

JUGOSZLÁVIA DINÁRI KARSZTJAINAK FEJLŐDÉSE

(Befejező rész)

J. Roglic klimatikus morfológiai karsztfejlődési elmélete

Akár *Poljak* és *Koch* is, elismeri a tektonika és a közetminőség nagy szerepét, továbbá *O. Lehmann-hoz*, *Murtelhez* és *Kutzerhez* hasonlóan az egységes karsztvízszint ellenzője, továbbá mint *Terzaghi* és *Kayser* is, előkelő, túlsúly jellegű szerepet tulajdonít a korrózióknak. Azonban munkáját, a *klimatikus morfológia* principiuma szövi át, amennyiben felismeri a jelenkori korrózió szerepét is, amely a felső pliocén meleg szakaszában igen fontos volt, alá-húzza a glaciális és interglaciális szakaszok szerepét is a poljekitöltődésben, ill. a kitakarításban.

Első munkáiban bírálja a *Cvijic* által felállított régi elméletet a lakusztrikus felszínről. E munkája nem egészen eredeti, amennyiben a poljek fejlődését illetően fontos szerepet tulajdonít a prekarsztos folyami eróziós tevékenységnek, valamint a tektonikai és közettani folyamatoknak. Később pedig a karsztkorrózióval kapcsolatos klimatikus morfológiai elméletét dolgozta ki.

Így pl. az Imotski-poljéval kapcsolatban kimutatja, hogy ennek depressziója, amelyet időszakos tó tölthet ki, független a peremvidék hidrográfijától: itt minden vízfolyás endogén, csak a Suvaja létesít kapcsolatot a poljefenék és a környező felszín szubaerikus vizei között. Így pl. a Jezero-dolina tava évenként változik és nem azonos a szomszéd előtések szintjével a poljében. Az Ikina és a Goljeva nevű szomszédos dolinák pl. árvízmentesek, noha igen alacsonyan fekszenek. A Modro Jezero vízszintje 259 és 345 m közötti, míg a poljefenék 253 m, az innét alig 200 m-re levő Crveno Jezero viszont már külön hidrográfiai rendszer, 280—325 m között. Igen száraz, nyáron csak a Vrljka medre marad nedves.

A csapadékmaximumok (eső) november és március hónapban vannak, ennek ellenére az áradásoknak csak egyetlen maximuma lép fel január-február táján. Így a csapadékalakulás nem pusztán az egyedüli oka a magas tóvízszint ilyenfajta alakulásának. Viszont a Suvaja-patak vízhozamának csúcértékei már egyeznek a csapadékmaximumokkal. Közvetlen a kapcsolat a polje közettani felépítése és a táplálóterület között, mivel a Suvaja vízgyűjtője részben impermeabilis felszínen, részben dolomiton alakult ki. A források és a ponorok a medence peremén a dolomit-mészkö határon sorakoznak.

O. Lehmann pl. a Livno-polje előntését a poljefenék alatti csatornák működésével hozza kapcsolatba, ponorok, ill. források végződésénél, azonban nem számol a hirtelen záporok hatásával. Előfordul, hogy a források vízhozama csökken, míg az időszakos tó szintje emelkedik, az előntés oka a ponorok kis nyelőképességéből adódik, ez a képesség

nagyon lecsökkenhet, ha a ponor szája, amely laza permeabilis kőzetből épül fel, beomolhat, amint azt 1964-ben nyáron, a Popovo-poljén láthattuk. Ennek köszönhető, hogy két hónappal később már el volt öntve vízzel. Az árvizek hol atmoszférikusak, hogy pedig mély-karsztos eredetűek. A római korban az előntések kisebb területre terjedtek ki, majd elárasztásra kerültek a római romok. A 17. sz.-ban Imotski lakói a törökök elől a kivájt ponorokba menekültek.

Az eltérő áradásszinteket elütő morfológiai jelleg is előidézi. Így pl. a Modro Jezero lejtőit agyagos üledék béleli ki, amely vizet át nem eresztő, ez a takaró a fiatalabb Crveno Jezeroiban hiányzik, a víz így gyorsabban elszivárog és a vízszint alacsonyabb, mint a szomszéd tóban. A vidék karszt-hidrográfiai rendszere független és komplex, gyorsan fejlődő hálózatból áll.

A tavi abráziós felszínekkal kapcsolatban, *Roglic* ugyancsak bírálja *Cvijicet*. *Roglic* szerint a polje nem karszteróziós forma, mint ahogyan azt *Cvijic* mondja, hanem sokkal bonyolultabb eredetű, mint ahogyan azt *Cvijic* sejtése alapján *Grund* és *Richter* közli. *J. Cvijic* a poljeképződésben különösen nagy szerepet tulajdonít a későharmadkori tavi erózióknak. A Kupres-poljében pl. (1100 m) oligo-miocén rétegek lerakódása járt az abrázióval és dombos-völgyes táj keletkezett.

A Duvno-poljében pl. a tavi üledékek vetőkkel határoltak a mészkő meredek pereme felé, az édesvízi tavi agyag és homok dombos felszín, ahol *Cvijic* szerint ÉK-en 910—920 m-en idősebb (felsőpliocén?) terasz fejlődött ki, 820—900 m között pedig két alsópleisztocén terasz DK-en. *Grund* 896—936 m között 5 teraszt írt le és még egyet 874 m-en.

Grund után az Imotski-poljében egyrészt normális, karsztosodott völgyből, másrészt abrázióval való poljefejlődést ismert fel *Roglic*. *Danes* szerint a neogénban volt itt tó, 320 m-en, majd vízszintcsökkenéssel 285 m-en volt ennek állítólagos színője. Mindezek az adatok, bizonytalan jellegük miatt, arra készítették *Roglicot*, hogy elutasítsa a tavi-abráziós poljefejlődési teóriát. Az abrázió nyomai ugyanis az Imotski- és a Kupres-poljében bizonytalanok, ellenben a folyami erózió nyomai tiszták. Így pl. Livno-poljében a Padine ÉK-i terasza (222 m), 17 km hosszan antiklinálisokat és szinklinálisokat is metsz, a 30 m-el alacsonyabb terasz azonban már kevésbé fejlett. A Kupres-poljében 865—930 m-es a terasz, DNy-on 880 m, DK-en 4 alacsonyabb szint kevésbé ép. Imotski É-i részén a 6—700 m-es terasz krétakori dolomitrétegeket és tengeri-tavi rétegeket metsz, le is hajlik a közép felé. Egy másik szint

DNy-on a 420—480 m-es, ez a legfelső, de már lealacsonyodott. Egy 350—400 m-es a Neretvához vezet át DK-re.

A legmagasabb felszíneket hosszantartó erózió dolgozta ki, az alacsonyabbakat vagy a mai vízfolyások, vagy kevésbé ellenálló töréses és dolomitos zónában alakultak ki. 270—320 m között a jelenlegi poljefelszín jött létre, 3 karsztos szintben. A sziklafenek a 30 m vastag alluviális kitöltésben található meg.

E teraszsnívók — *Roglic* szerint — nem a tavi abrázió művei, hanem a prekarsztos folyami erózió nyomát lehet néhol megtalálni. Végül, a poljék mai medencéi nem azonosak a hajdani tómedencékkel. A Kupres- és a Vukovo-poljék peremén pl. nem találni szétszabdalt szinteket. A Duvno-poljékban pl. a tavi üledékek jóval magasabbra kerültek, mint a mai polje, s még a peremterületek dolináit is kitöltik. (Dolinaüledékek vizsgálata alapján, saját véleményem szerint, általános jellegű fiatal takaró egykori jelenlétére lehetne itt gondolni). Az Imotski-polje viszont igen gyorsan kialakulhatott, mondja *Roglic*, mert nincs benne tavi üledék.

A poljefejlődés vázlata Roglic szerint

A poljék kialakulásához szükséges volt a tektonikus előre-kijelölés, helyi kéregmozgások révén, amelyek kimozdították a tavi üledékeket, mint pl. a Kupres-polje D-i és DK-i peremének kéregzavarai, a duvnoi fiatal rétegek gyűrődései, az Imotski hasonló boltozódásai. A lágy neogén rétegek azonban gyorsan a lepusztulás áldozataivá váltak, különösen, ha erősebben kiemelkedtek.

Az általános kiemelkedések a mészkőtömeg erős karsztosodását idézték elő. A Vukovo-poljének a Ravno felé lefolyó vize pl. vetőmenti ponorokban nyelődik el, ahol a mészkő dolomittal, vagy impermeabilis közzel érintkezik. A vízhálózat mindjobban széjjelkülönül, mert a kevésbé fontos ágak lekapcsolódnak a főágról. *Cvijic* szerint a vízfolyások utólag idomulnak hozzá a poljéképződéshez, a független kis medencék egyesülésével, a vízhálózat másodlagos jelenség. *Roglic* megfordítja a dolgot, mert szerinte csak az erős karsztosodás után esik

széjjel a polje önálló uvalákra, dolinákra és különálló részekre a vízhálózat is. *Ez jól látszik, nézetem szerint a bő csapadékú montenegrói karszton Kotor és Cetinje között.*

A medence tehát kezdeti medence szétszakadozásával is képződhet, nemcsak uvalák összeolvadásával. A Duvno-polje besüllyedése pl. egészen fiatal, szemben a tavi fázissal és a tavi üledékek diszlokációjával. Imotskinál a Gornij Proslac magas felszíne idősebb, mint a depresszió, ez fiatalabb, mint az oligo-miocén felszínek és az ezeket átható pliocén kéregmozgások. A polje két töréses-flexurás vonal mentén süllyedt be. A poljefenek pliocén-ópleisztocén utáni, tele glaciális kitöltéssel. Kapcsolatos volt ugyan az Alsó-Neretva-medencével, de a vidék általános kiemelkedésével karsztosodott, vízfolyásai dolomitos zónákban alakultak ki, a mészkövek kiemelkedtek.

A dolomit szerepe *Roglic* szerint erős ellenállás a karsztosodással szemben. Ez a kőzet nagyobb szigeteket formál a mészkőzónákban. Érdekes a nagyméretű, szakadékszerű dolinák képződése dolomitos közetben, amely függőlegesen repedezett, erősen mállik, homokká esik szét (przina), amelyek részben kitölti az üregeket, amelyek 100—400 m átmérőjűek, 50—100 m mélyek és függőleges, vagy közel függőleges falúak. Aljukon összegyűlhet a víz és aláássa, rongálja a falakat és további berogyásokat okoz. Ilyen dolomit-szakadékdolina-tó Imotskiban a Crveno Jezero (31 m átmérő, 19 m mély) és a Modro Jezero (800 m átmérő), képződésük alkalmával a glaciálisokban függőleges, nagy repedések jöttek létre, a beszivárgó vízzel ezek erősen mélyültek, míg a meleg interglaciálisokban pedig kevesebb volt a folyóvízi munka és több a beszakadás. A felszínformálásban az erős földrengések is közrejátszanak és így a tavak el is tűnhetnek, pl. 1942. és 1946-ban. Így egészen hirtelenül nagy üregek is nyílhatnak meg, eltemetvén az épületeket, szőlőket, stb.

A dolomiteltöket eróziós barázdák szántják fel, jelentős törmelékiszállítással, a poljefenekén törmelék-kúp-képződéssel, dolina- és tó-kitöltődésekkel. Dolomittérszínben, poljékban normális karsztfelü-



Njeguri-polje melletti dolinák (Cetinje közelében).

let is létrejöhet, kiszáradt, ősi vízhálózat esetleges nyomaival, amely már a szomszédos mészkőfelszíneken nincs meg. Werfeni palás kőzetek társaságában azonban inkább felszíni lefolyás alakul ki rajtuk. A formák gyorsan fejlődnek a nagy esők és a hóolvadások miatt. Az Imotski-poljében a különbségek nagyon tiszták, mert DNy-on egymás szomszédságában vannak a karsztos és a normális formák, míg DK-en csak a mészkő korróziója uralkodik. A legtisztább mészkőhöz képest a dolomit viszonylagosan vizet át nem eresztő és lágy kőzet, s ez az ellentét mutatkozik meg az eltérő felépítésű poljeperemek formáin is.

A karsztkorrózió Roglic elméletében

Roglic a helyi kisebb karsztfennsík kialakításáért a karsztkorróziót teszi felelőssé (1936), bár korábban még elismeri a Livno-, a Duvna- és Imotski-poljék eróziós eredetét. Különösen a Livno- és a Duvno-poljék fejlődéstörténetében kap fontos szerepet a korrózió, mivel peremükön nagyon tiszta a mészkő, amely a távolabbi környék impermeabilis kőzeteiből származó vékony hordalék takarója alatt fekszik. Így e korróziós felszínek egyensúlyban állnak a felhalmozódás és a korrózió között, de ez az egyensúly igen gyorsan felbomolhat ponorok felnyílásával, amikor a víztömegek eltakarítják a mészkövet védő vékony vízátnemeresztő réteget, és így azután a korrózió meggyorsul. Fordítva, az idegen takaró megvastagodásával a korrózió lelassul.

Roglic fő problémája az, hogy vajon a korrózió a jelenkorban is lezajlik-e a dinári karszt nagy kiterjedésű mészkőtönjéin, amelyeket a szerző újabb időben kutatott. Utóbbi tanulmányaival kapcsolatban teljesen elveti a klasszikus karsztirodalomnak a folyami erózió karsztosodásra gyakorolt hatásával kapcsolatos téziseit, pl. az Una-, a Korana-felülettel és a Cepic-poljével kapcsolatos tanulmányában. Előzőek a Pleševica lábánál 21 km hosszúak, 1–8 km szélesek, 342–390 m magassággal (Baljevac-felület Cvičicnél, Petrovo Selo-felület Roglicnél). *Cvičic* (és tanítványa, *Bosnjak*) szerint e felszín tavi abráziós és a Bihaci-medencéhez csatlakozik, vagy pedig eróziós felszín az Una és a Korana révén.

Roglic viszont az alábbiakban soroztatja fel az abráziót és fluviális eróziót kizáró bizonyítékokat. 1. A harmadkori tavi üledékek az ősi tóparton, a medencetér szin felett 340 m-ig érnek fel. A fiatal üledékek, melyek utólagos kéregmozgásokkal is diszlokálódtak, csak a tektonikus medencékben maradtak fenn és nem kapcsolódnak az eredeti tóhoz. A *Bihaci*-medence pedig az azt környékező harmadkori rétegekbe besüllyedt még fiatalabb medence. 2. Másfelől ez a felszín metszi a másodkori mészkőfelszínen kívül a harmadkori üledékfelszint is, és az Una és a Korana kanyonja mentén terjeszkedik. Nem érthető így az, hogyan terjeszkedhet egy tavi abráziós felszín oly messze a tavi határon is túl, kb. Slunjig. A tavi medence hamar kitöltődött abráziós törmelékkel, amely *Katzer* szerint oligomiocén, helyesebben azonban pannóniai. Majd, fiatal kéregmozgások révén megszünt a tó. 3. A felszín nem folyami eredetű, nem terjed messze túl a Kulpán és a Koránán, nem hajlik le a hegység lábánál a völgyekbe, nem takarja elhintett folyami hordalék (kvarckavics), nincs rajta nyoma ősi vízhálózatnak, nem képzelhető el, hogy kevés hordalékkal hogyan voltak képesek a folyók olyan simára letarolni és oly nagy kiterjedésűre alakítani, nem folytatódik a karszton túl teraszok formájában. De, a folyók irányában lejtősödik. 4. A mészkő minél tisztább, annál síkabb és tökéletesebb a felszín. De, a poljékban sok felszíni víz esetén és idegen kőzettakaró védő hatása miatt nincs korrózió, hanem sűrű eróziós hálózat alakul ki, amely a védő takaró távozásával karsztosodásba megy át. (*Terzaghi* is ismertette már ilyen jelenséget *Gackoból*). Tektonikai nyugalmi szakaszokban a vízfolyások esése itt is kicsiny, egyensúly is van a hordalék és a kiürítésben szenvedő süllyedék között, és a bűvőpatkok kitágítják a felszint, mielőtt lenyelődnek. Így az alluviális-korróziós felszínek egyesülnek is fejlődésük végén, és a térszín hasonlít a mai, mocsaras poljefenekekhez. *J. Cvičic* pl. Kistanjenél a mai Neretva-delta kitöltő hatását ismerte fel. A felszín laterális erózióval szélesedik ki a legerősebben korródáló részekben, akár a poljékban, ezért a korróziós felszínek szélei a legmélyebb részeknek látszanak.

Kis polje víznyelőkkel Cetinjétől nyugatra. (Láng S. felvételei)



Így azután a *humok* is a legszárazabb, vagy a legkiemelkedőbb oldalakon vannak, ahol a legkedvezőtlenebb a korrózió, ugyanúgy a lefolyások felé eső oldalon is. Ez a felszín a magaslatok rovására terjeszkedik, amelyek így korróziós peremek. 5. Mai éghajlaton ez a folyamat nem mehet végbe. Ugyanis lényeges tényező a nem mészköves szomszédság nagy víztartaléka, amely a mészkő határzónáján érvényesül, különösen meleg, de nem szükségképpen nedves éghajlaton, tekintettel az impermeabilis, de vízben gazdag szomszédságra. Ilyen felszínt írt le *Wissmann* trópusi, felszáraz éghajlaton, még Jamai-cában, Tonkinban, Jáván is előfordulnak, nedves éghajlat mellett is létrejöttek. E felszínnek kora — a Neretva kanyon fluvioglaciális hordaléka (würm) alapján würm előtti, mert a kanyon régebbi bevágódás, a felszínnek pedig még idősebbek. Az Una- Korana közötti felszín, mivel metszi a pannon ösztetet és az ezt tagoló tektonikai vonalakat is, még fiatalabb. Tehát a koruk felsőplocén, *Roglic* szerint és hasonló korú a *Cetina*-kanyon körüli felszín is, *Omislaj* mellett. Öslénytani érvek is emellett szólnak (p. 114, Erdkunde). Tehát e felszínnek trópusi karszt tanúi, maradványai, kivételesen tiszta mészkövön. E felszínnek a Grund-féle fő karsztvíznívótól függetlenül jöttek létre. Kialakulásuk előfeltétele a bő csapadék, az alluviumok nagy kiterjedése, a bő növényzet, a meleg éghajlat volt, és a bőséges biológiai-kémiai mállásfolyamatok kiterjedt jellege is. A málladék viszont a bő csapadék-víz révén lemosódott a függőleges repedésekbe, a diaklázisokba, ezért a korróziós felszínnek egyformán kialakulhatnak a zárt mélyedésekben is.

A negyedidőszak fontossága a dinári karsztfejlődésben

A nagy elsüllyedések fontos szerepük voltak a felszínalakulásban a dinári karszt területén. Az Imotski- és a Duvno-poljék periglaciális kitöltései jelentősek voltak. Montenegró és Hercegovina magas poljéiben a fluvioglaciális anyagok eltakarták a würm előtti karsztos formákat, mint pl. a Cetinje, a Njegus, a Duvno, és a Grakovo-poljében (az Orjen lábánál) 695—780 m-en kavicstakaró szakít meg több alluviumot. Ezenkívül az eljegesedésekkel megváltozott az erózió és az akkumuláció ritmusa is, és ez pl. a mocsaras poljék alján meg is gyorsult. Jelentékeny hatásúak voltak az Adria glaciális-eusztatikus színtingadozásai is, pl. parti poljék fejlődésében (Cepic).

Utóbbi polje fejlődése *Roglic* szerint az alábbi volt: Isztria mészkötönkjén a vízfolyások a mészkő- és a palazóna hatásán eredtek, a völgyek a mészkő-felszínen karsztosodtak, így a Pazin-patak elnyelődött és egy kanyonvölgyben lépett elő újra, a Boljniscica pedig a Plomin-csatornát érte el, utána ez is karsztba torkollt: a polje D-i részén levő ponor lefelé a völgyön a kiszáradást idézte elő, míg felfelé völgyi továbbfejlődés volt. A bemélyedt ria-völgyek alapján, a völgyek a glaciális tenger alacsonyabban levő szintjéig vágódtak be. Majd a posztglaciális tengerszint-emelkedéssel a ponorok feletti tó mindjobban feltöltődött, legnagyobb mélységét is a helsejében és nem a szélei felé érte el, ahol kaptura

történt a Rasa-patak javára, a kanyon törmelékkel töltődött ki. Az éghajlat szárazabbá válásával a tó szintje a Rasa alluviumának szintje alá süllyedt és a vizek D felé, kis nyelőképességű ponorokba jutnak. Jelenleg mesterséges a tömedence kiszáritása alagút (Plominba) és csatorna (Rasa) révén. *Roglic* szerint ez a fejlődésmenet is a Grundwasser-elmélet ellen szól, könnyen feltételezhető, hogy a 24 m-es magasági víztükör felszín alatti járatoknak köszöni létét. Azt hihetnők, hogy az alagúttal a víz végérvényesen távozik és a polje kiszárad. De a tó mégis létezik, de nem az állandó karsztvízszint közelsége miatt, hanem a Boljniscica által szállított víztömegek stagnálása következtében és a nyelők pusztulása miatt is, amelyek elvezetnék a vizet.

A *Plitvicei-tavak*, a Korana felső völgyében fekszenek, a kanyonvölgy a felsőplocén korróziós zónájában mélyült. *Roglic*, a tóparti mésztufa *Bryum*- és *Cratoneuron* moha-kövületei alapján, amelyek elősegítik a travertino kiválását, azt mutatta ki, hogy a felső tavak vizét is visszatartó plitvicei mésztufa kiválása rendkívül gyors, de még gyorsabb a pusztulása, így a formák jelenkoriak. Valóban, a würmi eljegesedés maximumaikor, periglaciális körülmények közepette, vagy pedig laza dolomit jelenlétében valószínűleg gyorsan feltöltődhetek a tavak. Bár semmiféle kitöltő anyag nem emelkedett ki, feltételezhető, hogy a tavak nem élhették át a glaciálisokat, mert még ki sem alakultak és a periglaciális törmelék is gyorsan távozott a völgyön lefelé. Csak a posztglaciális felmelegedéssel és a mohok meglepedésével kezdődhetett a mésztufagátak épülése. *Gavazzi* (1903) szerint se interglaciális, hanem posztglaciális e tavak képződése. A travertino képződés dolomitos kőzetén, erdős, szelíd klímájú, humuszos környezetben kedvező, mikroorganizmusok közreműködésével.

A Niksic-polje fejlődését újabban — *Cvijic*, *Besic* és *Katzer* után *B. Radojic* tanulmányozta, fúrások segítségével. A poljefenék mészköve 4—81 m mélyen fekszik, közben agyag, homok, kavics és tarka konglomerát települ, amelyek a polje főfolyójának, a Gracanicának würmkori hordalékai. A hatalmas kitöltés eltönte a mellék völgyek torkolatát is, ahol tavak duzzadtak fel, agyagos üledékekkel. A fiatal hordalék betakarta a kemény mészkőből álló, meleg, felszáraz éghajlaton képződött idősebb korróziós felszínt, amikor a korrózió számára jó feltételek voltak.

I R O D A L O M

- ROGLIC, J.*: Les surfaces de corrosion dans le karst dinarique. IGU. Proceedings, 366-369. (1957)
ROGLIC, J.: Neki osnovnij problemi Krasa. Izv. o. radu IV. kongr. geogr. FNRJ. Belgrade, 1956.
 Report of the Commission on Karst Phenomena. IGU. 18e. 19e—Congres.
ROGLIC, J.: Korrosive Ebenen im Dinarischen Karst. Coll. de morph. karst. de Francfort. Erdkunde VIII. 2. 1954.
MILOJEVIC, S.: Hidrografška vesa Cetinjskog Polja sa Rijkom Ceojevica. Gl. Geogr. Dr. XX. 1934.
KAYSER, K.: Morphologische Studien in Westmontenegro. Ztsch. d. ges. d. Erdk. zu Berlin. 1932—1934.
CVIJIC, J.: Istorijski pregled o ispitivanju karsta. Gl. Geogr. Dr. X. 1924.
CVIJIC, J.: Das Karstphänomen. 1893.