagosan agyagos üledékekkel megint föltöltött, kilúgozott medre sem állhatott volna elő. A téli félévben, mikor a ponorok vizet szolgáltatnak, ez a terület elárasztódott. A ponorok vize az áradási területen bugyogott föl, tehát sem erodálni, sem üledékeket bemosni képes nem volt. Nyáron a folyó az üledékektől többekévéssé mentes mederben folyt s így mindjobban bevágódhatott.<sup>1</sup> Csak miután a nagyvíz már lefolyhatott a Dubrava felé, csak akkor juthatott a ponor és a folyó közötti magasságkülönbség érvényre s kezdődhetett meg az üledékek bemosása. Akkor azonban a kivárt meder már készen volt. Igen érdekes a következőket figyelemmel kíséreni: A 0·00—3·7 km-es folyórészletben állandóan ugyanaz az áramlási irány uralkodott. A ponorokhoz vezető csatornák tehát határozottan az ár ellen haladnak. 3·7-től 7·00 km-ig az áramlási irány a kritikus időben fölcserélődött. A völgy feneké csaknem vízszintes s a ponorokhoz vezető csatornák a folyó irányára merőlegesen kanyarognak. 7·00 km-től kezdve nyilván épp oly kevésbé folyt át ponorvíz a folyó felé, mint ma. A ponorok egyikének sincs állandó bevezető csatornája. Magas vízálláskor egyszerűen kiömlik belőlük a víz és folyó és ponor közti közlekedés megszűnik, mihelyt a nagyvíz visszahúzódik.

7 km-nél a folyó meredek, az eddigi völgy szélességet mintegy 20 m-re csökkentő, sziklafalak között éles görbében új folyási irányába, északnyugatnak kanyarodik. E ponton az eróziós völgy jellege teljesen megváltozik. A völgy szélessége eddig állandó volt, most medence-szerű kitágulások szűk helyekkel váltakoznak. Ponorok már egyáltalában nincsenek, helyettük kerek folyódolinákat találunk. Közvetlenül az éles kanyarodó után van az alacsony vízálláskor 8 m mély első dolina s épp

<sup>1</sup> Így a Svicató fenekén is alig van agyag, bár mindkét oldalán jelentős vastagságban van agyagos üledék.

annak a helynek felel meg, ahol az északi Gačka a polje nyugati peremvetődését átlépi. Itt van hát az a pont, ahol a nagyvíz a denudált elválasztógáton átfolyt. Idáig a folyó kezdettől fogva a síkságon haladt, eróziós medre tehát csaknem állandó széles volt. 7 km-től kezdve a nagyvíz denudáció alkotta mélyedést öntött el, majd medencéken és dolinákon, majd keskeny hátakon folyt keresztül. A mélyformákban nagy területeket oldhatott és mélyíthetett ki, a hátakon csak éppen olyan széles csatornát vágott, hogy keresztülfolyhasson. Innen erednek a völgy szélességének és mélységének olyan nagymértékű változásai, amelyeknek az adott esési viszonyok mellett és kavicsbordás hiányában, mechanikai erózió útján létrejönniök lehetetlen lett volna. Olyan fenék-hosszmetszet, mint az északi Gačkáé, mechanikai erózió útján egyáltalában nem keletkezhetett. 13·3 km-ben, tehát ott, ahol a «Dubrava» keleti peremének meghosszabbítása a folyót metszi, a X. tótól nyugatra, a krétamészkövet hirtelen vastag meszes agyagrétegre települő mésztufa váltja föl. Míg a X. tóig a folyó sziklás magaspartok befogta széles völgy talpán folyt, addig e tavat jó 10 m magas, meredek, agyagos és tufás anyagból álló lejtők közötti keskeny eróziós mederben hagyja el. Ezek az üledékek borítják — meglehetősen gyorsan elvékonyodva — a völgy talpát a X. tótól Brlogig, hol a folyó már csak 1—1½ m-re vágódik be. Brlog mellett Ny-nak fordul és a kis poljet körülbelül 120 m széles, rövid harántvölgyön, meredek, mintegy 40 m magas sziklafalak között hagyja el. Közvetlenül e völgy elhagyása után mintegy 15 m mélyen vágódik agyagos, meszes üledékbe ép úgy, mint a X. tónál, részben tág ívekben, részben sűrű kanyarulatokban. Brlogban több ház épült mésztufából s ebből nagy valószínűséggel következtethetjük, hogy a brlogi áttörésből se hiányzik e kőzet. A rétegek vastagsága mindjobban csökken és Brlog stációjában a patak már a környék szintjében folyik s a poljét megint rövid harántvölgyön át hagyja el, ez alkalommal DK-i irányban. Érdekes megfigyelni, hogy a folyódolinák a 9—14 km-es részleten sem hiányoznak. Sőt ilyen dolinát közvetlenül a X. tó után, a sziklaoldal és a tufatelepek között is találunk. Ez azonban teljesen megfelel a Švicatónál tett megfigyeléseimnek. Az üledékek oly egyenletesen rakódnak le, hogy a sziklás alap minden mélyedése, ha elsímitva és legömbölyödve is, de látható marad. A tófenék bizonyos fokig galvános úton bélelődik ki. Saját eróziós medrét azonban tisztán tartja a folyó, miután völgyében a tó megtelte esetén is van bizonyos áramlás. Ha mégis lerakódnék valami kevés s elzárná a völgyet, azt a következő nyáron megint elerodálja. A Gusiópoljet egyrészt a Vlaškopolje felé eső nyereg denudációja és eróziója, másrészt a fenék üledékekkel való föltöltődése végtére viz-



telenítették. Ma már csak a Brlogtól nyugatra eső legmélyebb részei mocsarasak.

Ügylátszik, a Švicatónak egészen más multja van, mint a Gačkoljenak. Ez medencealakú vetődéses völgy és nem polje, hanem a közepük táján K—Ny-i törési vonallal szelt, nagy, lefolyástalan mélyedések egész sora. Csak a Švica melletti, denudáció útján előkészített, átáramlás és kimosás útján kialakult, a Gačkoljével való felületi összeköttetés keletkezése folytán váltak ezek időszakos tavakká. A következőket figyelhettem meg: Ha a polje délkeleti sarkában lévő vaucluse források magas vizállásúak, az északnyugati szélén, 14 km távolságban lévő ponorok rövid idő alatt megtelnek s már csak alárendelt vízmennyiségeket nyelnek el. Bizonyítéka ez a polje keretén belül való gyors vízkeringésnek. A Švicatavaknál ellenben a csak keskeny mészkőhátak által elválasztott és törési hasadékkal összekapcsolt szomszédos tömedencék között a vízszinek 20 m magasságkülönbségét konstatálhatjuk. Csak mesterséges átvágás segített bizonyos fokig. Ez összehasonlításból magyarázhatjuk meg azt, hogy míg a denudáció a Gačkoljében 460 m magasságnál — elérvén az áradási határt — megállapodott, eddig a Švicató medencéje, a csatornázott főpoljén kívül esvén, egész 400 m-re juthatott le anélkül, hogy a kritikus áradási határt elérte volna. Még ma is mintegy 20 m magasságkülönbség van a Švicató nagyvizének és a tőle  $2\frac{1}{2}$  km-el keletre eső šumecicai ponor nagy vizének a szintje között, ha a Švicató kénytelen is fölvenni a Gačka magasvizének legnagyobb részét.

## 7. A karsztvíz.

Ha a Gačkofolyó vízmennyiségeit ábrázoló diagrammokat vizsgáljuk (24. és 25. ábra), első sorban is két körülmény tűnik föl: 1. A nyári és őszi hónapokban lefolyt vízmennyiség középértéke a téli és tavaszi hónapokban lefolyt mennyiség közepéhez viszonyítva jóval kisebb, mint a nyári és őszi közepes csapadékmennyiség a másik félv év közepes csapadékmennyiségéhez viszonyítva. 2. Míg a téli csapadékmennyiségek a diagrammban hegyes szögek alakjában jutnak kifejezésre, addig a vízlefolyás a nyári hónapokban csaknem egyenletes.

E két tény közül az első érthető, ha a háttérben fekvő vidék alkotását vesszük tekintetbe. A Gačkolje hátere részben eikarsztosodott és erdővel benőtt hegyvidék, legnagyobb részben azonban a Lika többé-kevésbé vastag agyagtakaróval borított, legtöbbször megművelt síksága. Az agyag a vizet kevésbé bocsátja át. Nyáron a kiszáradó agyag elnyelt vízmennyiségének jórésze a rendkívüli melegség folytán

gyorsan elpárolog, másik, ugyancsak jelentős része a növényzet életműködései következtében gázalakban távozik el. E két tényező részeseését %-okban megállapítani nem lehet. A növényzet hatása mindenestre jelentékeny. WOLLNY lysimeterrel végzett kísérletei szerint (Forschungen zur Agriculturphysik 1891.) májustól októberig a kopár agyag a csapadék 33%-át, gyepvel borított agyag csak 1·3%-át szivárogtatta el. S az átszivárgási viszonyok a lysimeterrel végzett kísérletekben jóval előnyösebbek, mint a karsztos területek agyagtakarójánál. MÖLLENDORF alagsövezés segítségével arra az eredményre jutott, hogy az elszivárgás «füvel borított agyagban» télen és tavasszal 92·0%, illetve 89·7%, nyáron és ősszel ellenben 36·0%, illetve 32·9%.<sup>1</sup> Nehezebb megérteni a második körülményt. A nyári esők vizét a karsztos felület kiszáradt agyagtakarója jóval nagyobb mértékben tartja vissza s annak csak igen kis része távozik szivárgás útján rögtön el. Azonkívül a Lika-folyó a téli hónapokban a Velebit-hegység vizet át nem eresztő részeire eső csapadék nagy részét hozza a Likapolje déli pereméig, hogy ott, alig 8 km-nyire a Gačkolje szélétől azt a karsztvíz tömegének adja át. Nyáron a Lika-folyóban igen kevés víz van s nem ritkán egészen ki is szárad, minthogy vize már útközben ponorokban tűnik el s talán egészen más irányokban folyik le. Harmadik okul a nyári és téli karsztvízmozgások közötti különbségeket hozhatjuk föl. Ezt a harmadik okot csak később fogom tárgyalni, ha a karsztvíz keringésének módját megállapítottuk. (L. a 72. és a következő lapokat.)

Ami a karsztvíz keringését illeti, mindenekelőtt az a kérdés merül föl, miként lehetségesek egyáltalában oly tetemes vizkitörések, mint a Gačkaforrások. A vízfolyási diagrammokból az látszik, hogy a forrásoknak tetemes víztartóval kell rendelkezniök, a nyári hónapok vízállását ábrázoló görbe parabolikus csökkenéséből pedig e rezervoárok lassanként való kiürülésére kell következtetnünk. E fokozatos kiürülésüket különösen az 1908-iki száraz éven lehet igen jól észrevenni. Hogy e víztartók természetét és azok kiürülésének mechanizmusát megérthessük, lássuk a karsztvízre vonatkozó elméleteket.

Két egymással egyenesen ellenkező fölfogást találunk. Az egyik

<sup>1</sup> GRUND «Karsthydrographie»-jának 175. lapján ezt mondja: «A párolgási veszteség úglátszik csak télen jelentékeny, amikor a hó a felületen marad. A cseppfolyós csapadékot ellenben a kőzet azonnal elnyeli, a párolgási veszteség ekkor igen csekély és csak a kőzetek felületi nedvességére szorítkozik. Legfőképpen nyáron mehet még végbe a naptól átizzított kőzet repedéseiben nagyobbfokú veszteség.» A fenn elmondott tények ennek épp az ellenkezőjére utalnak, nagy veszteségre nyáron és kicsire télen. A hőtömegek párolgására vonatkozó pontos mérések ez idő szerint még nincsenek.



GRUND tanáré. «Karsthydrographie»-ja szerint az összes vauclose-források valódi talajvízforrások. Az egész Karsztban egységes talajvíztűkör van, ennek magasságát földfölötti, vagy földalatti duzzasztó-gátak tartják. E talajvízmedencében négy nivót lehet megkülönböztetni: a vesztelgő talajvizet, a vízszintesen lefolyó évi csapadékminimumot, a fölötté lévő, vízszintesen mozgó karsztvízingadozásokat és a «repedésekben mozgó csapadék» zónáját. Ha a másodiknak, a «legmélyebb karsztvíznívó»-nak a felülete valamely poljemeledést metsz, akkor ennek a peremén vauclose források keletkeznek. E felfogásnak ellentmond nagy víztömegeknek oly pontokon való kitörése, amelyek több km-re vannak egymástól. Kis számítás tegye világosabbá e kifogásomat. A Tonković-forrás nagyvízkor  $20 \text{ m}^3/\text{mp}$ -t szolgáltat. A kibuggyanás területét vegyük  $200 \text{ m}^2$ -nek (jóval nagyobbak, amekkora a valóságban a forrás pocsoyájának áteresztő feneké), ez a GRUND becsülte, a mészko hidrológiailag alkalmas repedezettségét kifejező  $5 : 1000$  viszony alapján  $1 \text{ m}^2$  kifolyási keresztmetszetnek és  $20 \text{ m}/\text{mp}$  ragadó sebességnek felel meg. Az aránylag kevésbé repedezett kőzetben ilyen sebességet előidézni képes nyomásnak megfelelő magasság igen nagy kell, hogy legyen. De akkor miért oly aránylag szárazak a forrás körülötti sziklafalak még nagyvízkor is? Azt kellene várnunk, hogy a talajvíz a kőzet magasan fekvő nyílásain folyék ki, mielőtt nagy kerülőútját a vauclose-forráshoz megtenné. A jelen esetben láthatatlan forrásmagasság létrejötteinek semmi kézenfekvő oka nincs. A víz szilárd anyagot nem hoz magával és ami még fontosabb, mészből is aránylag szegény. A folyó vize az összes malmok duzzasztóin mésztufát rak le, a források melletti malmok zsilipeire ellenben nem rakódik mész.<sup>1</sup> Azt sem láthatom be, hogy ily forrásbarlangképződés a 6 Km-es távon miért bukkan ki csak három helyen, míg a többi lejtő s a perem többi részei érintetlenek maradnak. Pedig csak amolyan forrásbarlang képződése igazolhatná a talajvíznek a poljeperem közelébe való sülyedését, minthogy ez esetben (GRUND szerint) a talajvíz ingadozása a folyó normális nagyvizére redukálnék.

A karsztvíz keringésének második értelmezését dr. WAAGEN, dr. KATZER bosnyák geologus és sok más szerző vallják. Fölfogásuk alapja az, hogy a Karszt vizrajzának főtényezője a barlangi folyó. Ez a földfeletti folyóval egészen analog módon, zárt csatornában és a karsztvíztől függetlenül folyik. Nemrégiben írott értekezésében («Karsthydrographie und

<sup>1</sup> Ez a körülmény azt bizonyítja, hogy a víz már a hegységbe lépésekor sem tartalmazhatott valami sok szénsavat. Minél tovább kering, annál inkább kimerül az eredeti oldóképessége. Mi okból lenne a víznek éppen a földalatti pályája végén jelentősebb oldóképessége?

Wasserversorgung in Istrien») dr. WAAGEN a Karszt területét valamely csatornázott nagyvárossal hasonlította össze s a folyót tartalmazó barlangrendszerek alatt előforduló száraz üregeket nem kivételnek, de tipikus jelenségeknek nevezte. A szerzők e csoportjának ez a felfogása az előtünk lévő tényeket még sokkal kevésbé magyarázza meg, mint GRUND-é. A Gačkavizek, a fenékpróbák tanúsága szerint, nem barlangokból bugyognak elő, hanem pocsolyák alakjában a törmelékkal borított alapból. Mért vannak e vizkitörések pontosan a polje peremén? Továbbá a következőt sem lehet megmagyarázni: Ha a Pečina-forrástól eltekintünk, a Gačkaforrások egyikének sem felel meg a háttérben folyó. A tél és tavasz nagy esői mért nyilvánulnak meg oly hirtelen e források vizszolgáltatásában? Azok a kísérletek, amelyek egyrészt a ponorok, másrészt a források hidrográfiai jelenségeit zárt barlangsorokkal próbálták magyarázni, még a krajnai Karszt oly érett fejlődött karszterületével sem boldogultak. Csak a cs. k. földművelésügyi minisztérium azon megfeneklett működési tervét említem itt meg, amely a Gurk és a Laibach folyóvidékének ponorait akarta befásítani. Ez a terv KRAUS császári tanácsos, az ismert barlangkutató azon föltevésén alapult, hogy a ponorokat és forrásokat barlangok kötik össze. Azokat az eseteket, amelyekben ez a föltevés jogosult, a továbbiakban fogom elősorolni. (72. és a következő lapok.) Jelen esetben ez a föltevés nem eléggé indokolt.

Hogy megértsük, mennyiben mondja föl a szolgálatot GRUND elmélete a Gačkajelenség magyarázatában, vizsgáljuk meg azt a föltevést amelyen az egész elmélet nyugszik. A Karszt-hegység, — mondja GRUND — ahol mészkőből áll, sokszorosan repedezett s a repedésekben a víz a talajvizzel egészen analóg módon, csak éppen gyorsabban kering. Repedezettségi számról beszél s ezzel a hidrográfiailag alkalmas repedéseknek a repedezett hegység százalékaiban kifejezett köbtartalmát jelöli: LIONS poljéjére ezen értéket 0·002—0·006 nak számítja ki és hozzáteszi: «Meine Berechnung war nur ein vorläufiger Versuch. mit sehr unzulänglichem Material zu einer angenäherten Vorstellung zu gelangen und es wird eines ausgedehnten Beobachtungsmateriales bedürfen, um diesen Wert exakt zu gewinnen.» Abból a föltevésből indul tehát ki, hogy az egész Karszthegység meglehetősen egyenletesen repedezett. Ez pedig nem födi a valóságot. Ellenkezőleg nagy különbségek vannak a hidrográfiailag alkalmas repedések között. Nehány példát hozok itt föl egyfelől a mészkő-hegység vizetáteresztő, másfelől vizet át nem bocsájtó voltára.

1. A vlaškopoljei alig 200 m hosszú táróban az őszi hónapokban csaknem 2 m<sup>3</sup>/mp vész el. (Krétamészkő.)

2. PUTICK «Katavotrons in den Kesseltälern von Krain» című munkájából: «Im Osten und Norden des Tales (von Planina) sickern die



Niederwässer und die Mittelwässer des Unzflusses mit grosser Gier durch filterähnliche Schutthalden nach einem unbekanntem Untergrund. Die Absorptionsspalten vermögen selbst 70—75 m<sup>3</sup>/sec zu verschlingen.»

3. Mons és Havré (Belgium) között krétamészköbe csatornát építettek s nem bélelték azt ki. A víz teljesen eltűnt. Ép így egy Bilton és Ath (Angolország) között a kőszénmészköbe vágott csatornában is. (M. F. Stapff szerint.) A horvátországi Dabar egy vízvezető csatornájában is elapadt ily módon a víz, erre aztán fölhagyták e csatornát.

4. Egy 12 m magas zsilippel elzárt duzzasztómű a belga krétában, csak 2·15 m magasságig telt meg (STAPFF).

A mészkőszikla vízelzáró voltát a következő tapasztalatok igazolják:

1. A Rečina völgyében a vizet a MÉNIER-féle papírgyár erőforrása számára mintegy 200 m hosszú béleletlen csövön vezetik jóval a folyó közepes vízállása fölött, a krétamészkövön keresztül a nyomómedencébe. Mérhető vízvesztés nincs.

2. A waldeggi elektromos művek építése alkalmával egy béleletlen, a dachsteini mészkövön át hajtott vezetőtáró 6 m-el a közepes vízállás fölött gyakorlatilag vízzárónak bizonyult.

3. A bajor Mészalpokban a vízvezető tárok egész sora béleletlen.

A fölhozott példákból kiderül, hogy a mészkő repedezettsége az elgondolható legtágabb határok közt ingadozik, tehát a mészkőhegység repedezettségét kifejező határozott számról nem beszélhetünk. Gondoljuk már most meg: A légköri csapadékot fölfogó felület rendkívül nagy. Azonkívül a víznek a mélybe vivő útja első méterein van annyi szén-sava, hogy a repedéseket kibővitse s ennél fogva a légköri csapadék az illető területen több-kevesebb idő alatt beszivárog. A víz azonban BISCHOFF szerint csakhamar elveszti oldóképességének legnagyobb részét és azokra az utakra szorul, amelyeket a természet előkészített. A keresztülfolyt felület vízszintes irányban sokkal kisebb, mint függőleges irányban, azért a mészkőhegység nagyobb vagy kisebb fokú repedezettsége nagy befolyással van azokra az utakra, amelyeket az elnyelt víz a hegység belsejében megtesz. Ha tehát a karsztvíz mozgásával tisztába akarunk jönni, mindenekelőtt azt kell kérdeznünk, hogy hol várhatunk nagy és hol csekélyfokú repedezettséget. Ha e kérdésre megfeleltünk, azt kell vizsgálnunk, mily mértékben fejleszti tovább a víz e természetadta utakat, mire képes a víz és mire nem.

A hegység repedezettsége elvitázhatatlan összefüggésben áll a tektonikájával. Az eltolódások, amint gyakran megfigyelhető, a földfelszín közelére, tehát a földkéreg legfölső három-négy kilométerjére, a

hegység egyes tagjaira igen egyenletlenül oszlanak el, minthogy ezen elmozdulások nem látens plaszticitás állapotában lévő tömegre, mint nagyobb mélységben, hanem többé-kevésbé merev közegre hatnak. Így helyenként réteges szerkezetüket megőrzött s jó megtartási állapotú kőületeket tartalmazó hegység részeket találunk, de viszont akár mindjárt mellettük olyanokat is, amelyek úgyszólván teljesen átgyűrődtek és régi szerkezetüket egészen elvesztették. Dr. WAAGEN «Beitrag zu Geologie der Insel Veglia» c. munkájában ilyen megfigyelések egész sorát találjuk. Így megemlíti pl., hogy Veglia-sziget hosszanti kiterjedésével párhuzamosan csap több km hosszúságban egy szabályos redő, amely Veglia város közelében zavaros módon összetöredezett és áttolódott. Hasonló jelenségek egész sorát figyelhettem meg az 1910. év nyarán dr. VOGL geologus társaságában, a Buccari öböl környékén; nemkülönben a Kapela-hegység keleti lábánál is. Valamely hegylánc tektonikai jellegének ilyen, gyakran hirtelen, megváltozása nem maradhat a repedések vízének keringésére behatás nélkül. Ez világos. Ha már most a belső horvát fennsíkot tekintjük, első pillanatra föltűnik, hogy e hegyvidéken két egymást hegyes szögben metsző csapási irány uralkodik. GRUND tanár «Karsthydrographie»-jában már kiemeli a belső horvát fennsík e sajátosságát s e tektonikai jelenséget «a Lika-találkozás»-ának<sup>1</sup> nevezi. Két különböző nyomási irányú, időben is elválasztott hegymozgás hatásával van itt dolgunk. Fennmaradt váz hálózata között egyes rögök lesülyedtek, ezek a mai poljék, de a vázat is vetődések hatják át, ilyeneket magam is nagy számban konstatáltam. E vetődéseket a «Gačkopolje keletkezése» című fejezetben soroltam föl. Egyelőre elég maga a tény. A rögök leszakadása, mint említém, egyértelmű a hegység szerkezetének a meglazulásával s a törési vonalak, melyek egy-egy rögöt körülfoznak, természetesen elsőrendű repedezett zónák. Viszont magukat a rögöket lesülyedésük közben olyan tektonikai zavargások érik, amelyektől a váz mentes marad. A rögök területe e nagyobbfokú repedezettség következtében a karsztviz természetes gyűjtője s a fölgyülemlett víz, felhasználva a legkisebb ellentállást támasztó utakat, a szomszédos nagyfokú repedezettségű területre, a legközelebbi sülyedési területre ömlik. A legkevesebb ellentállást támasztó utak nyilván a kiemelkedő vázat átszelő hasadékok és repedések. Ez megfelel annak a konstatált ténynek, hogy a Gačka-folyó vaucluse-forrásai vetődéses repedéseken fekszenek.

Gondoljunk el egy normálisan repedezett (vagyis sok, de keskeny repedéssel átszelt) mészkőhegységet, ha azon egy összetöredezett, vizet

<sup>1</sup> «Schaarung der Lika».



nagy mértékben elnyelő zóna húzódik keresztül. Legyen a terület domboos és bükkel benőtt. A víz a hümusztakaróban szénsavval telítődik. A talajban marad egy ideig, már előbb felsorolt okoknál fogva oldóképességének egy részét elveszti, oldhatatlan, lebegő részecskékkel terheli meg s lassanként a hegység repedéseibe jut. Először is különböző lesz a csapadék eloszlása a hegység felületén. A dolinák feneke sokkal több vizet ad le, mint az oldalai.<sup>1</sup> A repedésekben azután a víz mozgása az elképzelhető legkülönbözőbb ellentállásokra talál. A szélesebb repedésekben leggyorsabban mozog, a keskenyebbekben lassabban, némelyikben meg is áll. A még szénsavfölsőleget tartalmazó víz oldóképessége a vízzel töltött repedésben különben egyforma körülmények között egyenesen arányos az átfolyás sebességével, minthogy nagyobb sebesség esetén az idő egységében több oldani képes víz érintkezik a reakció helyével, t. i. a repedés falával, mint, ha a sebesség kicsiny. Az a távolság, amelyben a víz még oldani képes, egyenesen arányos a repedés szélességével, mert széles repedésben az átalakulás állandó sebessége esetén az oldóképesség nem merül ki oly hamar, mint keskenyben. Finom repedésekben a lassan mozgó vagy stagnáló vízből a benne lebegő agyagos iszaprészekképp épp úgy leüllednek, mint a homok valamely szabályozott folyó zátonyárnyékában. A két elsősorban említett okra vezethetjük vissza azt a többször megfigyelt körülményt, hogy a dolinák alatt a repedések erősen kitértek. Oly jelenség ez, amelyet tévesen tartottak a dolinaképződés elsődleges okának. Mind a három ok együttvéve könnyen érthetővé teszi, hogy a víz a keringési pályák lehetőleg egyszerű hálózatát ipakodik teremteni, a mennyiben a legalkalmasabb utakat kitérgeti, az alkalmatlanokat elzárja. S hidromechanikus okokból következik, hogy a víz leggyorsabb mozgása különben egyenlő körülmények között arrafelé irányul, amerre a legtöbb hely van, a tektonikus megzavarodások, fölleveledzett rétegek stb., a nagymértékben meglazult hegység-részek felé. A víznek eme alárendelt pályái oly módon fognak kifejlődni, hogy a csapadéknak a gyűjtőmedencékbe való levezetése a lehető leggyorsabban történjék. Ez a tendencia az alapja a völgyképződésnek is. A meglazult hegység-részekben a víz addig duzzad mind magasabbra, míg a befolyás és lefolyás között egyensúly nem áll elő. A befolyás lehetőségei számtalanok, amint az a csapadékokat fölfogó felület nagy voltából következik. A vízszintes irányban való lefolyás lehetőségei ellenben korlátok közé szorítvák. Ennek következtében a forrásokban a víznek a hidrosztatikai nyomás gyors fokozódásával egybehangzó gyors emelkedését, ellenben lassú lefolyását kell konstatálnunk.

<sup>1</sup> Beható tárgyalása a 8. fejezetben.

Egészen más lesz azonban a csapadék működése a nagymértékben összetöredezett hegység-részek felületén. Ott a víz kapacitása (amint azt a felhozott példák második sorából láthattuk) jóval nagyobb, mint a lefolyó légköri eredetű víz tömege. A hegység keresztül-kasul repedezett s a víz, mely a felületen telítődött és oldott, mint valami szűrőn fog rajta keresztül szivárogni, a levegővel sokszorosan érintkezni és, mint a malmok zsilipjein és a barlangokban, szénsavát elveszti és meszet rak le. Az a törekvése lesz, hogy a repedezett területet kifelé elzárja és olyan viszonyokat hozzon létre, amilyenek a normálisan repedezett mészkőhegységekben vannak: <sup>1</sup> a víz hozzájutása és a lefolyás lehetősége közötti egyensúlyi állapotot. Így a Dragula-völgy guttensteini mészkőében tág, durva törmelékkel kitöltött repedések kivált mészanyaggal teljesen elzárt egész sorát találtam. Ugyanezt a jelenséget találjuk a Pečina-forrás sziklaüregében, valamint a stiriai mészalapok számos kőbányájában is. A természet iparkodik a haszontalan üregeket elzárni.

Így tehát képét nyertük a repedésekben lévő víz viszonyainak egy sülyedt rög területén. A csapadék ilyen területen nagyon hamar összegyűlik. Purick «Katavotrons in Krain»-jának egy helyén ezen összefolyásról igen szemléltető képet ad. A krajnai Planina medencéjének az esőzések folytán előálló jelenségeit a következő módon ecseteli: «...Denn nach jedem heftigen und längere Zeit anhaltenden Landregen brechen aus allen Zuflusshöhlen des Tales ganz enorme Wassermengen mit wildbachähnlicher Vehemenz hervor. Dieselben strömen alle nach dem Hauptrezipienten zusammen und füllen alsbald die Ufer und es beginnt die Innudation.» Azt kell most már néznünk, hogy mi módon adja tovább a sülyedési terület a repedések vizét. Itt már nem egy nagyobb felületre lehullott esővíz egyszerű elvezetéséről, hanem egy egész hegység-rész összegyűlt víztömegének a lefolyásáról van szó. A víz sokkal nagyobb sebességgel s az esések nagyobb mértékű tölthasználásával fog mozogni, mint a primer vízgyűjtőterület repedéshálózatában. Mohón foglal el minden lehető utat és kifejleszti azt, amennyire csak bírja. Jelentéktelenebb vetődés is alkalmas kiindulópont. Laza közettömegek lokálisan erodáltatnak s mennél jobban tágul valamely üreg, annál több anyag zuhan utána. Ez az erózió alapjában más, mint a folyóvölgy eróziója, mert nem teremt egységes hosszszelvényt, rendesen nincs is meg a törmelék-hordás lehetősége és míg a víz egyik helyen törmelékkel tele iparkodik valamely üreget kitágítani, mindjárt utána valami

<sup>1</sup> Ezen elzárásra való törekvése állítólag már RICHTER is utalt egyik hátrahagyott tudományos írásában.



keskeny hasadékon kell keresztülhaladnia anélkül, hogy erodálni képes volna. Amint azt valamely barlangos területen való keresztülfolyáshoz szükséges időre vonatkozó számos megfigyelés bizonyítja, a barlangképződés lokális jelenség (GRUND: Morphologie des dinarischen Gebirges). Az a számos bifurkáció is, amelyet VORTMANN festőkísérletei és számos más kutató is igazoltak, önmagában leli magyarázatát. Fölmerül azonban az a kérdés, hogy milyen viszonyban van a valamely repedésen keresztülhaladó s esetleg néhány üregeken is átfolyó víz ahhoz a szomszédos, mindenesetre szintén repedezett mészkőtömeghez, amelyen a repedés, illetve laza közetsáv áthatol. (Azt az esetet, amelyben ezt a vizet egy poljefolyó adja, egyelőre még nem veszem tekintetbe. Vegyük úgy, hogy a beszivárgása óta még nem érte el a felszínt.) Hogy erre felelhessünk, képzeljünk el egy, a vizet kissé áteresztő betonfalat, ez két oly medencét válasszon el egymástól, amelyekben különböző magasan áll a víz. A betonfalon legyen egy széles repedés. A víz a repedésen keresztül a mélyebb medencébe ömlik. Bizonyára jut magán a betonfalon keresztül is a mélyebb medencébe víz, de nem vehetjük azt észre, minthogy az a nyomóerő, amely a keskeny rések közé szorítja a vizet, a nagyfokú súrlódási ellenállás következtében bizonyos fokig megsemmisül. A fal mellső lapja aránylag száraz lesz. Ilyenformán képzelhetjük el azt a jelenséget, amelynek folytán a Švicatavak két 15 m magasságkülönbségű vízmedencéjét elválasztó aránylag keskeny mészkőhát száraz marad, a MÉNIER-féle papirgyár csöve sem mutat a külső felületén vízfoltokat és a Gačka forrásai mögötti oldalban sincsenek források. A főrepedésben a víz a legkisebb ellentállást támasztó utat követi s ott jut ki belőle, ahol lehetséges. Mint említém, a természet a nem használható rést a fölszín felé elzárni iparkodik; a repedések kiszélesedéseiben, töredezett rétegekben a víz erodál s ilyenkor a szomszédos közetrészekbe vivő rések némelyikét a törmelék segítségével elzárja, úgy hogy e módon a földfeletttel analóg barlangi folyó látszata támad, pedig a kettő csak nagyon kevésbé rokon, minthogy a repedések vízének lefelé nincs határa. Másképp áll a dolog akkor, ha a repedés vize nem töredezett hegytömeg talajvizéből, hanem valamely poljefolyóból ered. A folyóvíz a hegység belsejébe lépésekor, mint GRUND megfigyelte s magam is állítom, még nem vesztette el az oldóképességét. Ehhez a folyóvíz összefogott útjában, az agyagban, kevés alkalma volt. A repedésen át való útjában erózióját kémiai behatással is támogatja s így üregek keletkezését nagymértékben elősegíti. Minthogy a folyó medre alatt nem kell talajviznek okvetlenül jelenlennie, előállhat az a WAAGEN említette eset, hogy a folyó medrét beiszapolja és vizet nem tartalmazó üregek fölött folyik el.

Mindenesetre a lehető legnagyobb eséssel fog a mély felé iparkodni, amint ezt GRUND is említi. Hogy nem függőlegesen hull alá, hanem kaszkádokban (Réka, Laibach stb.) ez azt mutatja, hogy a medrét vízmentessé tenni iparkodik. De az ilyen folyó elveszti folyó jellegét abban a pillanatban, mihelyt a hegység belsejébe kerül és az útjában talált repedezettségi viszonyokkal függésbe jut. Még csak egyet kell a talajvíz fönn leírt minőségű repedéses területen való keringésére vonatkozólag megemlítenünk. Télen és tavasszal, tehát a bő csapadékok idején, a hegység belsejében természetesen tetemes nivőkülönbségek vannak. A víztömegek kiegyenlítődése gyorsan és nagy eséssel megy végbe. A repedések víztükre meredeken esik a főgyűjtőerek felé s az ezen esőfélben lévő talajvíztükrök és a vízszintes közti helyen a kőzet vízzel telítődik. Nézzük egy pillanatra a GRUND-féle «hidrografiailag felhasználható» repedések és a mészkőnek valóságos repedezettségi foka közti különbséget. A «hidrografiailag használható» repedezettség értéke GRUND számításai szerint 0·002 és 0·006 között ingadozik. A tényleges repedezettség KATZER szerint 0·17, LOŽINSKI szerint a galíciai szenon mészkőben még sokkal nagyobb. (A galíciai szenon mészkő repedezettsége valamely porózus kőzetével egyértékű.) Még ki nem fejlődött vízpályákkal bíró karszterületen a 17% hajszálrepedései és a hidrografiailag használható repedések között mindenféle átmenetek vannak, azon tendencia mellett is, a mely — mint kimutattam — ezeket az átmeneteket eltüntetni iparkodik. Bő esőzések idején a vízkeringés a «hidrografiailag használható» repedésekben történik. Ha hosszú ideig nem esett, a talajvíznivók egymásfelé eltolódnak. A nagy nivőkülönbségek eltűnnek s a finom repedések is leadják, ha lassan is, vizüket a főgyűjtőcsatornába s a talajvíztükrök fölötti részben csak a kőzetnedvesség marad vissza. Ha azután megint eső jön, akkor annak a nyár tetemes párolgása folytán nagy mértékben megfogytakozott vize elsősorban arra fog szolgálni, hogy a kiadós vízkeringés helyreállításához szükséges nivőkülönbséget teremtsen, e célból a kőzet imént kiürült finom repedéseinek is meg kell telniök.

Ha tehát az eső nem valami kiadós, akkor a főgyűjtőcsatorna vizszolgáltatására gyakorolt hatása nem nyilvánul oly közvetlen módon, mint a téli esőké.

Hasonlitsuk most össze a Karszthegység vízpályáinak előrelátható kifejlődésére vonatkozó eme elmékedésű eredményeit azokkal a viszonyokkal, amelyeket a Gačkopoljében találtunk. Ahol a forrás vize valamely eltűnő poljefolyóból ered, ott barlangokat kell várnunk. Ez az eset a Pečina-forrásé. Ennek vize a Lika-folyóból származik s a Lika nagy vize idején zavaros. A Pečina-forrás tehát, a többtől eltérően,



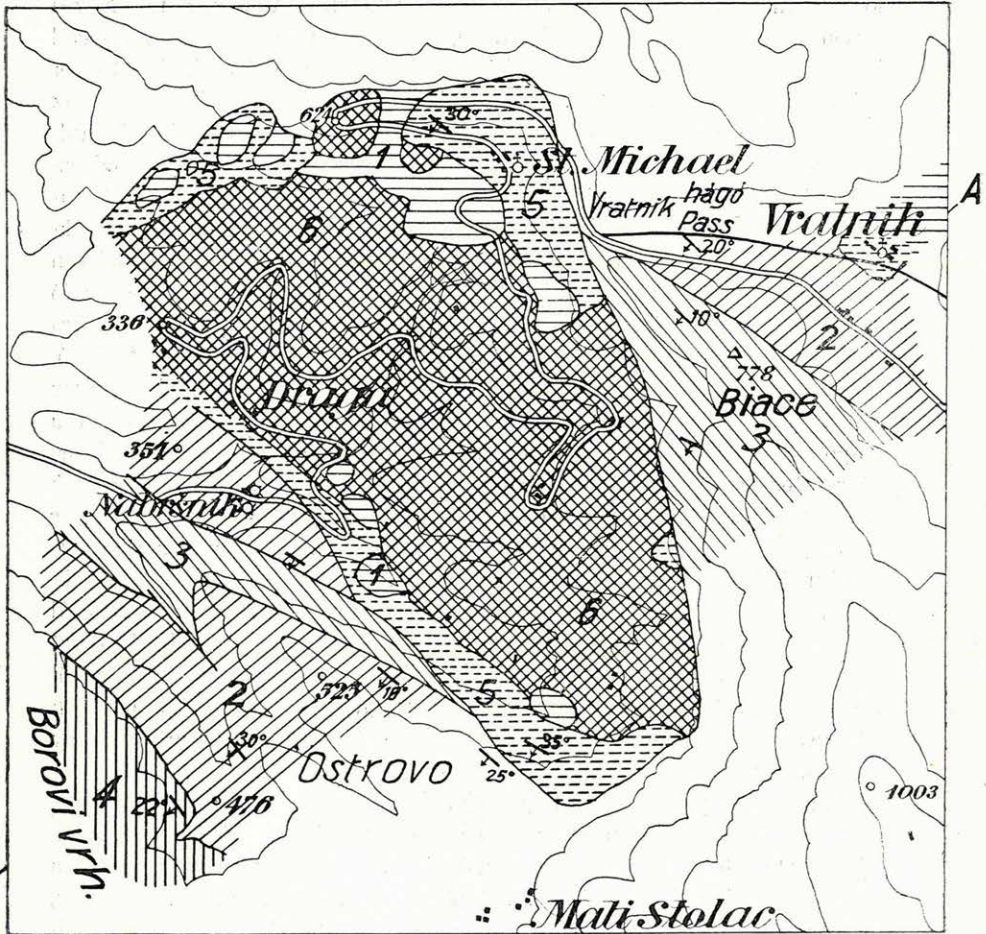
kis sziklafal lábánál ered és a szomszédságban — mint említém — beszakadt üregek nyoma van. A sziklafal mentén vetődés látható. A többi források fölött nincs polje, vizük mindig tiszta. Valamennyien jelentős törési vonalak mentén, mint ahogy várunk is kell és nem barlangokból, hanem mint valami szívócsövön törnek elő a mélyből, a hegy lábánál, vagy attól nem nagy távolságban. Hogy a hegy lábánál erednek, azon nem csodálkozhatunk. A repedésben mozgó s e repedést alkalmas pályává formáló víz, mint többször említém, akcióképességében meglehetősen korlátolt. A repedési rendszer a lehető legszabálytalanabb, a víz alkalmazkodik, arra folyik, amerre bír. A víz útja tehát rendesen szívócsőszerű kell, hogy legyen s a szívó csövön nem kell éppen barlangot értenünk. Amely üregek nem állnak egyenesen a vízkeringés szolgálatában, azok a mélyben eltömődnek, a felszínhez közel mésszel elzáródnak. Mindenesetre pedig azt az utat fogja a víz szabaddá tenni és szabadon tartani, amelyen át a leghamarabb jut a legközelebbi üregbe, jelen esetünkben a szabadba. A hegy lába azonban a denudációnak kitett hegységben nem egyszer s mindenkorra állandó vonal, hanem mint a «keletkezéstörténet» fejezetében kimutattam, a hegy felé eltolódik. Ily módon, mint a Majerovsko-forrásnál, a hegy lába eltolódik a forrás kibuggyanási helyétől s a forrás úgy tör elő, mint valami artézi kútból. E jelenség lényegét tekintve, van is valami rokonsága az artézi kúttal. Addig tart a denudáció folyamán ez az eltolódás, amíg a víz újabb kisebb ellenállású helyet nem talál a feltörésre. Amint új ponorok nyílnak meg s mások elzáródnak, úgy van ez a forrásokkal is. Igaz, hogy a repedéseknek a forrásfeltörés helyének megváltoztatásához szükséges, felszínről kiinduló mésszel való elzárása nagy nehézséggel jár, ezt a Majerovsko-forrásnál látjuk. De előfordulhat az is, hogy a hegy lába felé való vándorlása közben valami nagyobb üregig jut. Ezt a Krbavapoljeben Buničnál figyeltem meg. További példákat szolgáltatnak a franciaországi vaucluse-források (ezeken tanulmányozták először a karsztforrások jelenségeit) és számos a bosnyák karsztvidékről GRUND leírta forrás. Ilyen esetekben jól megfigyelhetők a kifolyás szintjének ingadozásai, ez pedig egyszerűs mind a repedezett hegység talajvíz ingadozásainak mértékét is megadja. A les Abimes vaucluse-forrás forrásbarlangjában a kifolyási nyílás magassága MARTEL szerint 24 m-t ingadozik; ez egyszerűs mind a víz-pálya kis kapacitásának is bizonyítéka, ha e mértéket a forrásból eredő folyó vízállásának csekély ingadozásaival hasonlítjuk össze. A Gačakafolyó nyári vízállásbeli ingadozásainak diagrammja így, a talajviznek a nyári száraz időszak alatti viselkedésére vonatkozólag elmondottak után, érthető. Az okoskodásaimnak csak egy pontja szorul kö-

zelebbi magyarázatra. Azt mondtam, hogy a nyári esővíz nagy része a vízgyűjtőterület gyűjtőcsatornáiból a finom repedésekbe jut s ennek következtében nem eredményezheti a főrepedések víztükrenek hirtelen emelkedését. Mért nem áll így a dolog a téli esőzések vizével is? Már megemlítettem, hogy vízbőségkor az összes talajvízszínek meredekebben fekszenek, mint száraz időben. A nagyobb eséssel kapcsolatban nagyobb a sebesség is és ha vizet áteresztő vezetéken először kicsi, aztán nagy sebességgel folyik a víz, akkor az előbbi esetben annak sokkal nagyobb százaléka fog a nyílásokon átjutni, mint az utóbbiban.

Így megfelelő magyarázatát találtuk a Gačkopolje vízrajzi jelenségeinek. Most nézzük a Sv. Juraj melletti édesvízi forrásokat. Hogy lehetséges a tenger fenekén oly sok édesvízkiömlés? Vaucluse-források, egyes kivételektől eltekintve, csak a szárazon keletkezhetnek és pedig a következő oknál fogva. Valamely olyan repedezett kőzet-részlet, amelyben jelentősebb vízpályák keletkezése lehetséges, sohasem olyan tömött, hogy ne engedné a vizet különböző helyein kifolyni, különösen ha víztartalma nagy nyomás alatt áll. Csak mésztartalmú felszíni vizek lerakódó mészanyaga zárhatja el e helyeket. Föl kell tehát tennünk, hogy a Sv. Juraj melletti források kialakulása a szárazon történt. GRUND «Karsthydrographie»-ja 197. oldalán több arra utaló példát hoz föl, hogy a part régebben sokkal kijebb a tenger felé esett, mint ma. Többek között Pago és Arbe a tengertől lemetszett édesvízi neogénjére hivatkozik. E példák a mi fölfogásunkat csak megerősítik. A sv. juraji források nyilván nem egyebek igazi vaucluse-forrásoknál. Az északi Adria tengeri térképe azt mutatja hogy a tengerfenék orografiai jellemvonásai ugyanolyanok, mint a belső horvát fennsíkéi. Rövidebb-hosszabb, hossz- és harántirányú völgyekkel összekötött, különböző nivójú, esésnélküli síkok egész sorát tünteti ez föl. A síkságokat s azok esésnélkülségét a tengertérkép még világosabban tárja elénk, mint a fennsík topografiai térképe. E tengeralatti poljetömeget a fennsík poljeitől a horvát tengerparti hegység választja el. A Valle Molini táján három nagyfontosságú tektonikai vonal metszi egymást. A Lika ponorain keresztülhaladó s a Rjunevica-Plješivica vonulat meredek északi lejtője által jelölt KDK—ÉÉNy-i irányú, az Otočacon és Švicán át haladó K—Ny-i vonal és a Vlaškopoljet szelő K—Ny-i törés. E három törésvonalon vannak a Likafolyó és a két Gačkaág főponorai is. A törési vonalakkal kapcsolatos eme ponorok a tengerfenék orográfiájával és a sv.-juraji forrásokkal együtt eleget mondanak. A Gačka-folyó forrásainak viszonyaival teljesen analóg eset áll itt előttünk. Kü-



lönben még egynehány példát kívánok felhozni. Ahol a Fiume-Novii törési vonalak határolta, csaknem egyenes, bepréselt eocén márgával jellemzett, ÉNy—DK-i irányban húzódó Vinodol völgy Novinál a tenger alá merül, vaucuse források törnek elő. Épp így a Valle Vlačkaban is, az általam a Senjsko Bilo alagútja érdekében végzett geológiai előtanulmányok alkalmával konstatált, a Dragavölgy melafirtakaróját a triasz-mészkö felé elvágó törési vonalon. A Jablanaci öbölben lévő, osztrigapadjaikról ismeretes édesvízi források egy K—Ny-i törési vonalon fekszenek, amely magát a Lika környékének domborzatában a mélyen bevágódó, nyilegyenes és a Lika eróziós völgyébe Kossinj mellett nyíló Bakovac völgygel árulja el. Ugyanez áll a Voloska melletti forrásokra is és minden valószínűség szerint mindazon helyeken kimutatható, ahol a tengerfenéken igazi vaucuse források buggyannak ki. WAAGEN Isztria vizellátására vonatkozó, többször említett értekezésében egy a Nápoly melletti városka, Torre dell'Annunziata melletti tengeralatti forrásról tesz említést, amelyet ivóvíz céljaira sikerrel foglaltak. Ha csak nem gondolunk ennek a megmagyarázása céljából valami hágóaknás barlangra — amit megokolni semmivel sem tudnék — akkor vaucuse forrásnak kell tartanunk ezt is, amely keletkezését a fönn vázolt okoknak köszöni. A repedés, melyen kitör, a forrásból a part felé a vízből kiváltott mésszel zárult el. A víz ott tör föl, ahol ez a takaró véget ér. Ez a nápolyi példa különben bizonyítéka annak, hogy a tengertől utólag elárasztott vaucuse források jelensége nem szorítkozik pusztán a horvát tengerpartra. Itt még egy érdekes tényre kell utalnom, amely szintén alkalmas arra, hogy a vetődéseknek a talajviz keringésére vonatkozólag nagy fontosságát igazolja. Ha a horvát part térképét nézzük, föltűnik, hogy hirtelen emelkedik az és már két-három kilométernyire befelé 600—900 m magasságot ér el. Csak egy helyen vágott a természet mély rést a tájba. Ez pedig a Zengg melletti Dragavölgy, amelynek a torkolatától 5 km-re eső részén a térkép 187 m magasságot jelez. E pont és a 698 m magas Vratnikhágó között lassan emelkedő mélyedés van. Jobboldalt a meredek, erdős oldal merész sziklafalakban nyúlik föl, gyönyörűen látszik rajtuk a part felé 10—30°-kal dülő mészkő rétegzése. Balról a Veljun szintén meredek fala világosszínű, rétegzetlen mészkő sziklaiból áll. E gazdagon tagolt oldalakkal feltűnő ellentétben állnak a mélyedés alját alkotó melafirtakaró sima, kerek hegyformái. E melafirtakaró a Vratnikhágó alatt kezdődik és  $2\frac{1}{2}$  km<sup>2</sup>-nyi területet borítva, a Sveti Križ-Zengg-i 5 km hosszú hatalmas eróziószakadék kezdetéig ereszkedik alá. E melafirtakaró peremére sötétvörös, a mikropetrografiai vizsgálat eredménye szerint tengeralatt lerakódott melafirtufa és zöldes, a tenger felé 20—40°-kal dülő



1. világoskék, korallós guttensteini-mészkö; 2. sárga-fehér homokos mészkö, részben sötét és bituminózus; 3. szürke, fehéreres, tömött dolomitos mészkö; 4. sötétkék-fekete guttensteini mészkö sok csigával; 5. sötétvörös, kemény melafirtufa és világosabb konglomerát halványkék mészkögorgetegekkel és vékony homokkő betelepődésekkel; 6. Sötétvörös, zöldes-fekete melafir.

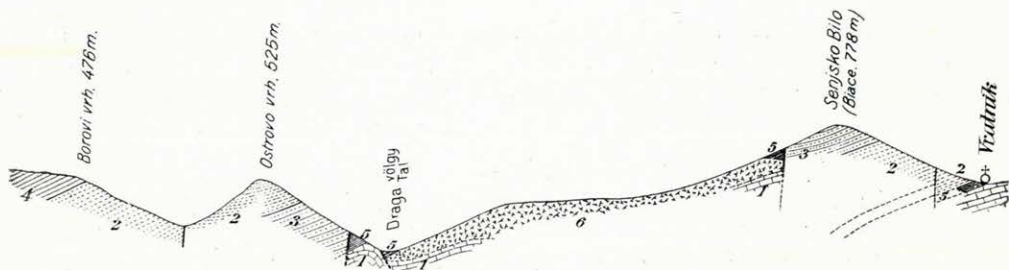
Mérték 1 : 25000.

26. ábra. A Dragavölgy (Senjska Draga) eredeti földtani térképe.

konglomerát telepednek. E területet a legrészletesebben tanulmányoztam és gondosan térképeztem. A mélyedés nem törésses medence, mint esetleg gondolhatnánk, hanem trapézes körvonalú, négy tektonikus vonal közt fennmaradt horszt. Ha meggondoljuk, hogy a tektonikus



mozgásokat megelőzőleg a szomszédos területeknek a melafirtakarót egykor borított mészkővel egy nivóba kellett lenniök és hogy a melafirtakaró, vagyis a denudáció alkotta új felület helyenként 500 m-nyire van a lesüllyedt szomszédos területek pereme alatt, akkor meg kell adnunk, hogy a denudáció itt olyan munkát végzett, amelyhez képest egy sík poljefenék kiformalása elenyésző csekélység. Két dolgot ismerünk itt föl. Először is a melafirtakarónak e horsztképződés megindulásakor hatalmas vastagnak kellett lennie, hogy a denudáció, bár a rög mozgása az ő munkálkodásával ellentétes irányú volt, mégis ily tetemes magasságkülönbséget hozhasson létre. A vetődésmenti repedés azon részei, amelyek ma megfigyelhetők, akkoriban nagy mélységben kellett hogy legyenek, tehát — amint a poljék keletkezéséről szóló fejezetben részletesen indokoltam — simáknak és tömöttnek kellett



Jelmagyarázat és mérték ugyanaz, mint a tulajdali térképé.

27. ábra. Földtani szelvény A—A: a Vratnik hágótól Borovi vrh-ig.

lenniök, minthogy keletkezésüket vonszoltatásuk előzte meg. Az akkori felszínhez közel ellenben nagy mértékben összetöredezettnek és meglazultnak kellett a kőzetnek lennie, különben a denudáció nem hatolhatott volna oly gyorsan előre a mély felé. A felszínhez közel a törések egyenetlenek, szakadozottak voltak. Az össze-vissza repedezett horsztképződés terület szolgáltatta az oladási vizekből táplálkozó vadpatakoknak azt a törmelékét, amely oly hatalmas, igazi eróziós szakadéknak, mint a Sv. Križ-Zengg sziklavölgye, a létrehozásához szükséges volt.

A térképezés kiderítette, hogy a tektonikus zavarodások a terület vázán — éles ellentétben a Karsztplató elmosódott, zeg-zugos töréseivel — meglehetősen egyenesekben vonulnak keresztül. További bizonyítéka ez a hegymozgások korának és annak a mélységnek, amelyben a melafirtakarónak akkoriban lennie kellett. A legmeggyőzőbb bizonyíték azonban a következő: Ha a Senjsko Bilo hegylánca mögött karsztvíz-összegyülemelést feltételezünk, amelyre különben annyi bizonyíték van, hogy egyáltalában nem kételkedhetünk benne, akkor azt hinnők, hogy ez

a víz a mélyen fekvő Draga depresszió felé törekszik, két jelentős vetődés útján állván azzal kapcsolatban. A melafirtakaró, amint több ponton megállapíthattam, mészkőre telepedik (a 26. és 27. ábrák vázlatán 1.) és nem werfeni palára, amint Cvinić tévesen jegyzi meg véleményében. E helyett azonban a Melnice területéről egy csepp víz sem jut a Dragavölgybe, mert a repedések elzárultak. A zenggi vízvezeték számára foglalt egynehány forrás oly óriási nivőkülönbségnél, amilyen a Melnice karsztvize és Sv. Križ völgyfeneke között kell hogy fönnálljon, szóra sem érdemes. Még az Ostrovo és Borovi között a rétegek csapásával párhuzamosan haladó két mély szakadásban sincsenek források, pedig ezek arra mintegy predestináltak. Ebből tehát azt látjuk: hogy valamely vetődés a karsztvíz keringésében résztvegyen, aránylag fiatalnak kell lennie. Mert a földkéregnek csak a legfelső részében hat az lazítóan és szétfoszlasztóan.

A vaocluse források csövek, amelyeket a repedések vize szabadon tartott, ellentétesen működve a fölszíni vizekkel, amelyek minden chemiai képességükkel a repedések elzárásán dolgoznak; a ponorrégióban ennek épp az ellenkezőjét találjuk. A poljefolyó lomha folyása közben, növényzettel benőtt medrében gázzal telített vize a meglévő repedéseket kitágítja és újakat teremt. Csak az áradási terület agyagtakarója hat ezen törekvéssel ellentétesen. GRUND is utal «Karsthydrographie»-jének több helyén a forrás- és ponorrégió közti ezen különbségre. Csakhogy a hátráló erózió hiányát a vaocluse forrásoknál, amit ő meg mások is megfigyeltek, nemcsak a forrásvíz mechanikus és chemiai hatóképessége, hanem különösen a forrás sajátos fejlődési története magyarázza.

Magától értetődik, hogy a poljeviz által föltárt ponorrégió a repedéses terület fanulmányozására sokkal alkalmasabb, mint a forrásvidék. S a ponoroknak a Gačkopolje északnyugati peremén való eloszlását ábrázoló vázlatra vetett egyetlen pillantás mutatja, hogy a ponorok zónákban ugyan, de semmi esetre sem egyenes sorokban fekszenek a poljeperemet kísérő törési vonalakon. Teljesen megfelel ez a nem homogén, merev legfelső földkérget szelő törések szakadozott voltának. De megmagyarázhatjuk a ponorok alakjának változatosságát is. A ponorokat, a tájkép eme elválaszthatatlan tartozékait az első fejezetekben részletesen jellemeztem. Alakjukat két szélsőség, a dolinaponor és az aknaponor határolja. A dolinaponort külső alakjában a közönséges dolinától laza szikladaraboknak a legmélyebb részére való, sohasem hiányzó összehalmozódása különbözteti meg. A közönséges dolina többé-kevésbé tömött mészkőszikla oly denudációja útján keletkezik, amelynek egyik réteget teljesen el kell távolítania, mielőtt az



alatta lévő másikat kikezdhethné, ellenben repedéses területen a kilúgzás a hasadozott kőzet belsejében egyidejűleg hat. Az egyes tömbök minden oldalukon bomlanak s a megmaradt darab a dolina fenekén hever. Ha a dolinaponor fenekébe aknát mélyesztünk, épp oly kevéssé jutnánk zárt üregre, mint egyszerű karsztdolina alatt.<sup>1</sup> Az aknaponor már eredetileg is tátongó rés volt, amelyet az idők folyamán a lefolyó víz igen különböző keresztmetszetű aknává lúgozott ki. A mély felé — többször megfigyelhettem — ez is számos repedésre bomlik, vagy pedig, mint a Švicató Stefániaponora, csatornába nyílik, amely szintén csak vékony repedésekbe vész. Az aknaponorok jellemző módon kinyúló sziklarészletek között, a ponorzónák szélén, a dolinaponorok a zónák közepén, mélyedésekben fordulnak elő. Az aknaponorok a főrepedés oly kiágazásai, amelyek a meglehetősen ép mellékkőzetbe nyúlnak. Így például a Gačkakörnyék legnagyobb aknaponora, a Stefániaponor nem a Švicató legmélyebb helyén, hanem az északi peremhez közel fekszik. Az északi Gačkaágban és a Poljiceágban a ponorok oldalt a folyótól néha száz, vagy még több méternyire vannak. A polje törésipereme rezervoár természetének igen érdekes következménye az a tény, hogy a folyótól a poljékhez vezető összes csatornák a folyó áramlási irányával és a völgyfeltöltődés esésével ellenkező irányban haladnak. Bizonyítéka ez annak, hogy e csatornák nem a folyóvíznek a ponorok felé való lefolyása, hanem a ponoroknak a folyó felé való kicsordulása folytán keletkeztek.

E csatornák egy darabon többnyire szorosan a magas part aljában húzódnak, mert kényszeríti erre őket az a körülmény, hogy a kiáradó folyónak a közepes vízállásnál vízmentes, közvetlen, normális partjai magasabban fekszenek, mint a völgy talpának beljebb, a magaspartok aljában fekvő része. Aztán nekivágnak a csatornák a folyómenti feltöltődésnek és áttörik azt rövid, a folyó irányához ferde harántárokban, mint valami betorkolló patakmedrek.

Csak miután a folyóáradás ponorokba átfolyó vizének erodáló ereje ellensúlyozódott, csak azután jöhetett létre a völgy lefutásának oly nyilván ellentmondó ellentétes esés. A Gačkának néha az éj folyamán beálló áradása alkalmával mindég ismétlődik ugyanaz a jelenség. Fél napon keresztül a folyó kiáradó vize nagy erővel zuhog a ponorokba, azután visszavonul az áradás és a ponorok kezdenek a folyó felé vizet küldeni. Köröskörül az elkarsztosodott síkság száraz marad, annak

<sup>1</sup> A Vlaškopolje dolinaponoraiban mélyesztett aknák sem ütöttek meg üreget.

bizonyítékeként, hogy a repedezett zóna vitzükrenek a «karsztvitzükör» fölött kell állania.

\*

E munka már nyomás alatt van, mikor a Rocky Mountains-ba teendő utazásomra való előkészületeim közben az amerikai irodalomban egy a Gačkopolje peremén felbugyogó vaocluse forrásokhoz hasonló, érdekes jelenség leírását találok. (Geology of the Edwards Plateau and Rio Grande Plain adjacent to Austin and San Antonio, Texas, with Reference to the occurrence of underground Waters; by Robert T. Hill and T. Wayland Vaughan. Eighteen annual Report of the Un. St. Geological Survey. 1896—1897). Igen érdekes azért, mert a körülmények itt egy mészkőhegységben fellépő törési zónának, annak elterjedésének, minőségének és a vaocluseforrások felbukkanásához való vonatkozásainak beható vizsgálatát teszik lehetővé.

Az Edwardsplateau a texasi Llano estacado fennsíkjának délkeleti végződése s kelet-nyugati irányban vivő meredek fallal végződik a Rio Grande siksága felé. Az Edwardsplateau felületét az alsó krétakorú edwardsmészkő csaknem zavartalan településű rétegei alkotják. A Rio Grande síkján a harmad- és negyedkori takaró alól helyenként kibukkannak a középső- és felsőkréta korú rétegek. A meredek perem egy vetődés mentén húzódik, ez a Balcones-törési öv szomorú hírnévre vergődött az Anstin-Damm-törés folytán). «Ez a Balcones-törési öv egyike Texas geológiája legszembetűnőbb vonásainak. mert a Mexikói öböl és a sziklás hegység közé eső terület paleozoikum utáni rétegsorának egyetlen törési öve. Ennek köszönheti a Rio Grande északi peremének meredek fala a létrejöttét.». «A törési öv keskeny sávba eső, többé-kevésbé párhuzamos, nagyszámú törésből áll. Egyesek közülök jelentős mértékű elvetődéssel kapcsolatosak, mások alárendeltebb jelentőségűek. A szabályszerű rétegsorrend e törési övben teljesen megbomlott s a kőzet számtalan, szabálytalanul határolt tömbre szakadozott szét.» (Tehát olyformán van itt is, amint a Gačkopolje ponorsoraiban helyet foglaló egyes kőzettömbök minőségét leírtam.) «E vetődések részletes térképezése kizárt dolog. Az összes eltolódás néhány száz lábnyi.»

Az edwardsmészkő likacsos s számos barlang járja át, tehát vizet vezető kőzet; a föléje települő felső krétakorú mészkő ellenben tömött és vizet át nem bocsájtó, úgy hogy a Rio Grande síkján artézi kutakat lehetett fúrni. Ugyanez az artézi víz bugyog már most a töredezett övben számos valódi vaocluse forrás képében elő. A szerzők 30 km.-es távolság 11 ilyen forrását írják le. «E források nem a lejtőkből törnek elő, hanem határozott tócsák képében, egyesek ezek közül a nyílt sík-



ságra esnek. E tócsák, illetve tavacsok kristálytiszta vizet tartalmaznak s csatornáikban folynak le. A tócsákban vízi növényzet burjánzik, közte sok hal vesztegel. Vizük oly tiszta, hogy 5—7 m mélységben is feneküknek minden részlete megfigyelhető.» «Föltűnő, hogy e hatalmas források» (pl. a Comalforrás vizszolgáltatását 9 m<sup>3</sup>/mp-nek, tehát kb. oly kiadósnak mérték, mint amilyen a Gačkapolje főforrásaie késő ősszel) «csaknem pontosan a törési vonalakra esnek. A kőzet beható vizsgálata kimutatta, hogy e források a vetődési rendszerrel összetüggésben állnak s vizük ily vetődések mentén tör föl... Természetes artézi kutak.»

Itt megint azt kell kérdeznünk: Miért bugyog a víz csak egyes pontokon a felszínre s marad azok környezete száraz, mikor pedig az egész törési öv a legnagyobb mértékben töredezett és vizetáteresztő? A víz útjainak kitérülésével egyrészt a repedések eldugulásának kell másrészt együtt járnia, különben e jelenség megmagyarázhatatlan volna.

### 8. A karsztteóriákkal való összevetés.

Az első öt fejezetben a Gačkapolje morfológiai és hidrológiai képét adtam. Az azokra következő két rész azokat az erőket kutatta, amelyeknek sajátos, poljeosortos, karsztfolyós, vaucluse-források és ponoros tájunk keletkezését köszönheti. A tapasztalati tények, valamint a jelen konkrét eset megvitatásának eredményei alapján a Karsztra és annak hidrografiájára vonatkozó, uralkodó és kiváló szerzők vallotta fölfogásokkal sok ponton többé-kevésbé éles, részben lényeges ellentétbe jutok. Hogy ezen ellentmondások okait megvilágítsam, a szerzők alapvető föltevéseit kritikai vizsgálat alá veszem. Ma már kétségtelen tényként fogadhatjuk el, hogy a lefolyástalan mélyedések általában s a dolinák különösen egyszerű felületi denudáció útján keletkeznek és csak ritka esetben jut létrejöttükben főszerep egyéb okoknak. A vélemények vetélkedésében dr. ČVIJČ «Karstphänomen»-jának, a karszt-morfológia ez alapvető munkájának dolinastatisztikája ilyen irányban döntött. A régi beszakadási teória csak egynehány egész különös alakú és helyzetű dolinára vonatkozóan maradhatott meg. Ha az érdekes bosnyák geológus, dr. KATZER úr, «Karst und Karsthydrographie» című iratában mindezek ellenére sem fogadja el a denudációs elméletet és a dolinák keletkezését a jégkorszakbeli árak erodáló és örvénylő hatásával magyarázza, akkor arra késztet ez, hogy a denudációs elmélet jelenlegi állásán gondolkodóba essünk. És az a magyarázat, amelyet a denudációs elmélet a dolinák keletkezésére vonatkozólag ad, fizikai szempontból nem eléggé meggyőző ahhoz, hogy a helyességében való

minden kételkedést és minden ellentétes véleményt lehetetlenné tegyen. A denudációs elmélet gyöngéiről a továbbiak során szólok, most a dolinakérdés magvára térek. Dolina képződése és lejtős oldalú eróziósvölgy kialakulása között a mészkőhegységekben lényeges különbség nincs. Csak épen annyi, hogy ami a völgy mélyebben keletkező fenékvonala, az a dolina fenékpontja. Ha tehát arra a két kérdésre meg tudunk felelni, hogy miért áll elő a fenék mélyebben, mint a környezet és miért keletkeznek szabályos oldalak, akkor megfeleltünk a dolinak keletkezésének a kérdésére is. Ha a szabályos oldalaknak a mészkőhegységben való keletkezését, még pedig akár a völgyekét, akár a dolinákét kutatjuk, a lejtőképződésre vonatkozó közkeletű fölfogásaink mindkét esetben egyformán, teljesen fölmondják a szolgálatot. A mészkőhegységek lejtős oldalakkal bíró völgyeire vonatkozólag az a föltevés, hogy ez oldalak kizárólag eróziós képződmények, oly kézenfekvő volt, hogy e jelenség a kritikát meggyőzte.<sup>1</sup> A dolinánál e viszonyok kevésbé átlátszóak, innen a sok eltérő vélemény. Vessük tehát vizsgálat alá a völgylejtők keletkezéséről szóló felfogás helyességét. Az elfogulatlan szemléelő a Karszthan e kis lejtőszögű oldalaknál rejtélyesebb valamit valóban nem is találhat. E lejtőkből, mint a magashegységek karmezőin, nagy, szabálytalan körvonalú sziklák meredeznek ki, s a repedezett sziklamező mégis oly módon simul egy képzeletbeli ferde lap-hoz, hogy nagy távolságból ferde, kissé érdes síknak látszik. Mállási-termék némely tisztán mészkőből álló területen egyáltalában nincs, úgy hogy az ilyen mészkőnél, amelyben a vasuti bevágások függőleges oldalfalai szabadon állhatnak, s minden veszedelem nélkül robbantathatók galériák, természetes lejtőszögről szó sem lehet. Amellett e lejtők szöge, ha a Karszt-hegyláncok teljesen kifejlődött, gyakran sok km hosszúra nyúló, magas lejtőit vesszük tekintetbe, a legszűkebb határok közt ingadozik.

Ime egynehány példa:

Senjsko Bilo 33°40'	Germada (Krajna) 32°50'
Velebit, Kossinij mellett 33°40'	Nanos, Ubelsoko mellett 32°50'
Plješivica, Bihać felé 30°20'	Nanos, Planina mellett 30°20'

Az erdővel borított Uvala dolináiban a lejtők szögét állandóan 33°-nak mértem (a poljék dolinái sokkal laposabbak). A mészkőhegységek e lejtőinek a keletkezését senki sem tárgyalta még külön, pedig lényegesen különbözik az a lejtőknek pl. valamely palahegységben való

<sup>1</sup> A felületi erózióznak a mészkőhegységből való, oly gyakran hangsúlyozott, hiányzása ellenére is.



keletkezésétől. Löwl («Über Talbildung») a lejtős völgy bevágás keletkezését a következő módon magyarázza: «Je tiefer die Sohle eingeschnitten wird, desto schroffer steigen die Gehänge empor. Da aber ihre Neigung die Resultante aus den Einwirkungen der Atmosphäre und der Widerstandsfähigkeit des Gesteins darstellt, müssen die aufgelockerten und zersetzten Felsmassen solange absitzen, bis der Böschungswinkel auf das richtige Maß herabgedrückt ist. Schuttabrutschungen, Felschlipfe und Bergstürze sind von der Ausnagung eines Gebirgstales ebenso unzertrennlich, wie Schluchten und Klammern».

Hogy mire vezet Löwl ezen, a palahegységekre kétségtelenül helyes, fölfogásának a mészkőhegységekre való alkalmazása, azt Kraus kormánytanácsos, barlangkutató «Entwässerungsarbeiten in den Kesseltälern von Krain» című cikkének egy passzusa a legjobban bizonyítja. A dolinak keletkezését beszakadással magyarázza. «Die Höhlendecke bricht ein, es entsteht ein Schlund, die Steilwände böschen sich successive, aus dem Schlund wird ein Trichter». Az a föltevés, hogy a meredek falak lejtőssé válnak, tudományosan ép oly kevéssé indokolt, mint barlangok föltételezése ott, ahol a magyarázat kedvéért arra szükség van, minden tekintet nélkül arra, hogy a föltevés jogosult-e a hegység szerkezete alapján, vagy nem.

Ha egy barlang teteje beszakad, mihelyt a törmelék lecsúszott és lemosódott, meredek falak maradnak állva s arra, hogy lejtőssé váljanak, hajlandóságot nem mutatnak. Különösen nem oly lapos lejtővé alakulásra, amilyent a dolinákban rendszeresen találunk. A legnyomósabb érvek ilyen föltevés ellen a következő gondolatmenetből adódnak:

Ha tisztán mészkőből álló hegységben (nem dolomittal vegyesben, mert utóbbiban szabályszerűen képződik törmelék-málladék) valamely dolina lejtőjét meredeken fölállítanók, egyensúlyban maradna akkor is *minden*. A felületi egyenetlenségek oly nagymértékűek, hogy anyagelmozdulás akkor sem történhetnék. Ezt bizonyítja a mészkőhegységben minden robbantási művelet. A dolina lejtőszöge tehát nem határérték, amely felé a meredek lejtőnek szükségképen törekednie kell, pedig Löwl fölfogása szerint ez volna a lejtő. Nézzük, kielégítő feleletet ad-e a dolinak denudációs elmélete. Ennek főhirdetője Cvijó tanár. Ő a mészkőrepedések keletkezési kérdésének rövid vázolója után, «Karstphänomen»-je 272. oldalán a következőket mondja: «Diese in die Tiefe führenden Röhren schlucken das auf die Oberfläche des Kaltes fallende und auf derselben fließende Wasser auf und werden somit Endpunkte von dessen oberflächlicher, abspülender und erodierender Tätigkeit, so dass alle Vorgänge hier aufhören. Während in andern

impermeablen Gebieten durch Abspülung und Erosion eine Abdachung bis zum Meere hin geschaffen wird, endet hier die Abdachung an der entstandenen Schlundfuge. Der Eingang der letzteren wird durch die verschiedenartige Tätigkeit des oberflächlichen Wassers erweitert und trichterförmig ausgestaltet. Das ist die normale Doline.» Továbbá ugyanazon az oldalon: «Unsere Beobachtungen an den angeschnittenen Dolinen von Unterloitsch zeigen, daß die Bildung von Dolinen längs Spalten vor sich geht,» és a 274. oldalon: «Die Entfaltung des Dolinenphänomens hängt somit einerseits von den petrographischen und tektonischen Eigenschaften der Karstgebiete und deren Oberflächengestaltung, andererseits von der Menge und Verteilung der Niederschläge ab.» Ha e magyarázatokat, a denudációs elmélet tulajdonképeni okozati megalapítását, figyelmesen olvassuk, észrevesszük, hogy ép oly kevésbé képes a Karszt nagy kiterjedésű lejtőinek és a dolinának a keletkezését igazolni, mint a Löwl-féle lejtőelmélet. Vegyük mindenekelőtt a különösen elnyelőképes repedések felé törekvő víz felületi, lemosó és erodáló működését. Erősen diszlokált mészkőhegységet minden irányban finom repedések járnak át. Ha e számos repedés hiányzik, mint a Frankenjurában s néhány más mészkőhegységben, akkor dolinák egyáltalában nem képződnek. Ha pedig megvannak, akkor a víz, mint a 7. fejezetben említettem, a repedéseket annyira kitágítani törekszik, hogy minden ponton, tehát a legrövidebb úton elnyelődhessék. S e végső célját a kopár mészkőhegységben csakugyan el is éri. Kopár karsztfelületen még nagy záporok alkalmával sem figyelhettem meg lefolyó vizet. Ugyanezt mondja PLATE főmérnök is «Wasserversorgung der Istrianer und Dalmatiner Staatsbahn» című értekezésében és így folytatja: «Roh planierte, vom Geröll befreite Flächen (lejtőket gondol) bringen ohne künstliche Dichtung bloß 5—10% des aufschlagenden Regenwassers oberirdisch zum Abfluß». Emellett mindazok az egyenetlenségek eltávolítottak, amelyek különben a keresztlejtőkön a beszivárgást oly nagy mértékben elősegítik. A karsztmészkő repedezettségéről szemléltető képet ad a Kalkalpen karsztplatóinak a kialakulása. Ha a víznek az elnyelni nagymértékben képes repedések felé való törekvése volna mély formák keletkezésének a ható mozzanata, akkor ily mélyedések keletkezése s az eróziós hatás megnyilvánulása különösen a lejtőkön mennének végbe, a lejtőn ugyanis sokkal több víz törekszik a repedésbe, mint sík karsztterületen. Rég ismert tény, hogy egyes ritka kivételektől eltekintve, a lejtőkön nincsenek dolinák. Vegyük a karszt-síkság minőségét részleteiben szemügyre. Mészkőtömbök, zsák és párnaalakú képződmények tömege s közöttük finom csatornák és repedések alkotják. A kidudorodásokra ható denudációt meg kell különböz-



tetnünk a csatornában működőtől. A terület állandó közettani minősége mellett, a valószínűségi számítások elvei alapján egyáltalában nem látható be, hogy miért növekedjek a mészkőtömbök lehordatása különösen és szabályszerűen egy bizonyos pont felé, hiszen az összes mészkőkudorodások egyenlő hosszú ideig szenvednek a denudáló eső folytán. Gondoljuk meg továbbá valamely különös mértékben elnyelőképes repedés hatását. Tegyük föl, s némely esetben vágni is fog ez, hogy a legközelebbi környék vize csakugyan a repedés felé tart.

A tömött mészkőrészletek közötti finom csatornák egy idő múlva bizonyos esést nyernek a repedés felé ép úgy, mint ahogy tósorozat az elválasztó nyergek átfűrészeltetése után folyóvá változik.

Csak éppen itt az utak megnyitása nem mechanikus, hanem kémiai úton történik. A csatornák mindjobban bemélyednek. De a mészkőtömbök nem tartanak együtt velük, semmi oka sincs annak. A légköri csapadék valamennyit egyforma mértékben koptatja. Ily módon tehát a következő képet kell kapnunk: a föltűnő magas, oszlopszerű mészkőrészleteket keskeny, agyagtól mentes repedések választják el egymástól, a kitágult főhasadék körül. A Poljica aknaponora és az északi Gačkaág mentén lévő aknaponorok, valamint a Likapoljeben és a Laas medencéjében megfigyelt számos ponor e képek a legkisebb részletekig megfelelnek. De sőt. Egy-egy aknát körülvevő mészkőoszlopok sok esetben a szomszédos környéknél magasabbra merednek. E jelenség magyarázata később önmagától fog adódni.

Ha az elmondottakat meggondoljuk, megértjük, hogy éppen KATZER, a Karsztban már 17 éve dolgozó kutató, fordult a dolinákat denudációval magyarázó elmélet ellen, minthogy ez azokat a jelenségeket, amelyeket ő igen jól ismer, nem magyarázta meg kielégítő módon.

Az alábbiakban ki fogom mutatni, hogy mily módon lehet, de kell is egyszersmind a dolinákat pusztán kémiai denudációval magyarázni. E célból mindjárt a kérdés alapjához nyulok és mindenekelőtt a lejtőkeletkezés lehetőségével foglalkozom. Mert morfológiai szempontból a lejtő a dolina alapeleme. Intenzív felületi denudációhoz szükséges valami, ami a vizet megakadályozza abban, hogy azonnal a repedésekbe hatoljon és már a felületen szabályszerűen bizonyos helyek felé irányítja. Ennek a rétegnek bizonyos fokig higroszkópikusnak kell lennie. Ha savat tartalmaz, akkor növeli a víz hatóképességét. Ily rétegekként szerepelhetnek: a húmus-, jóval kisebb mértékben az agyag- és végül a hótakaró. Karszthegységeink lejtőinek 30—33° hajlási szöge úgyszólván kényszeríti tekintetünket a húmusztakaróra. A MÖLLER-féle földnyomási táblázatok szerint «meglehetősen nedves talaj» természetes

hajlási szöge  $33^\circ$ , «nagyon nedves talaj»-é  $30^\circ$ , «kődarái»<sup>1</sup> ellenben, amely körülbelül a kőzetmálladéknak felel meg,  $45^\circ$ . A denudáció hatása — mint később részletesen kifejtendem — húmusztakaró alatt egészen más, mint agyagtakaró alatt. Azt kell mindenekelőtt keresnünk tehát, hogy hol várhatunk erdei húmusztakarót. Hogyha, mint esetünkben, a növényzet geomorfológiai hatásáról van szó, akkor nem szabad a növényzet mai, az emberek pusztítása folytán nagy mértékben módosított eloszlását tekintenünk, hanem a növényföldrajzhoz és növényökológiához kell fordulnunk az irányban való fölvilágosításért, hogy hol várhatunk húmusz- és hol steppetalajt. A Laas-Zirknitz hegyvidék, a Velika Gora és a Velebithegység egyes részei vegetációjának képe, pompás, magastörzsű bükkös, azt bizonyítja, hogy a mészkőhegységekben a vízi és hőmérsékleti viszonyok erdőségek tenyészését megengedik. Az erdő a növényi takaró kifejlődésének utolsó foka és a természet arra iparkodik, hogy ahol csak a lehetőség körülményei megvannak, mindenütt erdőt teremtsen (RAUL FRANCÉ). E végső állapot létrehozásán működik a természet mindenütt. Az erdő a növénytanban ugyanaz, mint a romhegység a földfelület morfológiájában: egyensúlyi állapot. Tenyészeti feltételeit tehát csak az ember, vagy az erőszakosan közbelépő természet teszi lehetetlenné.

Mindenütt feltételezhetünk erdőt, ahol a tenyészés feltételei adva vannak. Nézzük valamely területében körülzabott vidék ősi állapotban lévő erdejét. Azt találjuk, hogy számra és keveredésre nézve is a területen meglehetősen egyenletesen eloszlott faegyénekből áll. (Az utazók gyakran kiemelik a forróóvi őserdők egyöntetűségét.) A fáknek, az erdő legfontosabb tagjainak ez az egyenletes eloszlása a fák kísé-  
rőinek, egyrészt a talajbaktériumoktól és talajgombáktól kezdve az erdő eszerjéig, másrészt a húmuszfaunának is egyenletes eloszlásával jár. Chemiai szempontból az élőlények e közössége, az élet és pusztulás egymásmellettségével, nagyértékű hatóanyagok folyton ismétlődő új alakulásának a fölszínen egyenletesen elterülő zónájaként fogható föl.

A bomlási folyamatok (WOLLNY Zersetzung organischer Substanzen-ja szerint) a szén lassú felgyülemelésében, nagymértékben víztelenített szénhidrátok keletkezésében, húmusanyagok és húmuszavak létrejöttében állnak. Közepes nedvesség és megfelelő hőmérséklet mellett e húmusanyagok erjesztőgombák és talajbaktériumok segítségével széndioxidra, vízre- és ammóniára bomlanak. Minthogy pedig azt tapasztaljuk, hogy a Karszthegység erdőtalaja aránylag vékony réteg-

<sup>1</sup> Az eredeti szövegben «Kleingeschlag».



ben ép és normális összetételű sziklán nyugszik, bár a szikla chemiai denudáció következtében nagy mértékben denudálódott (mint azt a hatalmas dolinák méretei mutatják), azt kell föltennünk, hogy az élet, elbomlás és kilúgzás között egyensúlyi állapot uralkodik. S ha az erdőre hulló csapadék denudáló munkájával tisztába akarunk jönni, az erdős területeken végbemenő chemiai folyamatokat nagy vonásokban magunk elé kell idéznünk. Természetesen a területünkön eddig tett ilyennemű vizsgálatok csak az erdészileg kezelt lomb- és tűlevelűekre szorítkoznak, ezekben pedig a hulladékfa s így a «mélyebb erdőrétegek» hiányzanak. Ezek az eredmények is tiszta képet adnak s ez egyelőre teljesen elég.

A közepes évi csapadékmennyiség belső Horvátországban jelenleg 1200 mm. FRANKHAUSER vizsgálatai szerint jól zárt, 50—60 éves bükkösben 10%-kal kevesebb csapadék jutott a földre, mint szabad területen. De átlag 4%-kal több esik erdős terület fölött. A törzsek mentén is sok víz leszivárog, úgy hogy azt mondhatjuk, 1100 mm csakugyan a földre jut. Az 1100 mm-ből mintegy 400 mm a növényzet transpirációs áramlata útján visszajut a légkörbe (v. ö. erre vonatkozólag STRASSBURGER, Lehrbuch der Botanik, HABERLANDT, Wissenschaftlich praktische Untersuchungen és BÜSGEN, Bau und Leben der Waldbäume című műveket.) Ez egy m<sup>2</sup> erdőre 400 kg víz. VOGELER «Bodenkunde»-je szerint a növény 300 kg transpirált víznek megfelelőleg egy kg száraz anyagot termel, ez megfelel évenként és négyszögméterenként 1·4 kg száraz anyagnak. STRASSBURGER szerint (Lehrbuch der Botanik) a növényi szárazanyag fele szén, ez tehát évenként és m<sup>2</sup>-enként 0·7 kg szenet ad. Mivel az erdőben élet és bomlás egyensúlyban vannak, évenként 0·7 kg szén jut a bomlási folyamatokba. Már most két dolgot kell meggondolnunk:

Először is a bomlási folyamat erdeinkben igen lassan megy végbe (WOLLNY, Zersetzung organischer Stoffe). Amíg a növényi anyagnak hümusszá és továbbá a hümusznak szénsavvá és ammoniává való bomlása végbemegy, a bomló anyagot már régen újabb bomló növényi anyagok takarják. Másodszor a fejlődő szénsav nehezebb a levegőnél, tehát már ez okból is a földben marad. A hümuszanyagok továbbá nagy mértékben adsorbeálnak (WOLLNY szerint), a keletkező szénsavat ez oknál fogva nyomás alatt magukban tartják, míg csak azt a csapadékvíz el nem nyeli. (VOGELER «Bodenkunde»-jában ezt a jelenséget egyszerűen a gázok a talajrögök felületén való megsűrűsödésének nevezi. Ugyanaz a jelenség ez, mint a világítógáznak a platinaszivacson való megsűrűsödése és a testek adsorpció képességével magyarázható). 0·7 kg szén oxigénnel vegyülve 2·6 kg széndioxidot ad, ez 1300 l

$CO_2$  gáz (1 l széndioxid kerekszámban 2 gr).<sup>1</sup> m<sup>2</sup>-enként egy évben 1100—400=700 l víz folyik le. Egy l víz 0°-nál 1·8 térfogat  $CO_2$ -t nyel el, 15°-nál kerekszámban egy térfogatot. A m<sup>2</sup>-enként évente termelt széndioxid tehát teljesen elegendő ahhoz, hogy a lefolyó csapadékot telítse. A körülmények e széndioxid elnyelésére a szétmorzsolódó, számos élőlény megdolgozta erdőtalajban a lehető legkedvezőbbek. A mészkőnek kerekszámban 15 súlyrésze oldódik 1000 sr. szénsavval telített vízben, ez m<sup>2</sup>-enként, évente 700 mm lefolyó csapadékmennyiség mellett 1/2 mm vastag réteg. Az oldóképesség érvényrejutásához igen alkalmasak a körülmények. A talaj morzsás minősége, nagy vízkapacitása, a benne a gyökerek szívóműködése folytán létrejövő élénk vízkeringés a víz és mészkő közti chemiai átalakulást nagymértékben elősegítik, amennyiben az oldott termékek molekulákra bomlott állapotban hamar kikerülnek az átalakulás hatásköréből és finoman eloszlott állapotban gyűlnek meg a talajban, ha az oldó vizet a növények elhasználják. NERNST «Teoretische Chemie»-jában a következőket mondja: «An der Grenzfläche zwischen Körper und Lösung herrscht in jedem Augenblick der Zustand der Sättigung; die Auflösungs-geschwindigkeiten wird hiemit bedingt durch die Diffusions-geschwindigkeiten des in der Grenzschicht in gesättigter Lösung befindlichen Stoffes».

E szerint az átalakulás annál gyorsabban történik, minél finomabb eloszlású az oldandó test, vagy minél kisebb a diffúziót gátló ellentállás. Mésznek ily módon a talajba vándorlása és lerakódása csakugyan végbemegy. Ennek kétségtelen bizonyítékait szolgáltatatták STORER kísérletei («Bulletin of the Busseg Institution»). Így nagy adsorpciós nyomás alatt álló széndioxid, élénken keringő víz és részben finom eloszlású, részben szilárd mész vannak egymás mellett. Semmi okunk sincs arra, hogy azt mondjuk, a reakció *nem* megy végbe. Hozzá kell vennünk azt is, hogy a víz nem abszolút tiszta állapotban, hanem finom részecskéktől zavarosan, vagyis csak tökéletlenül megszürt állapotban jut a repedésekbe. Ez a zavaros volta is számításba jön. Ha nem volna ez így, s a föld felülete és a széles repedések közé eső réteg teljesen megszűrné a vizet, úgy e szűrőhatás következtében a talaj lassanként beiszapolódnék.<sup>2</sup> Hasonlítsuk össze az évenként 1/2 mm-nek talált ér-

<sup>1</sup> Az összes értékek közelítő kerekszámok, csak általános képet nyújtani hivatvák. A szénsavtartalmú, illetve azzal telített víz oldóképessége nagymértékben változik a hőmérséklettel. A legtöbb víz télen szivárog be, azért hideg és sokat képes oldani.

<sup>2</sup> Mindig szem előtt kell tartanunk, hogy olyan folyamatokról van szó, amelyek geológiai idők tartamán át ismétlődtek.



téket PFAFF egy kísérletének eredményével (ROTH Allgemeine und chemische Geologie-jában). PFAFF a solenhofeni litografus pala 95·3%  $CaCO_3$ , 2·0%  $Mg(CO_3)$  és 0·17%  $FeCO_3$  összetételű lemezét két éven keresztül tette ki a légköri csapadéknak és évenkénti  $\frac{1}{73}$  mm veszteséget talált. A Karszt mészköve ritkán oly gazdag mészben, vagyis ritkán oldható oly könnyen, mint az említett mészpala, tehát évenként sokkal kevesebb denudálódik belőle.

Maradjunk azonban PFAFF számánál. Szívós agyagréteg alatti mészkő denudációja nyilván nem lesz több a szabadon lévő mészkőénél, minthogy a tömött, gyakran vizet át nem bocsájító anyag a vízkeringés és diffúzió ellenében a legnagyobb nehézségeket támasztja. Ha az erdőtalajra vonatkozólag föl vesszük, hogy abban a víz oldási képességének csak a felét meríti ki, vagyis az évenkénti  $\frac{1}{2}$  mm helyett csak  $\frac{1}{4}$  mm-t veszünk s ezt az  $\frac{1}{73}$  szám mellé állítjuk, meg kell adnunk, hogy eredményünk morfológiailag ható elsőrendű tényezőt fejez ki számokban.<sup>1</sup> Kopár területen a denudáció 1000 év alatt 1·4 cm-t koptat le, őserdőben ugyanezen idő alatt 25 cm-t. Csak ilyen mértékű denudáció magyarázhatja meg még oly hatalmas lefolyástalan mélyedéseknek az utolsó hegymozgások utáni kifejlődését is, amilyeneket a Karszt némely helyein találunk. Meg kell azt is gondolnunk, hogy a dolina mélysége nem a denudáció teljes mértékét, hanem a fenekének kimélyesztése és a környék lehordatása közti különbséget adja. Mikor váltja föl az erdőség alatti denudációt a karsztvidék minimális denudációja? Csak akkor, ha a természet elvonja az erdőtől a létföltételeit.

Az erdő tenyészésének lehetősége valamely forrás, vagy folyó áradási területén megszűnik. Ennek következtében a Karszt vízi viszonyainak a felületi kialakulásában kell kifejezésre jutniok, mert tőlük függ, hogy a terület kisebb, vagy nagyobb mértékben kopik-e le. Nem szabad elfelednünk, hogy a Karsztban felületi erózió nincsen. Ahol pedig az erdő az áradás következtében egyszer elpusztult, ott önmagától többé nem fejlődik ki; ez a Karszt természetében rejlik. (Evvél ellenkező példa a legelő és tölgyes vetélkedése északi Németországban).

Eddig az erdőtalajnak csak a denudációt elősegítő hatásával foglalkoztam. Megkísértem már most kimutatni azt, mi összefüggésben van az erdőtalaj szabályos, ferde lejtők képződésével. A tömött mészkőszikla felülete az erdőtalaj természetes lejtőjével párhuzamossá alakul

<sup>1</sup> A talajban képződő salétromsavat, a gyökerek szolgáltatja sósavat és az elsőrendű állatok anyagcserejének termékeit nem vettem tekintetbe, bár valószínűleg azok is közrejátszanak.

ki. Az erdővel borított kőzet sokkal nagyobb mértékben denudálódik, mint a kopár. Ha tehát valamely kőzetrészlet kikerül a talaj alól, szűkségképpen mindinkább nagyobbodik. (Kiváló példakkal szolgálnak erre — mint később még tárgyalni fogom — a Maasvölgy lejtői Belgiumban.) Meg kell lenni tehát az erdőtalaj azon képességének, hogy az ilyen kinövést megakadályozza. Erre vonatkozólag felvilágosítást az erdőtalajban történő lefolyás közelebbi vizsgálatából nyerünk. Helyezzünk valami porózus réteget egy többhelyt átlukasztott lemezre. Ha a rétegre eső esik, a víznek egy kis része átfolyik a lemez nyílásain, a legnagyobb része azonban a felső rétegben egészen a lemezig megülledik. Visszatérve az erdőtalajhoz: ha valamely kőzetrészlet különös mértékben ellenálló és a szomszédos rétegek fölé emelkedik, akkor közelebb kerül a talaj felszínéhez, minthogy utóbbit a talaj természetes lejtőszöge szabja meg. A víz a porózus talajban lefolyik. Minél vékonyabb e talajréteg, annál élénkebb e vízkeringés. NERNST szerint a folyadékok oldóhatása a diffúziósebességével egyenesen arányos és a diffúziósebességet mozgatóssal, pl. keveréssel erősen fokozhatjuk. Ennek következtében a kiemelkedett kőzetrészlet sokkal erősebben támadódik meg és oldódik föl, mint a szomszédosak, tehát visszaszorul megint a lejtő lapjára. Azt a rendkívül érdekes esetet látjuk tehát, hogy a tömött szikla a víz chemiailag oldó munkálkodása folytán a laza talaj, hogy úgy mondjuk immateriális természetes lejtőjéhez alkalmazkodni kényszerül. A keményebb sziklarészeknek a leszorítása s a lejtő uralomra jutása, mint fönnt kimutattam, mechanikus természeti törvény szükségességével történik. E természeti törvény létezésének legmeggyőzőbb tanubizonyosságául a belső horvát fennsík a lánchegységek azon sok kilométer hosszú és több száz méter magas, némely poljeperemet csaknem állandó lejtési szöggel követő lejtői szolgálnak, amelyek többnyire e hegységek rétegeinek a csapásával párhuzamosan haladnak. Felületi erózió számbavehető mértékben itt sohasem hatott. Ha a hegymozgás következtében valamely rögsorozat fölállítódott (a fennsík nyugati peremén tipikus pikkelyes szerkezetet találunk), akkor a törési él leferdülésével együtt a felületek érintői is követték a mozgást, az erózió közbejötté nélkül is lejtő keletkezett.

Képzeljünk el a Karszt valamely területén egy, ha akár csak igen sekély, mélyedést. A víz a porózus talajt a legmélyebb helyén hagyja el. Hogy ezt megérthessük, vegyünk valami lapos, hümusszal bélelt, szűrőformára átlukgatott edényt. Ha bele eső esik, kétségtelenül a legmélyebb helyen lévő likacsok adják a legtöbb vizet. Minél közelebb vannak azok az edény széléhez, annál kevesebbet. A víznek a nyílásokon való kifolyásával egyenesen arányos a talajréteg telítettsége és a



vízmozgás sebessége. Ugyanez történik a mi erdei mélyedésünkben. Minthogy azonban a víz oldóképessége a talaj telítettségével és a kerin-gési sebességgel arányos, a mélyedés feneké sokkal gyorsabban süljed, mint a szélei. Valamint a repedések is sokkal hamarabb fognak tágulni a mélyedés feneké, mint a széle alatt, mert amazokon több víz folyik keresztül. Amint a fenék süljed, követi azt a természetes talaj is és természetes lejtési szögével a «lejtés»-nél leirt módon a dolina oldalainak meredekségét megállapítja. Szükségképen dolina keletkezik. Kiindulásul akármely, ha még oly jelentéktelen mélyedés szolgálhat, elegendő, ha a víz egy helyen, hosszú időn át, akármilyen csekéllyel is, többet oldott, mint a környezetben. A dolinaképződés e magyarázata valóban kényszerítő.

A hűmlesztakaróhoz nyilván hasonló szerepet játszik, bár jóval kisebb mértékben, a hótakaró is. A hótakaró kitűnően porózus tömeg. Dr. SCHREIBER szerint a specifikus hőmélység 6·6 és 34 mm. között ingadozik, középértéknek 16 mm-t mond. Hóval borított lapos mélyedésben a keletkező cseppfolyós víz tömege hasonló törvény szerint fog annak közepe felé növekedni, mint talajjal kibéleltben. S vele együtt növekszik a chemiai denudáció is. Meg kell azt is gondolnunk, hogy a hó sokkal több szén-savat tartalmaz, mint a közönséges esővíz. (Th. HEINRICH, Die Schneedecke. Prometheus IV.). Ha az évenkénti denudációkülönbségek elenyésző csekélyek is, a geológiai idők folyamán észrevehető érték-ké összegeződnek. Egy azonban bizonyos: Minthogy a hótakaró vizet elosztó hatása nem oly intenzív s a mélyedés aljába törekvő víz oldóképessége jóval kisebb mint az erdőtalajon keresztül hatolóé, a horpadás fenekének a kimélyesztése aránylag lassan fog haladni s nem képződnek oly meredek dolinalejtők, mint az erdőtalaj alatti dolinákban. Ép azért a Kalkalpen fennsík-jain található dolinák többnyire lapos képződmények. S ilyenek az elkarsztosodott területek dolinái is (vagyis olyan karsztsíkságokéi, amelyeken annak idején időszakos áradások folytán az erdők elpusztultak).

Jellemző módon kifejlődött, 30—35°-os hajlású lejtők csakis őserdők alatt keletkezhetnek. Ezt bebizonyítottuk. Ahol tehát ilyen lejtőt találunk, ott joggal föltételezhetjük, hogy az erdőt az ember kiirtotta. Meg kell hagynunk másrészt, hogy a medrét a polje síkjába (oly síkságba, amelyet denudáció hozott létre s már geológiai időtartamokkal ezelőtt vesztette el erdőtakaróját) vágó poljefolyó sohasem képes lejtős oldalú eróziós völgyet vájni, hanem csakis meredek falú bemélyedést. Lejtőelméletünk eme követelményének legszembetűnőbb példái a karsztsíkságok. Csak két példát akarok említeni, a Koránát és a Rekát, ezek egészen 100 m mély szakadékokban folynak a karsztfennsíkokon át.

Völgyeik meredek falát semmi egyébbel nem indokolhatjuk, csakis a lejtőképző tényezők hiányával. Cvičić e függőleges falú szakadékokat a folyóktól szelt kartsztfennsíkok legjellemzőbb tulajdonságának mondja. Önkénytelenül is azt kellene kérdeznünk, miért oly gyakoriak ezek a szakadékok, mikor a karsztfolyók minimális sebességének épen lankásan emelkedő völgyoldalakra kellene utalnia, ha e lejtők csakugyan a lassan lefelé működő folyóerózióval kapcsolatosan lépnének föl.

Fönnebb kiemeltem továbbá az agyagtakaró megőrző sajátságát. E szívósan összeálló anyag a felületére kerülő víz oldási képességének kifejtését a minimumra szorítja. Erre vonatkozólag dr. Cvičić «Morphologische und glaciale Studien»-jének 84. oldalán igen érdekes bizonyítékot említ: «Es ist von Interesse, dass sich über diesen alten Schuttkegeln (a poljék szélén) gegenwärtig sehr seichte oder gar keine Rinnen und Täler befinden — um so viel hat das Gelände um das Polje her seit der Neogen- und Glazialperiode bis zur Gegenwart durch Denudation an Höhe abgenommen.» A polje körüli vidék magassága csökkent, az agyaggal takart polje s még a törmelék is megmaradt. E sajátságos ellentétnek oly területen, ahol a felületi erózió működése elenyésző csekély, okának kell lennie.

Miután a Karszt részletalakjainak, a lejtőnek és dolinának keletkezését megtárgyaltuk, a poljেকেletkezés okainak a vizsgálatára térhetünk. Általában a poljék és különösen a Gackopolje keletkezésének kérdését a 6. fejezetben behatóan tárgyaltam. Azok az eredmények, amelyekre jutottam, az összes eddigi poljeelméleteknek ellentmondanak. Eme elméletek fő képviselőire, GRUNDA és Cvičićre ki kell tehát itt terjeszkednem. GRUND elméletének alapjául szolgáló tapasztalatait Bosznia nyugati részében gyűjtötte. A nyugatbosnyák poljék keletkezésére itt nem terjeszkedhetem ki. Nem ismerem tapasztalásból e poljékat. De mint már az első fejezetben is említettem, általános természetű ellenvetéseket hozhatok föl ama fölfogással szemben, amely a poljét régi elsimitott felület alásülyedt maradványának tekinti. Ezeket két kérdésbe foglalhatom össze. Először: Mért konzerválódtak a régi lesimitott felületek ott is, ahol agyagos üledék *nem* védelmezte? Aki látta belső Horvátország tisztán denudációból eredő alakban gazdag domborzatát, az a lesülyedési elmélet nagy, vagy épen kiküszöbölhetetlen gyöngeségének fogja találni az arra való képtelenségét, hogy e kérdésre határozottan válaszoljon. Másodszor: Nagy kiterjedésű, hegyekkel borított mészkőterületek a folyók működése következtében sikká válhatnak-e egyáltalában, vagy nem? E kérdést jelen fejezet végén fogom behatóbban tárgyalni, ha majd már az erózió lényegével általában tisztába jöttünk. — Épen ellentéte GRUND lesülyedési elméletének Cvičić



kitakarítási elmélete. Szerzője nem fejt ki annyira világosan, tehát nehezebb is ellene szólani. 1898-ban, «Karstphänomen»-jében Cvijić a poljékat 1. igazi medencepoljéokra, 2. lezárult poljéokra, és 3. feltörési poljéokra<sup>1</sup> osztja. E poljeféleségek keletkezéséről még csak homályosan nyilatkozik és a következő szavakkal végzi: «Wie nun in einzelnen Fällen die Entstehung der Poljen zu denken ist, muss durch eingehende Untersuchungen derselben festgestellt werden». — Világosabban tárgyalja e dolgot «Morphologische und glaciale Studien aus Bosnien etc.» című művében. (II. Teil, Karstpoljen). Ott a polje keletkezését a következő módon írja le: Több karsztmedence («uvalák») egybeolvad, az elválasztó gátak denudálódnak. «Die Denudation wirkt weiter, weswegen eine solche Anzahl starker Quellen blossgelegt werden kann, dass an der Sohle Flüsse entstehen, die im Karst von Ponoren aufgeschluckt werden müssen. Anfangs muss in solchen Poljen der Zufluss des Wassers grösser als der Abfluss sein, da die Ponore noch nicht genügend erweitert sind. Ausserdem werden sie oft verstopft. Infolge dieser beiden Ursachen tritt der Fluss aus seinem Bette aus, schwenkt an der Sohle des Poljes auch weiter fort hin und her, indem er diese eben macht. Auf diese Weise entstehen an der Sohle eines Poljes Verebnungsflächen, u. zw. durch Flusserosion und durch Verebnungsarbeit der grossen Wassermassen der zeitweiligen Inundationen». És néhány sorral tovább: «Aus den letzteren Ausführungen ist es klar, dass die Flüsse in den Poljen eine sekundäre Erscheinung sind; sie gelangen zur Entwicklung, nachdem an den Karstmuldensohlen Ebenen entstehen und die Uvalas in Poljen verwandelt werden».

Ha dr. Cvijić tanár úr poljemagyarázatát figyelemmel átolvassuk, mindenekelőtt azt vesszük észre, hogy a poljefolyónak azt kell már maga előtt találnia, amit később ugyancsak neki kell megteremtenie, — t. i. a sikságokat. Tegyük félre azonban ezt az ellentmondást és vizsgáljuk a poljefolyó elsimitó működését. Lesimitás annyi, mint erózió és pedig horizontális irányban ható erózió. Tartsuk pontosan szemünk előtt az erózió és pedig a szilárd, egynemű kőzetben ható erózió fogalmát. Follyék valamely folyó állandó és egyenetlen kiugrásokkal megmagszakított oldalú mederben. Legyen esése a folyónak. Vize tehát két erő hatása alatt áll: a gyorsító nehézségi erő és az ellenálló súrlódás hatása alatt. Ezen erőhatások eredménye az állandó közepes sebesség, föltéve, hogy a keresztmetszet sugara és a meder falának minősége is állandó. Más szavakkal, a nehézségi erő gyorsulása súrlódási munkává

<sup>1</sup> 1. Echte Muldenpoljen, 2. Abriegelungspoljen, 3. Aufbruchspoljen.

alakul át. E súrlódási munka természetét legjobban a folyási sebesség lüktetésében ismerhetjük fel. A víztömeg egy elemi részecskéje bizonyos sebességgel a fenék valamely kiugró részébe ütközik. A súrlódási munka a vízrészecske alakváltozásával járó belső súrlódásból és a kiugró tömegben keletkező alakváltozás munkájából tevődik össze. Ez utóbbi az, ami bennünket érdekel. A ható erő a mozgó tömeg sebességének az ellenálló felületen megsemmisülő komponense. Az előálló alakváltozás csupán rugalmas marad addig, míg az az erő kisebb a közet szilárdságánál. Minthogy a folyó fenékén a közettelület végtelen kis részére a mozgó víztömeg végtelen kis részecskéje jut, be kell látnunk, hogy a közet szilárdságának túllépése *lehetetlen*. A víz mozgása pedig olyan, hogy a belső súrlódási munka csak minimális ép úgy, amint valamely rugalmas test feszültségei is úgy oszlanak el, hogy a belső alakváltoztató munka minimális. A víztömeg tehát nem siklik, hanem *gördül* az egyenetlen fenék fölött. A vízrészecskék az egyenetlenségek leginkább kiemelkedő részeit érintik, az egyenetlenségek között holt terek maradnak, amelyek a vízből leüllepődő anyaggal telnek meg. Törmeléket nem hordó folyónál tehát bemélyesztő vagy eróziós munkára még akkor sem gondolhatunk, ha nagy sebességgel halad is medrében. Egészen mások a viszonyok a törmeléket szállító folyónál. Vegyünk egy a fenéken mozgó kavicsot. Véges tömege  $m$ , sebessége  $v$ , eleven ereje  $\frac{mv^2}{2}$ , véges mennyiség. Ez a kavics valamely kiálló részhez

ütközik. Az érintkezési felület, ha a rugalmas alakváltozástól eltekin-tünk, végtelen kicsiny. E *végtelen kis* felületen történik a véges mennyiségű eleven erő megsemmisülése, azaz alakváltoztató munkává alakulása. Itt meg van a lehetősége annak, hogy a közet szilárdságát a pillanatnyilag ható, befelé terjedő nyomóerő átlépje s egyes kiálló részecskék leváljanak. Világos, hogy sokszor ismétlődve, e jelenség a kiálló rész lehordatását fogja eredményezni. Mihelyt azonban az összes egyenetlenségek eltűnnek, az igazi erózió megszűnik. A kavics és kiálló felületek között összeütközés többé nem történik. Azért az igazi eróziós bevágásokban csaknem kizárólag sima, kiugrások nélküli felületeket találunk. A törmelék és fenék közti vonatkozás megváltozik, az erózió helyét a korrózió foglalja el. A korrózió lényege olyan viszonyban áll az erózióval, mint a hajlítási szilárdság a nyomási szilárdsággal. Az erózió a makroszkópos, a korrózió a mikroszkópos kidudorodások eltávolításán működik. Csaknem minden közet többé-kevésbé szemcsés. Ha a szemcsék egy rétege eltávolodott, a következő jut a felületre. Az erózió hatásának az egyenetlenségek eltüntetésében végső célja van, a korrózió a végtelenségig hat. A legfontosabb különbség az



erózió és korrózió között mégis a következő. Az erózió végleges nyomóerő végtelen kis felületre hat, a lekoptató hatás a nyomási szilárdság legyőzötése folytán áll be. A korrózió az érintő irányában hat és a húzási szilárdságot győzve le, koptat. Minthogy a kőzet szemcséit finom rések választják el egymástól, világos, hogy aránylag kicsinynek kell lennie a koptatást előidéző erőnek. Mindamellett a víz nagy, sőt legnagyobb sebességét kívánja meg, hogy érvényre juthasson.

Ha már most az erózió és korrózió eme pontosan és minden föltevéstől mentesen, egyedül a mechanikai törvények alapján kifejtett fogalmát szem előtt tartjuk, be kell látnunk, hogy Cuvier magyarázó kísérlete lehetetlenség. A víz talajvízforrásból ered, tehát törmelék nem tartalmaz. Eredjen a forrás az uvalakomplexus egyik végén. A vize egyik medencét a másik után fogja megtölteni és a mélyedés másik végén egynéhány ponorban (ha vannak ilyenek) fog eltűnni. A medencék, míg vizöket el nem vesznek, vizesések útján állnak egymással összeköttetésben. Ezek az összekötő részek kémiai oldás folytán mindjobban bemélyednek. A folyó, hogy e gerinceket lehordja, «változtatja medrét jobbra-balra» («weiter fort hin und her schwenken»). Erre azonban nincs semmi oka. Ha a gerinceket átvágta, egy ideig kanyarog ugyan a fenék agyagfeltöltődésében, mihelyt azonban elérte a sziklát, mozgása szabadságának vége. Törmelék nélkül nem képes kanyarogni. Teljesen lehetetlen tehát, hogy poljét készítsen, még hozzá sok négyszögkilométer kiterjedésű és esésnélküli poljét.

Miután az erózió lényegét ily módon megállapítottam gondolom, megfelelhetünk arra a kérdésre is, amelyet GRUND poljeelméletének ismertetésénél nyíltan hagytam. Sikká válhat-e valamely mészkőhegység a folyók működése folytán?

Hogy a karsztfolyók elsimitó munkájának valódi értékét megbecsülhessük, rövid elmélkedést adok itt. Képzeljünk el valamely széles folyóvölgyet az erdőborította Karszthegységben, a fenekét töltsé föl kavics s ebben kanyarogjon a folyó. Közeledjék valamely helyen a folyása a völgylejtőhöz és támadja azt meg. Azt kérdezem: Vajjon képes-e ily módon a folyó a völgy fenekét tartósan kibővíteni vagy nem? A hajlott lejtők keletkezésének tárgyalása alkalmával azt találtuk, hogy a denudáció évenkénti mértéke, különben egyenlő körülmények között, minden egyes lejtőszögnek megfelelően állandó nagy. Függvénye ez az évenként termelt szénsavmennyiségnek és a talajon keresztül áramló víz sebességének s egy maximumot képvisel. Láttuk továbbá, hogy a lejtő maximális hajlását a lejtőt borító anyag természetes hajlási szöge egyértelműen megszabja. Lehetetlen tehát, hogy a folyó a lejtődenudációt fokozza. S a lejtő hajlását sem nagyobbíthatja. Csak a

lejtő lábát moshatja alá, görbáját a lejtőbe vághatja, a hajolt lejtőt meredek sziklafallal helyettesítheti. A lejtő felső részeiről lecsúszik a humusztakaró, a folyó ahelyett, hogy a lejtő lehordatását előmozdította volna, elvonta tőle a *denudációt előmozdító* takaró réteget. A megtámadott rész körül a lejtődenudáció állandó sebességgel tovább sülyeszt s a pusztává vált részlet meredek sziklaként, a denudáció munkájának megzavarása ellen való, messziről látható tiltakozásként, nő ki a lejtőből. Mily gyakran figyelhettem meg ezt az ép oly szép, mint amilyen titokzatos jelenséget a keleti Alpések folyóvölgyeiben!<sup>1</sup> Különben úgy látszik, ez nemcsak a mészkőhegységekre szorítkozik. A Duna völgyében, Melk és Krems között található, az egyenletes, lankás, bükkből zöldelő lejtőkből kiemelkedő vadregényes, szakadozott gránitrészleteket is ilyen okokból származtatom. Az az ellenvetés pedig, amelyet ilyen módon a nagy kiterjedésű karszterületek erózióműködés folytán való sikká válása elmélete ellenében támasztottam egyszerű érveimmel, azt hiszem eléggé súlyos ahhoz, hogy ne egykönnyen lehessen megdönteni. Folyók a karsztos hegységek elsimitását az erdőhatár alatt legfőllebb ha kissé siettethetik, ha sűrűn egymás mellett folynak, de véghez nem vihetik soha! Erre csak a denudáció képes. S a keletkező síkság magasságát nem a tenger színe, hanem a lokális áradási határ szabja meg (6. fejezet). Innen ered a poljék lépcsőszerű elhelyeződése, esésük hiánya, s bár közel vannak egymáshoz, tekintélyes magasságkülönbségük. Az áradás teszi lehetetlenné az erdő tenyészését; a forrásvidéket mocsári növényzet nőtte be s a polje fenekét agyag takarta el. Mikor aztán a zárt medencét később egy harántvölgy fölszabadította és miután a karsztvíz tükre újabb tektonikus mozgások következtében lejjebb sülyedt, sivar, részben agyaggal fődött, részint kopár felület maradt vissza, a polje fenéke részben elkarsztosodott, részben füves pusztasággá alakult. A poljefolyó keresztül folyik a kopár területen és vize oldóképességénél fogva medrét a sziklába vájja. Nincs humusz, lejtős oldalak keletkezésének a főföltétele, a völgyek oldalai ennél fogva függőleges, vagy legalább is nagyon meredek sziklafal, a legtöbb nagy karsztfolyónak legfőbb jellemvonása, amint ezt Cuvier is mondja «Karstphänomen»-jében. E meredek sziklafalak a legvilágosabban bizonyítják, hogy a hasadékok átszelte síkság karszterület volt már akkor is,

<sup>1</sup> Érdekes annak a megállapítása, hogy a Semmeringen előforduló sajátosság, a lejtőn visszahajló kiemelkedéseknek a növényi takarójától alámosás útján való megfosztódására és nagymértékű erózióra visszavezetett keletkezésének a kaliforniai Josamite völgyben tökéletesen analóg, de sokkal nagyobb szerű párja van. E visszahajló kiemelkedések a fennsíkba mélyen bevágódó folyóvölgy mindkét oldalán peremi sáncok félig elrombolt maradványaiként sorakoznak.



mikor a folyó a még föl nem tárt polje fenekét erodálta. Az elkarsztosodás attól a pillanattól kezdődik, amikor a lesülyedt terület feneké elérte az áradások vízszinét. A karsztvíz tükre már rég lejobb sülyedt, ma gyakran 100 m-nél is többel van a régi poljenívó alatt. A polje körüli erdős hegyvidék számos lefolyástalan mélyedésre szakadva, rég a mélybe sülyedt. Csak a polje feneké mintegy megmerevedett, öröklétre kárhóztatott. Az erdő kerüli az elkarsztosodott felületet, csak a szerény boróka és igénytelen szürke dudvák tanyáznak a fehér, kopárrá sült kövek között. S a számos lapos dolinaforma mélyedés képében félénken próbálja a természet utánozni azokat a nagy kiterjedésű lefolyástalan mélyedéseket, amelyeket a denudáció a polje körüli erdős hegyvidékeken szüntelenül és a legnagyobb mértékben teremt.

Ha a denudáció valamely fennsíkon poljefeneket hoz létre, mihelyt e denudált vidék az áradás nivóját eléri, akkor szükségképpen ugyanennek a jelenségnek kell a lehető legmélyebb áradási nivón, a tengerparton is előállnia. Sőt itt még különösen nagy mértékben is, mert hiszen az áradási határ itt sokkal állandóbb, mint fenn a hegységben, ahol minden újabb diszlokáció újabb sülyedést eredményez, ahol továbbá a poljeképződés a sülyedési terület peremén haladó repedések közötti térséghez kötött. Hol vannak tehát ezek a «parti poljék»? A Quarnero-ból és Quarnerolóból Istria keleti partja és a horvát tengerpart között a hosszúra nyúlt, meredek, sziklás dalmát szigetek emelkednek ki. Ha mondjuk a Vratnikhágóról végigtekintünk e vad hegygerinceken, a tengeröblökben tetemes mélységeket föltételezhetünk. Az Adria északi részének tengeri térképére vetett pillantás azonban azt mutatja, hogy e vad sziget-hegységek között állandó mélységű sekélytenger terül el. Im a tengeri térkép legfontosabb adatainak összefoglalása: a Fiumei öbölben Veglia, Cherso és a százföld partja között a tenger mélysége 61 és 66 m közt ingadozik. A Farasina csatorna: 61 m, a Quarnero Arsatól északra: 50—53 m, Promontoretől északra 49—53 m, a Canale di Mezzo: északon 66 m, délen 86 m-ig emelkedik, szorososan a Stari Stan lábánál. (Közvetlenül a part mellett, Chersotól ÉK-re, a Canale della Corsia legkeskenyebb részén különösen mély, 114 m-es hely van.) A Quarnerolo Cherso és Veglia között a Cap Promontore-i parallelkörtől É-ra: középen 96 m, délen és északon 80 m. A promontorei paralleltól délre 78—84 m. A Maltempo csatorna 40—45 m-es mélyedés. Selce mellett befűződést látunk, aztán a Canale della Morlaccia következik 56 m-rel s észak felé állandóan esik a tengerfenék a Sv. Juraj és Pervicchio közötti 76 m-ig.

Cap Promontoretől széles tengeralatti gerinc húzódik, 40—48 m-es vízmélységgel, ivben az istriai félszigettől Unic és Lussin szigetei

felé. E sík hátán egy elszigetelt kúp fekszik, a Scoglio Gagliola, a 4-es magassági ponttal. E sekély tengert a Sebenikótól déli irányban a Monte Maggiore főgerincével kb. párhuzamosan haladó, 200 m-nél nagyobb mélységű árok határolja. Sem a Fiumei öbölbe, sem a Quarneroba és Quarneroloba jelentősebb folyó nem ömlik. A parti hegység vize részint tengeralatti, részint parti forrásokban távozik el. Üledékek bemosásával tehát e föltűnő sík tengerfenék keletkezését nem magyarázhatjuk, e síkok már megvoltak, mielőtt a tenger elöntötte őket, röviden: szükségképen poljetájnak kell őket tekintenünk. Orográfiai alapvonásaiban e tengerfenék teljesen megegyezik a belső horvát fennsík poljesorával: csaknem esésnélküli, egymástól denudált hegláncokkal elválasztott, a régi part felé lépcsőszerűen aláereszkedő síkok, két szomszédos polje magasságkülönbsége egymástól való távolságához viszonyítva igen nagy. Példa: A Quarneropoljenek nincs esése. A szűk Canale di Mezzo esése 10 km-en alig 10 m, a Canale della Morlaccaé 36 m, igen nagy, épúgy, mint az északi Gačkaág és a kossinji Lika-áttörési völgyé. Mindkét csatorna egy esésnélküli poljébe, a mai Quarneroloba nyílt. Hogy e sekély tengerfenékben nem valami «parti terraszokkal», hanem igazi poljékkal van dolgunk, azt Pago sziget édesvizi rétegei és a szigetek édesvizi rétegeivel kapcsolatos barnaszéntelemek bizonyítják. Amint ma is moesári növényzet vadona növénybe a Zirknitzi-tó és a Reifnitzi medence forrásvidéket, épúgy ilyenekkel fedettek voltak az adriai poljék forrásvidékei is. E kis mélységben a tengerszine alatt lévő poljék, a sekély tengerből hosszúranyúlt szigetekként kiemelkedő és 300 év előtt még a legdúsabb bukkerdőségekkel fődött peremhegységek között, eléggé föltűnően hasonlítanak a magasfennsík poljéihez és — mint egy ezutáni értekezésemben Buccari és Veglia tektonikája kapcsán kimutatandom — még a legutolsó hegymozgásokat a poljeképződés egy időszakának kellett megelőznie. Az Adriai tengerpart nagykiterjedésű hosszirányú völgyeiben föltűnően szabályos sekély tengeri üledékek, szétszaggatott meredek partok és szétroncsolt hegyvonulatok maradványaival váltakoznak s ez a jelenség a fölvevő geológusokat oly irányban tévesztette meg, hogy tipos pikkelyes szerkezet mellett kettős redőket föltételeztek itt.

Ha a fejtegetéseim eredményeit összefoglalom, a karsztkutatók fölfogásaival szemben való, a Karszt domborzatának keletkezéseire vonatkozó ellenkező álláspontom abból a legélesebben kitűnik. Ami a domborzat keletkezésénél közreműködő erőkre vonatkozó fölfogásomat illeti, arra vonatkozólag a fönti sorokban azt hiszem eléggé világosan fejeztem ki magamat. Hadd érintsem röviden még a kérdés másik, de sokkal fontosabb és általánosabb oldalát. Amit erről mondani fogok, mara-



dék nélkül adódik a fejezet eddigi tartalmából. Ha a Karszt morfológiájáról szóló értekezéseket figyelemmel olvassuk, különösen egy dolgon okvetlenül csodálkoznunk kell: a víz mindenütt olyan körülményekre talál, amilyenekre éppen szüksége van. *Grund* szerint a poljék egy régi elsímitott felület lesüllyedt maradványai volnának. S az egész belső horvát fennsík, mindenütt épen oly mélyre süllyedtek, hogy a legmélyebb karsztvizek szeli őket. Tehát különös módon szabályos, lépcsőzetes sorban. S a folyók átfolynak a poljén anélkül, hogy eltűnének, de még az elválasztó hegyhátaikat is átvágják (pl. a Lika és Gačka területén). És épen a polje peremén vannak annyira repedezett közetrészek, hogy a folyókat elnyelik. Az ilyen eltűnő folyónak természetesen arra kell törekednie, hogy a lehető legrövidebb úton jusson a mélybe. Ehelyett, pl. a Planina vidékén és sok más területen barlangok és tág repedések a legközelebbi mélyedés felé vivő legrövidebb úton, ferdén visznek a hegybe. A vaucluse források, ha a fönti elméletek helyesek volnának, a polje bármely pontján is kibugyoghatnának. Ehelyett szorosan a poljeperemeken vannak. A tényezők illetén összetalálkozása, amely egyenesen megköveteli a szabályozott vízkeringést, annyira feltűnő, hogy igazságtalanság volna ezt a találkozást pusztán a véletlennek tulajdonítani. Már csak ezért is érdemes fáradságot vennünk annak a felismerésére, vajjon nem épen a mélyedések a hidrográfiai viszonyok következményei-e és nem — mint eddig gondolták — megfordítva. A Karszt vizrajzának és denudációjának tisztán fizikai szempontokból kiinduló tárgyalása engem ugyanerre az eredményre vezetett.

Vizsgálataim végső eredménye tehát a következő: A Karsztvidék domborzata a talajvízének s így repedezettségi és tömörségi viszonyainak egyenes, eróziós hatásoktól alig befolyásolt produktuma. Ezért a Karszt orográfiájából a hegységreszek repedezettségére és vízhordására következtethetünk. Ez nagyfontosságú minden a Karsztban tervezett vízépítő vállalkozásnál s exakt előmunkálatok észszerű kivitelét teszi lehetővé.

## FÜGGELÉK.

### A karszti denudáció és az alpesi domborzat.

A denudációnak a felszint borító különböző növényzet szerint különböző mértéke, az erdő alatt végbemenő gyors, steppeterületen lassú lehordatás hozta létre a karsztos vidékek mai, sajátos módon tagolt, változatos domborzatát. Semmi kényszerítő okunk nincs arra, hogy tagadjuk, miszerint ugyanezen okok hatása egész hegységek

külső képén is megnyilvánul, ha e rendszerek részben, vagy egészen meszes kőzetekből állanak vagy állottak.

Képzelnék el, hogy a föld kérgének valamely meszes üledékek hatalmas rétegeivel borított részét, oldalas nyomás magasra a tengerszín, meg az erdő- és hóhatár fölé ráncolja föl. A ránc középső részét örökös hótakaró borítja el. Az olvadás vize, amely a firn rései közt aláfolylk és a töredezett mészkő repedéseiben megfagy, meglazítja és repesztli a kőzetet. A lerepedezett és a firntömeg aljába fagyott törmelék elszállításáról a mozgó jég gondoskodik. E törmelék a völgyön lefelé mozog s az üledéktakaró középső részének lehordatása ily módon aránylag gyorsan megy végbe. A ránchegység peremeire eső részek az erdőhatár alá esnek. Őserdők borítják ezeket s a chemiai denudáció itt gyorsan dolgozik a mély felé. Az erdőborította perem s a firnnel takart középső rész közé azonban olyan — meglehetősen széles — öv esik, amelyen sem a jeges régió megfagyó olvadási vizének repesztő hatása, sem az erdőborította vidékek savakkal telített csapadék vize nem működik. Mintegy a hegységet körülvevő sáncként emelkedik ez az öv, a chemiai és mechanikai pusztulás geológiai időközön keresztül tartó működtével, a denudált erdőrégió fölé s bekeríti a letakarított középső részletet. A jégárból eredő folyók eróziója különálló tömegekké szabdalja ugyan, de a gerincek és fennsíkok magasságát csak kevésbé csökkenti. A közvetlen csapadék denudáló hatása ez övnek csak a felületére, lapos, hóalatti dolinák létrehozására szorítkozik. Gondoljuk meg továbbá a következőket. Valamely hegységánc oldalas nyomás következtében való kiemelkedése szükségképen a földkéreg belsejében előálló üregek és tömeghiányok keletkezésével jár együtt. A hegység tömegének számos hossz- és harántirányú törése ilyen következmények. A felrálóadás zavartalan sáncszerű peremmel körülvett, közepében helyet foglaló hatalmas vastagságú közettömegek szétrombolása és lehordása a hegység egyensúlyi állapotát nagy mértékben megváltoztatja s azáltal, hogy a középső rész a ránehezető teher alól fölszabadul, tetemes hosszirányú törések állnak elő a peremisánc belső szélén. A boltozat tetejének szétrombolásával bizonyos fokig felszabadul a peremi sáncok súlya s belenyomódik a lokálisan meglazult földkéregbe.

A valóságban számos tényező zavarja meg a hegységánc fönn ecsetelt fejlődési történetét. Mindenekelőtt is már a keletkezésének első stádiumától fogva érik a ráncot a vegyi és mechanikus alakképző behatások. E behatások eredményei szabják meg a hegység kialakulásának későbbi stádiumában a jégárcak lefutását és a folyórendszerek kifejlődését. A legfelső takaró fölépítésében jelentkező kőzettani különbségek is kifejezésre jutnak a későbbi domborzatban. Így különösen



mészben szegény, vagy meszet nem tartalmazó tömegek betelepései. Nagy vonásaiban azonban meg kell egyeznie a kialakulás végső eredményének az elméleti úton levezetett alapalakkal.

Ha az Alpok általános alaktani képét tekintjük, el kell ismerünk, hogy az elméleti alapalakkal való megegyezése tökéletesebb, mint ahogy azt az összes lehetséges zavaró tényezőkre való tekintettel várhatnók. Csaknem zárt övben kísérik az északi és déli Mészalpok a mészkőtakarójuktól teljesen megfosztott középponti hegyláncokat. Ha végigpillantunk a Mészalpokon a maguk egészében például a Grossglockner csúcsáról, azok csúcsai és fennsíkjai egy vízszintes vonalban fekvőknek látszanak. És csakugyan úgy áll a dolog, hogy e fennsíkok nagyjából ugyanabban a magasságban, 2000 m-nél valamivel magasabban és valamivel alacsonyabban, különben pedig épen a firnhatár és az erdőhatár között fekszenek. Oly körülmény ez, amely már önmagában is figyelemre méltó. Vajjon tulajdoníthatjuk-e ezt a föltűnő jelenséget pusztán a véletlennek? A Mészalpok belső peremeit hatalmas hosszirányú törések kísérik s csaknem teljes pontossággal alkalmazkodnak a mészkő határainak a lefutásához, pontosabban, mint ahogy azt az elmélet megköveteli. És pedig a középponti Alpok a fennmaradt rész. Mint hogy ha a mészkőtömegek a saját súlyuk folytán a mélybe süllyedtek volna. Meredek, merész sziklafalakkal határolt oldalakkal ereszkednek a fennsíkok az erdőborította Előalpok enyhébb lejtésű, alacsonyabb dombjai felé alá. Mert abból, hogy a mészkőhegységekben a lejtők chemiai denudáció útján keletkeznek, az következik, hogy a steppe és erdő határán nincs meg a lejtőképződés lehetősége. Éppúgy, mint ahogy a régi poljefenekén áthaladó folyóvölgyeknek sincsenek hajlott lejtői, hanem meredek kanyonfalak között folynak azok, mivelhogy a steppe borította mészkőhegységben nem keletkezhetik lejtő. S meredek és sziklásak a legtöbb oly harántvölgy oldalai, amelyek a Mészalpokot elszigetelt masszívumokra osztják.

Az északi és déli Mészalpok láncolatainak a keletkezési történetét összes alaktani sajátosságaikkal együtt mindeddig homály borította. Ha tekintetbe vesszük, hogy a fentiekben csak nagyjából vázolt elmélet az eddig megmagyarázatlan jelenségek egész sorát képes egyetlen közös okból levezetni, akkor becsülhetjük meg helyesen annak az értékét és alapelemeinek a becsét.

# 1910.

Napok	Januárius			Februárius			Március			Április			Május			Junius		
	Otőcse	Gospic	Udbina	Otőcse	Gospic	Udbina	Otőcse	Gospic	Udbina	Otőcse	Gospic	Udbina	Otőcse	Gospic	Udbina	Otőcse	Gospic	Udbina
1	—	3·2	—	7·7	22·2	10·1	9·1	27·6	9·1	1·6	47·8	20·1	2·9	21·0	14·0	—	—	0·4
2	—	0·9	0·4	4·6	22·9	68·2	—	—	—	0·4	—	9·1	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	1·3	22·6	0·4	—	—	—	2·8	23·6	22·1	1·6	4·5	3·0	—	9·3	10·0
4	—	—	0·1	4·6	4·2	11·0	—	—	—	27·2	58·2	3·1	10·3	3·0	3·2	—	8·1	12·7
5	—	—	—	84·5	12·3	20·9	—	—	—	—	—	14·4	3·0	—	—	30·6	6·3	12·5
6	—	—	—	0·7	—	—	—	—	—	—	—	0·6	1·9	14·8	0·4	40·5	—	22·0
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8·4	0·5	—	—	—	—	49·9	16·0	5·8
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5·3	0·8	—	—	—	—	3·8	0·1
9	—	—	—	28·0	—	3·1	—	—	—	—	—	0·3	16·8	9·0	20·4	—	6·3	—
10	—	—	—	8·0	7·5	—	—	—	—	3·5	46·6	8·0	21·5	17·2	19·6	—	—	—
11	—	—	—	—	18·9	4·0	—	—	—	19·2	—	5·7	1·1	2·8	0·1	14·2	1·6	20·0
12	1·5	6·3	2·7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3·2	4·7	5·2	2·4	21·4	0·3
13	44·9	58·6	24·2	4·5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6·8	—
14	27·3	52·5	16·9	—	—	0·7	—	—	—	—	—	—	—	8·6	0·3	17·3	69·8	41·0
15	—	—	—	4·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18·4	3·4	0·4
16	—	—	—	—	—	—	16·4	8·3	24·2	—	—	—	—	—	—	17·5	2·2	1·3
17	—	—	—	16·5	—	19·0	6·2	2·4	3·1	—	15·5	2·1	—	—	—	7·8	3·6	15·0
18	3·3	7·6	4·0	—	—	—	—	5·4	4·2	26·0	12·6	22·1	—	—	—	0·2	0·4	—
19	—	3·5	12·4	—	—	—	—	—	1·3	31·3	9·7	5·1	—	—	—	—	0·6	—
20	—	2·1	0·9	3·2	—	—	1·5	15·9	2·0	—	—	—	—	—	—	7·4	—	—
21	—	—	—	—	—	—	3·5	3·0	8·1	2·8	—	0·9	0·9	—	—	0·9	—	—
22	13·0	—	18·0	—	3·5	0·1	—	—	—	—	—	—	16·0	3·1	0·7	—	—	—
23	16·3	32·6	10·2	—	5·3	—	—	—	—	6·4	12·5	10·4	17·4	2·8	0·1	—	—	—
24	—	0·9	2·0	—	—	—	—	3·2	0·4	—	5·3	—	4·4	—	—	—	—	—
25	23·0	4·1	—	—	—	—	—	—	0·3	0·4	2·3	0·1	—	—	—	6·8	—	—
26	22·6	85·3	51·0	—	—	6·2	—	—	—	3·9	6·1	0·2	—	—	2·1	—	—	—
27	3·0	9·2	3·2	—	—	—	—	—	—	2·3	7·2	7·6	—	—	20·0	21·5	32·4	10·2
28	2·5	0·8	21·3	—	34·8	10·0	—	—	—	—	3·1	2·0	5·5	13·5	9·2	0·9	5·6	—
29	3·3	—	—	—	—	—	—	2·1	—	—	—	—	0·8	—	4·3	—	—	—
30	3·7	28·6	1·8	—	—	—	6·0	—	0·8	3·4	2·5	0·2	—	—	2·1	—	—	—
31	53·7	1·3	—	—	—	—	1·6	3·6	0·6	—	—	—	—	3·5	—	—	—	—
Összeg	218·1	297·5	169·1	1167·8	154·2	153·7	44·3	71·5	54·1	139·6	258·8	134·6	107·3	108·5	104·7	178·3	197·6	151·4

Egész évi csapadékmennyiség:



# 1910.

Napok	Julius			Augusztus			Szeptember			Október			November			December		
	Otoac	Gospic	Udbina	Otoac	Gospic	Udbina	Otoac	Gospic	Udbina	Otoac	Gospic	Udbina	Otoac	Gospic	Udbina	Otoac	Gospic	Udbina
1	—	—	—	—	—	—	2 0	—	—	—	—	—	1·8	25·6	11·2	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	1·8	2 0	—	—	—	7·8	20·2	2·1	—	3·5	—
3	—	—	—	—	—	—	6·5	2 0	—	—	—	—	52·8	3·3	35·0	—	—	—
4	—	41·6	5·6	6 0	2 6	4 3	1 5	0 5	—	—	—	—	0 1	6 2	11 4	—	—	—
5	15 5	6 3	42 0	—	—	—	31 5	42 8	26 1	—	—	—	—	10 0	—	—	—	1 8
6	2 0	17 8	0 3	3 3	3 2	—	37 6	20 4	28 2	1 3	—	0 1	11 0	15 2	—	—	—	—
7	8 3	—	10 4	—	—	—	4 1	—	—	0 8	—	6 2	31 2	41 6	40 2	7 3	20 3	5 3
8	55 5	56 6	47 2	0 3	1 3	—	—	—	—	25 8	33 5	38 9	—	—	—	8 3	41 2	54 9
9	—	9 6	0 4	—	—	—	—	—	—	45 5	61 1	30 0	—	—	—	4 4	—	—
10	—	—	—	3 7	8 9	3 9	—	3 5	—	2 5	30 0	—	—	—	1 8	—	4 1	—
11	—	—	—	6 5	11 8	6 1	33 3	28 9	4 3	20 8	14 4	17 3	17 2	31 2	38 7	8 8	28 8	4 1
12	—	—	—	—	—	—	23 7	9 9	27 2	—	—	—	15 5	6 3	5 8	5 0	14 3	23 0
13	—	—	—	—	—	—	4 7	7 4	12 5	—	—	—	—	0 5	0 2	9 0	21 0	13 4
14	—	—	—	—	—	—	2 0	11 6	0 8	—	—	—	—	—	—	15 2	89 3	93 6
15	—	—	—	—	—	—	28 5	21 8	10 0	—	—	—	31 1	—	4 6	3 0	11 5	20 0
16	—	—	35 4	—	—	—	—	0 8	17 9	—	—	—	—	72 2	47 1	—	0 6	0 4
17	—	—	—	—	—	—	3 6	—	—	—	—	—	—	22 2	15 0	—	—	—
18	—	—	—	1 9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0 5	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37 3	16 2	38 5	46 9
20	4 4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2 1	5 0	6 3	—	2 7
21	34 7	0 6	—	—	—	—	2 2	24 9	10 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	—	—	—	—	—	—	14 2	70 6	61 0	73 5	49 3	37 9	165 2	—	0 7	—	—	—
23	—	—	—	—	—	—	24 2	37 8	15 2	7 3	32 2	22 0	—	5 8	—	—	—	—
24	5 3	—	7 2	18 8	47 8	27 9	4 5	25 4	12 0	11 8	13 8	19 2	—	—	—	—	—	—
25	3 8	33 6	—	—	—	—	10 6	11 4	9 9	—	0 8	1 4	8 5	—	—	—	—	—
26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13 6	10 8	3 2	17 0	5 3	30 0
27	14 6	20 3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9 1	1 6	—	25 3	—
28	—	10 5	6 9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0 3	—	—	—	23 4	33 4
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4 5	4 5	—	—	—	—	7 5	10 3	4 0
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11 8	2 3	—	—	—	—	4 4	19 5	3 1
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14 7	50 0	48 3	—	—	—	3 1	8 6	—
Összeg	144 1	166 9	155 4	40 5	75 6	42 2	231 7	321 5	237 3	217 3	291 9	221 3	356 1	283 3	260 9	115 5	365 5	336 6

Otoac ..... 1960 6 <sup>m</sup>/<sub>dm</sub>  
 Gospic ..... 2592 8 α  
 Udbina ..... 2021 3 α

# 1911.

Napok	Januárius			Februárius			Március			Április			Május			Június		
	Otočac	Gospic	Udbina	Otočac	Gospic	Udbina	Otočac	Gospic	Udbina	Otočac	Gospic	Udbina	Otočac	Gospic	Udbina	Otočac	Gospic	Udbina
1	22	65	—	—	—	—	—	—	—	130	94	72	332	724	22	26	31	
2	40	36	—	—	—	—	22	—	—	—	—	—	02	92	430	30	—	
3	54	—	03	—	32	42	—	—	—	36	42	22	368	447	—	—	—	
4	101	153	200	—	03	103	—	—	—	123	178	70	58	84	23	—	24	
5	78	225	60	—	—	08	—	—	—	44	216	63	40	—	03	40	—	
6	19	107	107	—	—	—	—	—	—	26	112	120	106	100	220	—	—	
7	102	133	—	—	—	—	—	—	—	07	—	138	47	34	34	07	84	
8	—	62	02	—	—	—	—	—	—	72	186	289	—	—	—	—	—	
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	225	63	250	—	—	43	—	—	
10	—	—	—	—	—	14	—	—	—	—	—	—	—	23	—	—	—	
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	174	—	
12	—	—	—	—	06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	211	—	
13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	06	—	
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	63	04	—	—	—	287	—	
15	—	—	—	—	—	—	156	243	102	—	—	02	—	—	—	371	—	
16	—	—	—	—	—	—	47	106	120	—	—	—	—	—	—	240	103	
17	—	—	—	—	—	—	73	—	91	—	—	—	—	—	—	—	229	
18	—	—	—	—	—	—	22	—	—	—	—	—	48	—	06	—	49	
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	102	60	350	—	323	
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34	30	164	—	298	
21	—	—	—	—	—	—	72	63	170	—	—	—	43	—	04	—	92	
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	01	—	—	
23	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
24	—	—	—	—	—	01	07	—	—	—	—	—	26	—	04	—	—	
25	—	—	—	—	233	82	—	83	—	—	—	—	13	112	—	—	—	
26	—	—	—	—	—	—	176	286	364	—	—	—	—	—	—	—	23	
27	—	—	—	99	—	100	53	—	47	—	—	01	—	—	—	—	—	
28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	72	38	239	172	—	—	—	—	
30	—	—	04	—	—	—	—	—	42	40	08	36	183	—	—	—	—	
31	—	27	03	—	—	—	43	76	13	—	—	—	27	210	236	—	—	
Összeg	386	830	376	99	294	320	643	863	919	379	1072	1320	939	1467	2120	1378	1199	96

**Egész évi csapatlétszám:**



# 1911.

Napok	Julius			Augusztus			Szeptember			Október			November			December		
	Otočac	Gospić	Udbina	Otočac	Gospić	Udbina	Otočac	Gospić	Udbina	Otočac	Gospić	Udbina	Otočac	Gospić	Udbina	Otočac	Gospić	Udbina
1	—	—	—	—	—	0·3	—	—	—	41·2	30·8	85·1	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	60·8	65·6	112·3	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3·0	39·3	30·0	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4·0	6·8	—	—	—	—	—	—	—
5	—	3·8	—	0·8	3·2	0·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5·3	2·4	—	—	4·9	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6·4	41·2	0·1	4·5	33·5	0·4
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6·8	9·8	—	44·1	7·3	39·4
10	9·3	9·8	—	—	—	—	15·4	—	—	1·8	5·8	—	—	—	4·7	26·8	9·2	23·0
11	—	2·6	—	—	1·5	0·0	—	15·2	0·3	11·7	—	3·7	4·6	0·6	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·2	21·4	—	23·4	43·7	27·6
13	—	—	—	—	33·2	37·0	—	—	—	—	—	—	—	42·4	—	13·7	49·1	3·0
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0·2	—	—
15	6·0	33·0	—	—	2·3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3·3	40·0	—
16	—	—	—	9·7	4·5	4·0	2·8	11·2	0·2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	3·0	9·2	—	—	3·4	—	30·3	66·3	34·6	—	—	—	—	—	2·1	29·4	19·2	54·2
18	—	—	—	—	—	—	58·6	50·1	51·0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	4·0	0·5	0·2	—	—	—	3·5	46·5	4·3	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	2·3	0·4	—	—	—	6·4	56·4	68·9	—	—	—
21	4·2	5·2	3·1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	23·7	10·6	11·2	—	46·0	4·0
22	—	—	—	—	—	—	4·8	8·4	2·5	—	—	—	—	3·2	4·7	3·4	31·0	9·8
23	—	—	—	—	—	—	5·0	7·8	47·4	—	1·3	—	—	—	—	—	—	—
24	—	—	—	—	—	—	3·8	3·6	5·9	5·5	11·2	4·2	—	—	—	—	—	2·1
25	—	—	—	4·6	0·5	4·2	3·0	28·7	27·4	9·0	11·5	28·5	15·8	32·2	47·0	—	—	—
26	—	—	—	20·0	2·4	2·1	4·8	3·0	5·1	42·5	11·4	21·9	—	0·6	5·9	15·0	—	48·0
27	—	—	—	19·4	—	7·5	3·5	—	—	0·7	5·1	10·0	0·1	0·1	4·8	—	—	4·9
28	—	—	—	—	—	—	0·4	—	—	0·8	—	0·8	—	—	—	—	6·5	—
29	—	—	0·2	—	—	—	—	—	—	45·3	25·4	9·0	—	—	—	—	—	—
30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41·0	4·1	0·1	—	—	—	—	—	—
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Összeg	22·5	63·6	3·3	51·5	48·0	49·8	127·4	197·1	145·0	174·3	215·2	2305·4	69·8	177·4	147·7	130·8	170·4	183·4

Otočac ----- 978·7 <sup>mm</sup>

Gospić ----- 1444·2 «

Udbina ----- 1349·3 «

