

JOZEF JAKÁL

PREHLAD NÁZOROV NA VÝVOJ KRASOVÝCH ÚZEMÍ A ICH ODRAZ
VO VÝSKUME KRASU SLOVENSKA

Pri výskume krasu sa dlhé roky vychádzalo z tzv. klasickej krasovej geomorfológie, ktorej zakladateľom bol J. Cvijić a pod vplyvom jeho diela dlho stál vývoj názorov u ďalších bádateľov. Až v posledných troch desaťročiach vnášajú sa nové prvky aj do výskumu krasu, a to hlavne z aspektu klimatickej geomorfológie. Predložená práca má za úlohu podať aspoň stručný prehľad názorov na vývoj krasového fenoménu, predovšetkým z hľadiska najnovších výskumov, aj keď staršie názory nebolo možné opomenúť kvôli ucelenejšiemu pohľadu na vývoj výskumu, či už krasovej hydrografie, alebo geomorfológie. Opieral som sa zvlášť o našu dostupnú literatúru a nemeckú literatúru, ako aj niektoré podstatnejšie práce z francúzskej a sovietskej literatúry. Úmyselne som potlačil rozsah tzv. klasickej krasovej geomorfológie, ktorá je zhrnutá v práci J. Kunskeho *Kras a jeskyně* (1950) a zameral som sa hlavne na otázky odpovedajúce súčasnému trendu vo výskume krasu. Predložený článok má za cieľ uľahčiť orientáciu v krasovej literatúre záujemcom o štúdium krasu a pomôcť im vniknúť do tejto problematiky. Autor predkladá len stručný výťah zo širšej práce, ktorá bola súčasťou aspirantského minima.*

VÝVOJ KRASOVÉHO VÝSKUMU

Výskum krasu prešiel viacerými obdobiami, ktoré sa od seba líšia spôsobom nazerania na krasové javy a ich genézu. Keď odhliadneme od krátkych zmienok, ktoré sa v staršej literatúre dotýkali väčšinou len jednotlivých krasových javov a jaskýň, môžeme vyčleniť tri obdobia.

I. Do prvého obdobia zahrnujeme etapu od polovice 19. stor. až do vyjdenia Cvjićovej práce *Das Kartsphänomen* (1893). V tomto čase sa autori zamerali len na opis krasových foriem, ako napr. krasových jám (závrtov) — A. Boul (1861), škrapov — A. Heym (1877), jaskýň — B. Daukins (1876). Regionálny charakter majú práce D. Stacheho (1889), E. Moisisovitza (1880), E. Tietza (1880) z Dinárskeho krasu, E. Martella (1880—1891) z Caussekeho krasu. Pokus o spracovanie krasového fenoménu všeobecne urobil F. V. Richthofen (1886) a De la Noë — de Margerie (1880). (Citované podľa J. Cvjića *Das Karstphänomen*.)

II. Druhé obdobie sa začína vyjdením spomenutej Cvjićovej práce a trvá do začiatku

* Milou povinnosťou je touto cestou poďakovať za cenné rady a pripomienky doc. Dr. E. Mazúrovi, DrSc., pod vedením ktorého som túto prácu robil.

päťdesiatych rokov tohto storočia. Cvijičova práca sa stala základom klasickej krasovej geomorfológie. Jej význam nie je len v tom, že zhrnuje a kriticky hodnotí predchádzajúce práce a je prvou štúdiu opisujúcou krasový fenomén všeobecne s klasifikáciou foriem, pri ktorej autor prihliadol aj na ich genézu, ale tiež v tom, že sa stala základným dielom pre každého, kto sa vedecky zaujímal o problematiku krasu. Na spomínanú štúdiu nadväzujú mnohé ďalšie, z ktorých veľmi významné je dielo z roku 1918 (23). Aj napriek niektorým nedostatkom Cvijičovho diela jeho názory ovplyvňujú vedecký výskum ešte aj dnes.

Druhým velikánom tejto doby bol A. Grund (1903, 1914), ktorý významne zasiahol do problematiky krasovej hydrografie svojou teóriou o jednotnej hladine krasových vôd. Nemenej dôležitá je jeho práca o krasovom cykle, pri ktorej vychádzal z klasického Davisovho geomorfologického cyklu. L. Sawicki (1908, 1909) sa pričínil významnou mierou o výskum Slovenského krasu, ale aj Dinárskeho a Causseského krasu. Na základe výskumu týchto oblastí stanovil dva druhy krasového cyklu. Z významnejších našich geomorfológov zaujal popredné miesto J. V. Daneš (1905, 1912, 1914, 1915), ktorý sa venoval výskumu tropických krasových oblastí a Dinárskeho krasu. Otázkou vývoja krasu sa zaoberal A. Penck (1904). Staršie názory na krasovú hydrografiю podlomila teória O. Lehmann (1932), ktorý nadväzuje na F. Katzera (1909) a vyvracia teóriu o jednotnej hladine krasovej vody. Z ostatných zasluhujú zmienku práce M. Eckerta (1898), H. Krammera (1902), N. Krebsa (1910, 1929), H. Lindnera (1930) a z našich M. Lukniša (1945) a J. Kunskeho (1950).

III. Posledné obdobie, ktorého začiatok možno klásť do päťdesiatych rokov tohto storočia, znamená nástup systematického výskumu krasu, ktorého smer vytýčili konferencie krasovej komisie r. 1953 a 1956. Treba však zdôrazniť, že už H. Lehmann (1936) otvoril éru klimatickej krasovej geomorfológie a charakterizuje reliéf tropického krasu a krasu miernej klimatickej zóny. Výskum sa uberá dvoma smermi. Prvý chápe proces krasovatenia ako čisto korozívny, druhý ako korozívno-erozívny. Ako vidieť, oba smery sa od seba líšia rozdielnym chápaním vlastného procesu krasovatenia a s tým súvisiacou rozdielnou rýchlosťou procesu krasovatenia v jednotlivých klimatických zónach. Týmito otázkami sa zaoberajú práce A. Bögliho (1951, 1960, 1964), H. Lehmann (1954, 1956), P. Birota (1954), H. Harrassowitz (1954), J. Corbela (1959), M. Swetingovej—A. Gerstenhauera (1960), J. Šillara (1963), F. Bauera (1964), O. Štelcla (1964), A. Gerstenhauera—K. Pfeffera (1966).

Pod vplyvom tendencií klimatickej geomorfológie sa výskum zamerával najmä na oblasti, kde sa počas vývoja krasu podstatne nemenili klimatické podmienky a je tu predpoklad výskytu „čistých foriem“. Najlepšie výsledky sa dosiahli v tropických oblastiach, v ktorých pracoval H. Lehmann (1953, 1954, 1955, 1956), H. Lehmann—M. Sunartadirdia (1960), H. Wissmann (1954), A. Gerstenhauer (1960), J. Šillar (1960), F. Gellert (1966), V. Pánoš—O. Štelcl (1967) a ďalší. V studených klimatických oblastiach to bol predovšetkým J. Corbel (1957, 1959, 1960), S. Koružujev—S. Nikolajev (1957). Vo vysokohorských krasových oblastiach A. Bögli (1951, 1960), C. Rathjens (1951, 1954), J. Corbel (1957), E. Mazúr (1962). V horúco-suchých oblastiach H. Wissmann (1957), N. A. Gvozdeckij (1957), M. J. Epifanov (1965).

Najviac prác sa dotýka krasových území z miernych klimatických oblastí, ktoré postihli počas vývoja krasu viaceré klimatické zmeny. Spomeňme aspoň týchto najdôležitejších autorov: J. Büdel (1951), A. Melik (1952), J. Roglič (1954, 1956, 1957, 1960), C. Rathjens (1954, 1960), J. Corbel (1954), N. A. Gvozdeckij (1954, 1964), K. Kayser (1955), H. Louis (1956 a, b), V. Klaer (1957), H. Lehmann (1959), D. Warwick (1960), J. Zötl (1960, 1964), V. Pánoš (1961, 1962), D. S. Sokolov (1962), G. A.

Maksimovič (1963), O. Štelcl (1963), J. Gams (1965), S. Morawetz (1965), K. Pfeffer (1967).

História výskumu krasu Slovenska nie je zvlášť bohatá, aj keď ju možno datovať od čias L. Sawického (1908, 1909). Slovenský kras sa po Sawickom stal predmetom štúdia F. Vitáska (1930), Z. Rotha (1939), J. Kuského (1939), J. Janáčka (1941), S. Langa (1949). Z novších prác sú významnejšie práce J. Seneša (1957), A. Keményho (1961), M. Lukniša (1962) a ďalších. Z ostatných krasových oblastí preskúmali najmä Nízke Tatry A. Droppa (1957, 1962), D. Kubíny (1959). Monograficky spracoval Slovenský raj M. Lukniš (1945), ktorý sa venoval aj výskumu Malých Karpát (1946) a Tisovského krasu (1948). Krasové oblasti Malej Fatry zahrnul do svojej širšej monografie E. Mazúr (1963). Problematiky vysokohorského krasu sa dotýkajú práce J. Sekyru (1954), D. Loučka (1956) a E. Mazúra (1962).

Uviedli sme len stručný výpočet najdôležitejších štúdií, pretože s početnými prácami, ktoré obsahujú predovšetkým kvantum faktologického materiálu, sa stretáme či už v odborných časopisoch, ako sú Geografický časopis, Československý kras, Ochrana prírody, alebo v populárnych, ako sú napr. Krásy Slovenska.

PROCES KRASOVATENIA

Krasový reliéf je výsledkom špecifických procesov typických len pre krasovú krajinu. Základným morfolofickým procesom je chemické rozpúšťanie karbonatických hornín. Vápenec, dolomit, sádrovec, soľ kamenná, ako aj niektoré menej čisté horniny s obsahom CaCO_3 , ako vápnité zlepence, pieskovce a sliene, krieda a čiastočne aj vápnitá spráš sú vhodným podkladom pre tento proces (63). Vývoj krasovej geomorfológie je v štádiu, keď sa zdôrazňuje podiel klímy pri vzniku krasového reliéfu a pozornosť bádateľov sa upriamila na sledovanie procesov krasovatenia v jednotlivých klimatických oblastiach. Vychádza sa z toho, že v každej klimatickej oblasti sú určité charakteristické črty reliéfu a rôznej stupeň skrasovatenia vápencov, čo by malo poukazovať aj na rozdielny priebeh a rýchlosť krasového procesu. Pre priaznivý vývoj krasu musia byť splnené určité podmienky, ktoré ovplyvňujú jeho vývoj.

Hornina. Hlavným predpokladom pre krasovatenie je prítomnosť rozpustnej horniny. Dôležitosť chemickej čistoty vápenca zdôraznili viacerí autori (42, 71, 75, 40). Aj nepatrná prímes MgCO_3 môže viesť k značnej zmene rozpúšťacej činnosti (40). Určitý vplyv na rýchlosť krasovatenia treba pripísať štruktúre vápencov (37). Rozdielne vlastnosti hornín sa prejavujú v tej istej klimatickej oblasti aj v reliéfe. V priaznivejších horninách pre krasovatenie vznikajú depresie oproti menej náchylným horninám na krasovatenie. Tento proces súvisí s otázkou zrýchlenej korózie (35). Ako vidieť, vplyv horniny na rýchlosť rozpúšťania je veľmi variabilný a súvisí s celým radom faktorov.

Proces krasovatenia tiež ovplyvňujú úložné pomery vápenca, mocnosť krasovej komplexu a jeho tektonická polámanosť. Nepriaznivo ovplyvňujú krasovú hydrografiю, a tým aj krasovatenie vložky menej priaznivých hornín pre rozpúšťací proces vo vápencovom masíve.

Klíma. Klíma je ďalším dôležitým faktorom pre vznik krasu. Je len samozrejmé, že v oblastiach s väčším množstvom zrážok je krasovatenie intenzívnejšie. Určitú úlohu však hrá aj rozloženie zrážok počas roka. Nevyjasnená je zatiaľ otázka vplyvu teploty na proces krasovatenia (8, 19). Klíma však pôsobí na rozpúšťaciu reakciu aj nepriamo cez pôdy, vegetáciu a mikroorganizmy, ktoré od nej závisia (37, 8, 65).

Reliéf. Za predpokladu priaznivých predchádzajúcich podmienok reliéf usmerňuje proces krasovatenia a vplýva na rozšírenie vegetácie a pôd.

Pôdy. Na jednej strane pôdy spomaľujú rozpúšťací proces tým, že zabraňujú priamemu styku zrážkovej vody s vápencom, na druhej strane však napr. humózne pôdy silne obohacujú vodu o CO_2 (8, 19).

Vegetácia a mikroorganizmy obohacujú vodu o CO_2 a organické kyseliny, najmä v horúcich vlhkých oblastiach a zosilňujú rozpúšťací proces (8, 72, 37, 40, 117). Bujná vegetácia však vplyva na tento proces aj negatívne tým, že urýchľuje vyparovanie zrážkovej vody.

Ako vidieť, rozpúšťací proces ovplyvňuje celý rad prírodných komponentov, ktoré sa navzájom doplňujú.

V staršej literatúre sa vlastný proces krasovatenia vysvetľoval jednoduchou schémou. Voda obohacovaná o CO_2 , prijatý zo vzduchu, sa chová ako slabá kyselina uhličítá. Pôsobením tejto kyseliny na vápencem vzniká kyslý uhličitan vápenatý, ktorý je vo vode rozpustný. Otázku rozpúšťania vápencu naposledy rozpracoval A. Bögli (1961). Pri rozpúšťaní ide o reakciu iónov, založenú na ich vzájomnom vyrovnávaní. Celý proces prebieha v štyroch chemických fázach.

Vráťme sa však k závislosti procesu krasovatenia od klímy. Vynárajú sa dva odlišné názory. Zástancam prvého je Corbel (19), ktorý odôvodňuje väčšiu rýchlosť krasovatenia v studených oblastiach oproti teplým tým, že účinkom chladu je rozpúšťanie intenzívnejšie, pretože CO_2 ako podstatný činiteľ rozpúšťania je rozpustnejší v chladnej vode, ktorá je ho schopná prijať viac ako voda teplá. Na základe početných meraní dochádza k záveru, že v teplých oblastiach je potrebné až 10-krát viac zrážok ako v studených, aby skrasovatenie bolo rovnaké. Naproti tomu H. Lehmann (71), ako aj ďalší autori (8, 37, 38) zdôrňujú väčšiu rýchlosť krasovatenia v tropických oblastiach a vysvetľujú to tým, že teplá voda získava vysoký obsah CO_2 z mikroorganizmov a je obohacovaná o rôzne kyseliny, ktoré urýchľujú krasovatenie. Príčinu rozdielnosti názorov treba vidieť vo viacerých otázkach. Predovšetkým si treba uvedomiť, že rozpúšťanie vzrastá pri rastúcom styčnom čase vody s horninou a s pribúdaním koncentrácie kyseliny, pričom treba brať do úvahy aj teplotu vody (37). Rozdielne výsledky zapríčinili nerovnaké metódy používané pri meraní a tiež rozdielnym názorom na vlastné krasovatenie. Keď Corbel udáva väčšiu rýchlosť krasovatenia v studených oblastiach, myslí tým celkový odnos vápencu tak cestou chemického rozpúšťania, ako aj erozívnym procesom. Druhá skupina autorov (8, 37, 71, 72) chápe krasovatenie ako proces čisto korozívny bez vplyvu erózie, a tak možno vlastne rozpúšťanie a krasovatenie stotožňovať. V prírode však ťažko oddeliť korozívny a erozívnym proces od seba, pretože môžu v určitom čase a priestore pôsobiť naraz. Určité svetlo do tejto problematiky by mohli vniesť merania z miernych klimatických oblastí, ktorých je zatiaľ však veľmi málo (97, 120). Je však nevyhnutné, aby sa v budúcnosti merania robili rovnakými metódami a ich výsledky boli tak porovnateľné.

V tejto kapitole sa treba aspoň stručne zmieniť o tzv. zmiešanej korózii, ktorou A. Bögli (10) vysvetľuje doteraz nejasné otázky rozpúšťania vápencov v podzemí a rozširovanie puklín stále zaplavených vodou bez možnosti prístupu vzdušného CO_2 . Zmiešaná korózia spočíva v zmiešaní dvoch vôd nachádzajúcich sa v rovnováhe o rôznej koncentrácii Ca v podzemí. Určitá časť ekvivalentného CO_2 sa po zmiešaní vôd premení v agresívny. Taktó môžu aj vody s vysokou koncentráciou opäť nadobudnúť koróznym účinkom. Najpriaznivejšie pre vznik zmiešanej korózie sú také oblasti, v ktorých vedľa seba vystupujú krasové terény porastené a odkryté, pretože sa tam stretá voda bohatá a chudobná na CaCO_3 . V takýchto regiónoch sa vyskytujú aj najväčšie jaskyne sveta, napr. Höllloch (78 km dlhá, Švajčiarsko), Collossal Cave (59 km, USA) a u nás sústava Domic-Baradlá (21 km).

V predošlej kapitole sme hovorili o procese rozpúšťania vápenca, v dôsledku ktorého dochádza k rozširovaniu puklín, vytváraniu podzemných priestorov, a tým k celkovo väčšej hydrografickej schodnosti krasovejúceho komplexu a podzemnému odvodňovaniu územia. Výskum krasových vôd a rôzne teórie sa datujú od začiatku výskumu krasu (41, 50, 23, 75). Staršie teórie boli výsledkom pozorovania povrchových vôd, či už vnikajúcich do podzemia, alebo opätovne vystupujúcich na povrch v krasových prameňoch alebo vyvierackách. Až neskôr sa pomocou farbivých metód, výskumom jaskýň, geofyzikálnymi metódami a vrtnými prácami podarilo objasniť niektoré otázky krasovej hydrografie a poopraviť staršie názory.

Prvým, kto podrobnejšie rozpracoval otázku krasových vôd, bol A. Grund (41), ktorý pokladal vodu vsiaknutú do vápenca za druh spodnej vody, ktorá sa tu hromadí a vytvára súvislú hladinu obdobne, s akou sa stretáme pri kyprých horninách. Výkyvy tejto hladiny závisia od rozloženia zrážok počas roku. Grund predpokladal dve hladiny spodnej vody. Dolnú stálu hladinu, ktorá je hranicou k stálemu povrchovému odvodňovaniu a hornú hladinu, ktorá dosahuje úroveň občasných prameňov, resp. siaha nad dno polí, ktoré sú tak zaplavované v čase zrážok.

Oproti tejto teórii vystúpil F. Katzer (50), ktorý poprel existenciu spodnej krasovej vody so súvislou hladinou. Podľa neho presaková voda sa spája v podzemí v spleť uzavretých kanálov a dutín, a vytvára tak samostatné podzemné vodné toky.

J. Cvijíc (23) stanovuje pre krasové oblasti tri hydrografické zóny. Spodná zóna má pukliny a dutiny stále vyplnené vodou a siaha až na styk s nekrasovým podložím. V strednej zóne sú dutiny vyplnené vodou len v čase dažďov. Vo vrchnej zóne slúžia pukliny k presakovaniu vody v čase dažďov. Z uvedeného vyplýva, že J. Cvijíc predpokladá cirkuláciu vody v celom masíve vápenca. J. Roglič (106) podporuje tento názor a uvádza ďalšie fakty. Na viacerých miestach bola cirkulácia vody dokázaná či už vrtní, alebo geofyzikálnymi metódami až v hĺbkach 2000—3000 m. Na druhej strane v susedstve mora v hĺbke 700 m pod hladinou boli zistené suché priestory, z čoho vyplýva, že cirkulácia krasovej vody nezávisí od morskej hladiny (potvrdzujú to aj staršie názory).

Najvýstižnejšie charakterizuje krasovú hydrografiou O. Lehmann (75), nadväzujúc na F. Katzera. V počiatočnom štádiu vývoja hydrografickej schodnosti krasového územia predpokladá povrchový odtok vody s normálnou riečnou sieťou. Až po rozšírení puklín a ich vzájomnom pospájaní môže nastať podzemné odvodňovanie. V podzemí krasového územia vznikajú dráhy tečúcej vody s množstvom rozdvojených ciev a tvoria spolu so spojovacími cestami, ktoré sú miestami rozšírené, miestami zúžené, komplikovanú sieť ciev. Týmto systémom preteká voda pomaly a voľné podzemné toky sa uplatňujú len na dne väčších dutín. Výška tlakovej hladiny vody nie je v rôznych cievach rovnaká a závisí od prierezu dutín a rýchlosti pretekajúcej vody. Vody z povrchu môžu viesť k rôznym od seba oddeleným systémom ciev, ktoré spolu nesúvisia. Každý uzavretý puklinový systém tvorí vlastné krasovo-vodné teleso. Susedné dva systémy môžu mať rozdielne výšky tlakových hladín. Do hĺbky sú tieto systémy vzájomne pospájané. Keď sú pukliny dostatočne rozšírené a prekážky spôsobujúce tlakové prúdenie odstránené, nastupuje voľné prúdenie v podobe jaskynných riek. Toto štádium nazýva autor degradovanou krasovou hydrografiou.

V súvislosti s výskumom jaskýň nadväzuje na túto teóriu A. Bögli (11), ktorý zisťoval priaznivé zóny krasových vôd pre vznik jaskýň. Predpokladá určitý piezometrický povrch krasových vôd (v zmysle angloamerickej nomenklatúry). Priestor nad ním sa nazýva

vados, pod ním freatický priestor. Freatický priestor možno deliť na vysokofreatický s väčšou rýchlosťou tečúcej vody a nízkofreatický s malou rýchlosťou tečúcej vody. Piezometrický povrch leží nielen miestne rôzne vysoko, ale varíruje aj v čase. Najnižšia jeho hranica je priestor trvale vyplnený vodou, najvyššia hranica je vyplnená vodou len v čase záplav. Zóna medzi týmito dvoma hranicami je dôležitým priestorom pre vznik jaskýň.

Tiež v sovietskej literatúre sa venuje veľa miesta otázkam krasovej hydrografie a autori vysvetľujú príčiny zonálnosti krasových vôd (86, 87, 117).

Zonálnosť krasových vôd úzko súvisí s cirkuláciou vody. Do akej miery závisí cirkulácia vody, a teda aj zonálnosť od hladiny mora, sme už hovorili. Určitú závislosť cirkulácie však treba predpokladať v jej vzťahu k tzv. Vorflutter (odvodňovacie toky), ktoré zároveň tvoria aj miestnu eróznú bázu. V mnohých krasových oblastiach hĺbková korózia, prehlbovanie krasových foriem prestáva po dosiahnutí ich úrovne a nastupuje horizontálne podrezávanie. Výška úrovne vody v jaskyniach stúpa s rastúcou vzdialenosťou od Vorflutter (dôkazom pre tento vzťah sú aj jaskyne úrovne odpovedajúce terasám na povrchu). Na mnohé otázky však zatiaľ nie je možné jednoznačne odpovedať. Ich vyriešenie však pomôže aj pri riešení geomorfologických problémov.

KRASOVÝ CYKLUS

Všetky staršie teórie o krasovom cykle (24, 42, 96, 110) vychádzali z klasického geomorfologického cyklu Davisa. A. Grund (42) podrobne analyzuje jednotlivé štádiá krasového cyklu a vymedzuje v nich rozsah a stupeň krasovatenia. Pre štádium mladosti dáva za príklad Slovenský kras a Dinársky kras s množstvom krasových jám (závrťov). Pre štádium neskorej mladosti predpokladá väčší rozsah krasových jám a ich pospájanie v úvaly. Za štádium zrelosti pokladá Coptický kras na Jáve. V štádiu staroby je krajina zarovnaná a len miestami vystupujú izolované nižšie kopce. Podobne chápal krasový cyklus aj ďalší autori (24, 96). Nedostatok tejto teórie je v tom, že tu nejde o vývojový rad foriem z jednej klimatickej oblasti, ale kladú sa za sebou do jedného cyklu určité štádiá vývoja krasu z rôznych klimatických zón.

Rozdielna pokrytosť Slovenského krasu a Dinárskeho krasu viedla L. Sawického (110) k určeniu dvoch druhov krasového cyklu. Pre Slovenský kras predpokladá: 1. podcyklus erózný, keď nerozpustné zvyšky upchali pukliny, a prestalo krasovanie, povrchové toky odnášajú zvetraliny; 2. korózný podcyklus nastupuje po odnesení zvetralín, a nastáva opäť hĺbkové krasovatenie. Striedaním oboch cyklov dochádza k znižovaniu krasovej krajiny. Pre Dinársky kras predpokladá normálny krasový cyklus.

Novšie sa vracia k cyklu (aj keď nie v klasickom zmysle) J. Corbel (19), ktorý sa pokúsil zostaviť vývojový rad foriem pre teplé a vlhké oblasti. V rozdielnom tvare foriem vidí ich rozdielny vek. Určuje 4 štádiá vývoja krasu od začiatku krasovatenia cez vznik krasových jám a kôp až po krasové veže a udáva ich absolútny vek. Proti takémuto chápaniu sa postavili H. Lehmann—M. Sunartidardia (74), ktorí poukazujú na to, že v rovnakých klimatických podmienkach v dvoch susedných územiach sú vytvorené rozdielne krasové formy (príklad Celebesu, kde sú v susedstve pologulovité kopy a vežovitý kras). Kopy, ako aj veže sú pliocénneho veku a ich rozdielnosť tvaru spočíva v nerovnakej mocnosti vápencového komplexu nad odvodňovacími tokmi. Relatívny vek krasovatenia sa nedá vyčítať zo samých foriem (74).

Ako z predchádzajúceho vidieť, nemožno zatiaľ ani pre tropické krasové oblasti stanoviť vývojový rad foriem, aj keď sa kras vytváral za pomerne konštantných klima-

tických podmienok. Tropický kúželový kras treba počítať k rytmickému geomorfologickému fenoménu (124, 36), čo potvrdzuje systém kuželov, ktorých vrcholy sa nachádzajú v troch úrovniach nad sebou, odpovedajúcich vždy jednému štádiu vzniku kuželov v období tektonického pokoja.

Ako sme už uviedli, staršie chápanie zarovnávanía krasového územia sa odohráva cestou celkového znižovania krajiny vo vertikálnom smere. Neskôr sa táto otázka vynára v súvislosti vzniku krasových okrajových rovín, ktorú nastolil K. Kayser (51, 52) a ktorú rozpracovali ďalší autori (79, 37, 71, 74, 100).

Krasové okrajové roviny vznikajú na styku krasových a nekrasových hornín. Toky prichádzajúce z nekrasového územia prinášajú množstvo nerozpustného materiálu, ktorý upcháva krasové pukliny, a tak vody prenikajú až na styk s vápencom, ktorý korozívno-erozívnu cestou podrezávajú a steny vápencového masívu ustupujú. Je to vlastne proces pediplanácie (74, 78). V centre masívu dochádza po vertikálnom prehĺbovaní dutých foriem až na dosah úrovne odtokových kanálov zv. Vorflutter k zmene hĺbkového krasovatenia v horizontálne podrezávanie a rozširovanie dna krasových depresíí. Takýmto spôsobom dochádza k zarovnaniu pôvodného krasového reliéfu.

V tejto súvislosti sa dotkneme aj vzťahu fluvialnej erózie a krasovatenia. Z klasických prác (41, 97) vyplýva, že na vápenci dochádza striedanie fluvialnej erózie a krasového procesu. Podľa J. Roglića (104) na čistých vápencoch dochádza vždy len ku krasovému procesu cestou korózie. V územiach s menej čistými vápencami sa môžeme stretnúť s formami, ktoré vznikli potočnou eróziou vedľa foriem, ktoré vznikli v dôsledku presakovania vody. Takýto kras nazývame „Fluviokarst“ (106). Riečna erózia je v krase výnimkou a tvorí kaňonovité údolia, pretekané alochtónnymi tokmi. Dnes sú cudzím prvkom v priestore aj čase. Zdá sa však, že v krasových oblastiach, aj keď pôsobí predovšetkým korozívny proces, riečnu eróziu nemožno vylúčiť a stopy po nej nachádzame aj v čistých vápencoch tropického krasu (70). Obe zložky teda pôsobia v priestore aj v čase vedľa seba naraz.

KRASOVÝ FENOMÉN JEDNOTLIVÝCH KLIMATICKÝCH OBLASTÍ

Výskumy krasu sa v poslednom čase uberajú smerom klimatickej geomorfológie, ktorej výsledky dokazujú, že v každej klímomorfofenetickej oblasti vznikajú špecifické formy reliéfu, ktoré modifikujú vlastnosti hornín. V závislosti od zmien klímy sa mení aj odolnosť hornín voči zvetrávaniu.

Klasické práce (21, 42, 49, 96 atď.) vychádzajú z výskumu krasových oblastí, ktoré sa nachádzajú v miernych klimatických pásmach. Na základe týchto výskumov sa vytvorili niektoré teórie s nesprávnymi závermi, o ktorých sme sa už zmienili. Tieto teórie boli zovšeobecňované aj na ostatné krasové oblasti, nachádzajúce sa v rôznych klimatických zónach.

Na zvláštne formy tropického krasu upozornil J. V. Daneš (27, 28, 29). Rozdiel medzi krasom miernych klimatických oblastí a tropických klimatických oblastí prvý postrehol H. Lehmann (65). Za charakteristický znak miernych klimatických oblastí pokladá prevalu dutých foriem (krasových jám), pre tropické klimatické oblasti výskyt prevažne plných foriem (kuželov, veží). Výskum sa dnes zameriava práve na tie oblasti, kde je predpoklad, že klimatické pomery sa počas vývoja krasu podstatne nemenili. Patria k nim horúce vlhké tropické pásma, určitá časť púšte a chladné oblasti (periglaciálne a subniválne). V týchto klimatických zónach sa predpokladá, že počas tretohôr a štvrtohôr nedošlo k podstatným klimatickým zmenám. Naopak, v oblastiach dnešnej

miernej klímy panovala v treťohorách striedavo horúco-vlhká a horúco-suchá klíma, v štvrtohorách chladná (v glaciáloch) a mierna (v interglaciáloch).

Z tohto hľadiska bolo nešťastím, že krasový výskum vychádzal priamo z miernych širok, v ktorých sa krasový vývoj počas periglaciálu neprerušil, čo muselo zanechať určité stopy v reliéfe. Formy, ktoré sa nachádzajú v tejto oblasti, nemožno označiť ako „čisté“. V tropickom krase, naopak, možno takéto „čisté“ formy skôr očakávať a tiež začiatok krasovatenia možno späť datovať do pliocénu, resp. konca miocénu (72).

Na základe charakteristických tvarov reliéfu, zoskupenia foriem a procesu krasovatenia sa niektorí autori pokúsili vyčleniť klimatické typy krasu (72, 19, 56).

Kras oblastí horúcich vlhkých – tropických a subtropických. V krasových územiach Jávy, Kuby, Mexika a iných prebiehalo krasovatenie za pomerne konštantných klimatických podmienok. Veľké množstvo zrážok počas roka, vyššie teploty aspoň v dlhom lete a vzácnosť mrazov, umožňujú tvorenie kuželového krasu (124). Z takýchto podmienok rezultuje intenzívny krasový proces, ktorý posilňujú biologické kyseliny.

Charakteristickým znakom tropického krasu sú izolované kopy, kužele a veže, nahromadené na okrajoch krasového masívu v krasových okrajových rovinách a poljach. Z toho dôvodu sa často stotožňuje výraz tropický kras s kuželovým krasom. Formy tohto krasu majú tvar od pologulovitých kôp cez kužele až ku kolmostenným vežiam a boli opísané z viacerých oblastí (27, 124, 36, 37, 67, 71, 74, 95, 116). Rozdielnosť tvaru nie je daná rozdielnym vekom foriem, ale vlastnosťami hornín a ich úložnými pomermi (74). Kuželové formy nevystupujú len z dná rovín v úrovni „Vorflutter“, ale aj v centrálnych častiach pohorí vo viacerých úrovniach nad sebou (36, 124). Krasové kužele nemožno zamieňať s humami v Cvijičovom zmysle, pretože kuželový kras nie je vždy senilným štádiom vývoja krasu. Sú prejavom dlhodobého ustáleného cyklu vzhľadom na určitú eróznú bázu počas dlhšieho tektonického pokoja. Strmostenné formy sa viažu na miesta, kde prestala pôsobiť hĺbková korózia a vo zvýšenej miere nastúpila korózia a erózia bočná (37, 116). Novšie výsledky výskumu ukázali, že kužele nie sú vždy výsledkom korozívneho procesu vo vápencoch, ale priaznivé štruktúrne pomery napomáhajú selektívnej erózii, cestou ktorej sú vápencové kopy vypreparované z podložných nekrasových hornín (95). Na Kube, kde by malo podľa zásad klimatickej geomorfológie dochádzať k vytvoreniu len kuželového krasu, stretáme sa s odlišnými typmi krasu, a teda nie je správne stotožňovať tropický kras s kuželovým krasom. Podobne rozsiahlejšie polja sa viažu často na nepriepustné podložné horniny, vystupujúce na povrch.

Krasové oblasti horúcej a suchej klímy. Krasové formy nie sú tu dostatočne vyvinuté, pretože nedochádza k intenzívnejšiemu krasovateniu. Zapričiňuje to nedostatok zrážok, vysoké teploty a veľký výpar. V oblasti Hadramaut sú krasové formy vytvorené len na náhorných plošinách, vďaka búrkovým zrážkam. Za krasové formy možno označovať drobné jamky, ktorými je prederavený povrch plošín. Skalný povrch vápenca je pokrytý tvrdou kôrou, ktorá vznikla prekryštalizovaním vápenca pri styku vody s rozhorúčeným povrchom. Jaskyne sú zriedkavé a dnes nepokračuje ich ďalšia tvorba (125).

S odlišnými formami sa stretáme v Strednej Ázii (púšť Ust Urt). Vápencové masívy nevystupujú priamo na povrch, ale ich pokrývajú sypké útvary, čo predurčuje aj osobitné hydrografické pomery. Vyskytujú sa tu depresné formy o priemere niekoľko desiatok metrov, ale aj formy s priemerom niekoľko kilometrov a desiatky metrov hlboké. Podľa dimenzie a genézy sa tieto formy označujú ako kotliny, suché, doliny a polja (32, 44). Na holých vápencových skalách sa stretáme so škrapovými poliami. Odlišné geologické a geomorfologické pomery spôsobujú rozdielnosť foriem v oboch uvedených oblastiach.

Kras oblastí studených a subpolárných. Klíma v týchto oblastiach je pomerne suchá, ale aj pri slabých zrážkach je proces krasovatenia intenzívny. Vysoké percento CO₂ v chladnej vode, účinky gelivácie a soliflukcie zapríčiňujú veľký odnos vápencovej hmoty z krasovej krajiny. Erózia (v zmysle Corbela erozívny aj korozívny proces) prebieha v troch zónach. Na povrchu v zóne rozpúšťania (molisol) ležiacej nad zónou permafrostu prebieha tento proces vo forme ronú, v zóne večne zmrznutej pôdy vo forme ľadu a na báze večne zmrznutej pôdy vo forme tečúcej vody (19). Doprava vápenca sa deje buď v pevnej forme, alebo vo forme chemického rozpúšťania.

Zaujímavým javom v oblastiach večne zmrznutej pôdy je schodovité usporiadanie vápencov na svahoch, čo je subštruktúrneho pôvodu, alebo má príčiny v soliflukčnej zvláštnosti povrchu. Z krasových foriem môžeme v oblasti Laponska nájsť krasové jamy, priepasti, podzemné priestory a podzemné toky (18). Pokiaľ sa v permafrostovej zóne nachádzajú jaskyne, treba ich považovať za staršie formy z obdobia teplejšej klímy (72). Tiež na Sibíri v oblasti poriečia Leny môžeme stretnúť krasové jamy (57). V oblastiach, kde je vápenc pokrytý priepustnými horninami, krasovatenie prebieha len vtedy, ak hĺbka aktívnej zóny siaha pod pokryvné útvary. Krasový proces tu prebieha v zóne nad večne zmrznutou pôdou a sovietski autori hovoria o „nadmerzlotnom karste“ (57). Vo večne zmrznutej pôde v nezamrznutých častiach sa vytvára „medzimerzlotnyj karst“ a poniže tejto zóny pod večne zmrznutou pôdou vzniká „podmerzlotnyj karst“. Pre prvú zónu je typický kolmý pohyb vody, pre druhú horizontálny a pre tretiu sifónový pohyb vody.

Kras oblastí miernej klímy. Porovnanie rýchlosti krasovatenia s inými klimatickými usernameami nie je možné, lebo zatiaľ nemáme dostatočné množstvo meraní. Priebeh krasovatenia komplikuje skutočnosť, že popri chemickom rozpúšťaní má veľký vplyv mechanické rozrušovanie mrazom. Striedanie zimy a leta podmieňuje zvláštny krasový proces (106). V lete v dôsledku vysokých teplôt a vegetácie je veľké vyparovanie a vsakovanie vody je malé. V zime vsakuje voda ľahšie a rýchlejšie. Humus a sneh zosilňujú koróziu pozdĺž puklín, čím sa vyvolá tvorenie izolovaných priehlbín — krasových jám. Pri charakteristike krasového fenoménu týchto oblastí musíme vychádzať z území, ktoré spĺňajú základné podmienky pre tvorbu krasu. Takéto sú predovšetkým Dinársky kras, Causseský kras, Slovenský kras a iné. Je to dôležité z toho dôvodu, že mnohé krasové oblasti nespĺňajú „ideálne“ všetky podmienky pre krasovatenie, a tak sa vytvárajú rôzne podtypy so špecifickými vlastnosťami. Aj keď medzi spomínanými usernameami sú určite klimatické rozdiely, môžeme ich charakterizovať osobitne napriek tomu, že priebeh krasovatenia a jeho intenzita je v súčasnej dobe pravdepodobne odlišná. Rozhodujúce je, že v minulosti podliehali približne rovnakým klimatickým zmenám, z čoho vyplýva aj podobný geomorfologický vývoj. Základnou črtou týchto krasových území sú mohutné zarovnané krasové planiny, prederavené množstvom krasových jám a navzájom oddelené hlbokými kaňonmi.

Jedným z hlavných problémov, ktorý sa riešil v literatúre, je vznik poljí (21, 73, 79, 98, 102). Za základný proces ich vzniku sa pokladá korózia. Vlastnému procesu vytvárania poljí predchádzala fáza zarovňavania, v ktorej boli narezané staršie tektonické štruktúry. Tieto zóny sú zvlášť priaznivé pre krasový proces. Vhodným priestorom pre vznik poljí je styk dvoch hornín nerovnako náchylných na krasovatenie a tiež stará údolná sieť. H. Lehmann (73) rozlišuje podľa genézy tri druhy poljí: 1. Hochfläichenpoljen, 2. Talpoljen, 3. Semipoljen. Iní autori viažu vznik poljí na blízkosť výskytu vložiek nekrasových hornín vo vápencovom masíve a ich vývoj nespájajú s miestnou eróznou bázou ani s úrovňou podzemných krasových tokov (79, 102). Podľa J. Roglića (106) a A. Melika (92) polja nie sú typické pre kras, ale skôr výnimočné a nekrasovej

povahy. Vznikajú diferenciálnou eróziou na nekrasových horninách. Sú teda korelatívne a normálne formy pre horniny, na ktorých vznikli. Väčšina autorov (73, 103, 106, 102, 126) pokladá polja za staré predpleistocénne až pleistocénne formy, ktorých poglaciálny vývoj sa obmedzuje len na tvorbu krasových jám a prehlbovanie ponorov na ich dne (73). Za ďalšie rozširovanie dna poljí sa v súčasnosti prikláňa mnoho ďalších autorov (52, 4, 55). Vyššie položené polja sú často vyplnené glaciofluviálnymi uloženinami, ktoré zabráňujú ďalšiemu rozširovaniu poljí (102).

Veľmi diskutovanou je aj otázka kuželových a kopcovitých vyvýšení, ktoré vystupujú na okraji poljí, ale aj na vyššie položených zarovnaných planinách. Problematická je doba ich vzniku, resp. ich ďalšie tvorenie. Keďže dnešné krasové oblasti miernych klimatických pásiem boli pod vplyvom tropickej, resp. subtropickej klímy, je predpoklad, že v tomto období mohlo dochádzať k vytvoreniu tropického kuželového krasu (12, 85). S takýmito formami sa stretáme tiež na planinách Slovenského krasu. Podľa H. Lehmana (68) formy kuželov miernych klimatických oblastí dosahujú sklon strán 20–22°, kým tropické kužele majú stráne oveľa strmšie. Okrem toho chýbajú znaky po korozívnom podrezávaní. Treba však brať do úvahy tú skutočnosť, že počas pleistocénu došlo k značnému pretvoreniu foriem a mohlo nastať podstatné zmiernenie sklonov. Pre tropické krasové oblasti je charakteristické nahromadenie kuželov na malom priestore, kým napr. v Slovenskom krase a Dinárskom krase ide len o ojedinelé formy. Stretáme sa aj s názorom, že kuželové kopce môžu vznikáť v každej klimatickej oblasti. (95) Kužele na planinách Slovenského krasu by bolo možné pokladať za zvyšky tropických kuželov len z toho hľadiska, že vystupujú zo zarovnaného povrchu, ktorý bol formovaný za striedavo suchej a vlhkej subtropickej klímy. Ich tvar, rozptýlenosť výskytu, poloha oproti nekrasovému územiu, často jasné dôkazy selektívnej erózie sú proti takémuto stanovisku. Otázka pôvodu týchto foriem zostáva ešte stále otvorená.

Štúdium krasu v miernych klimatických zónach je teda sťažené tým, že nestačí sledovať súčasný stav vývoja krasu, ale sa treba pokúsiť o vyčlenenie zdedených foriem z predchádzajúcich klimatických období. Túto úlohu však komplikujú nevyjasnené problémy okolo zostavenia vývojového radu foriem aj pre klimatické oblasti, v ktorých sa kras vyvíjal za konštantných podmienok.

Kras vysokohorských oblastí. Vysokohorský kras sa viaže na vysoké pohoria miernej klimatickej zóny, ktoré patria k mladým vrásovým pohoriam Zeme a vytvára sa vo veľkých nadmorských výškach v tam vládnuúcich klimatických podmienkach (121). Krasový fenomén sa odlišuje od krasového fenoménu susedných vápencových území, ktoré ležia v nižších polohách. Vysokohorský kras je v dosahu periglaciálnej klímy. Proces krasovatenia je tu intenzívny, vďaka väčšiemu množstvu zrážok a nižším teplotám zrážkovej vody a vody topiaceho sa snehu. Veľkú úlohu hrá aj mrazové zvetrávanie a soliflukcia. Vápenec sa tak chová ako málo odolná hornina (17, 8, 88). V týchto oblastiach sa stretáme s dobre vyvinutými škrapmi, krasovými jamami, priepastami, podzemnými jaskyňami (8, 88, 47, 77). Typická je tiež stupňovina (8, 88).

Vo výskute foriem pozorovať určitú zonálnosť (101, 17). Zóna mrazovosutinová sa rozprestiera medzi snežnou čiarou a výškou 2300 m (Alpy). Od 2300 m do 1700 m (približne nad hornou hranicou lesa) je zóna výskytu škrapov. Pod hranicou lesa je zóna krasových jám, kde škrapy ustupujú a tvorí sa pôdna pokrývka. Škrapy a krasové jamy patria k rozdielnym klímamorfogenetickým výškovým zónam a nemôžu sa ako aktívne krasové formy vyvíjať vedľa seba v rovnakej výške. V Západných Tatrách je zóna škrapov vo výškovom rozpätí 1700 až 1900 m, zóna krasových jám 1600–1700 m (88). Podľa A. Bögliho (8) sa výskyt škrapov viaže na čisté vápence a krasových jám na slienitejšie vápence, a teda nemožno hovoriť o klimaticky podmienenej zonálnosti.

Aj keď pripustíme určitú zonálnosť výskytu jednotlivých krasových foriem, treba zohľadniť tiež skutočnosť, že hranica lesa sa počas pleistocénu a holocénu menila, čo spôsobilo, že dnes je možné nájsť krasové jamy aj nad hornou hranicou lesa. Určité zmeny, ktoré mali vplyv na vývoj škrapov, sa odohrali aj v holocéne, keď hranica lesa ležala v postglaciáli o 400 m vyššie (2).

Z uvedeného prehľadu vidieť, že možno nájsť určité charakteristické črty reliéfu v každej klimatickej zóne. Mnohé otázky však zostávajú ešte stále nevyriešené. Rozšírenie krasového fenoménu však nemôžeme spájať len s vplyvom klímy, ale s celým súhrnom vonkajších faktorov, aj keď niektoré z nich silno ovplyvňuje klíma.

LITERATÚRA

1. Absolon K., *Moravský kras*, Praha 1905—1911. — 2. Bauer F., *Kalkabtragungsmessungen in den österreichischen Kalkhochalpen*. Erdkunde B. 18, 1964. — 3. Birot P., *Problèmes de morphologie karstique*. Annales de Géographie 63, Paris 1954. — 4. Birot P., *Esquisse d'une étude zonale de l'érosion en pays calcaire*. Erdkunde B. 8, 1954. — 5. Birot P., *Evolution des versants calcaires*. Report of the Commission on Karst Phenomena Internation Geogr. Union, New York 1956. — 6. Bögli A., *Probleme der Karrenbildung*. Geographica Helvetica VI, Nr. 3, Bern 1951. — 7. Bögli A., *Der Chemismus der Lösungsprozesse und der Einfluss der Gesteinsbeschaffenheit auf die Entwicklung des Karstes*. Report of the Commission on Karst Phenomena IGU, New York 1956. — 8. Bögli A., *Kalklösung und Karrenbildung*. Zeitschrift für Geomorph. Suppl. 2, 1960. — 9. Bögli A., *Beitrag zur Entstehung von Karsthöhlen*. Die Höhle, H. 3, Wien 1963. — 10. Bögli A., *Mischungskorrosion — ein Beitrag zum Verkarstungsproblem*. Erdkunde B. 18, 1964.

11. Bögli A., *Karstwasserfläche und unterirdische Karstniveaus*. Erdkunde B. 20, 1966. — 12. Büdel J., *Fossiler Tropenkarst in den Schwäbischen Alb und Ostalpen*. Erdkunde B. 5, Bonn 1951. — 13. Büdel J., *Klima-genetische Geomorphologie*. Geographische Rundschau H. 7, Juli 1963. — 14. Bystrický J., *Slovenský kras*. Bratislava 1964. — 15. Corbel J., *Les Phénomènes karstiques dans les Grands Causses*. Revue de Géographie de Lyon, H. 4, 1954. — 16. Corbel J., *Karst alpins de moyenne altitude*. Revue de Géographie de Lyon, H. 1, 1957. — 17. Corbel J., *Karsts hautsalpins*. Revue de Géogr. de Lyon, H. 2, 1957. — 18. Corbel J., *Les Karst du NE de l'Europe*. Inst. des études Rhodaniennes, Mémoires et Documents 12, Lyon 1957. — 19. Corbel J., *Érosion en terrain calcaire*. Annales de Géographie, H. 366, 1959. — 20. Crammer H., *Karren und Dolinen im Riffkalk der Übergossenen Alm*. Pet. Mitt. 48, Gotha 1902.

21. Cvijić J., *Das Karstphänomen*. Geogr. Abhandl. A. Penck, V, Wien 1893. — 22. Cvijić J., *Karst geografska monografija*. Beograd 1895. — 23. Cvijić J., *Hydrographie souterraine et évolution morphologique du Karst*. Recueil des Travaux de l'Institut de Géographie alpine, T. V, F. 4, Grenoble 1918. — 24. Cvijić J., *The evolution of lapies*. Geograf. Review, 1924. — 25. Cvijić J., *La géographie des terrains calcaires*. Belgrade, Acad. serbe sci. et arts, 1960. — 26. Daneš J., *Uvodi dolni Neretvy*. Sborník české společnosti zeměpisné, Praha 1905. — 27. Daneš J. V., *O krasu typu „Coenoeng Sewoe“ čili „Cockpit Country“*. Sborník České společnosti zeměvědné, Praha 1912. — 28. Daneš J. V., *Karststudien in Jamaica*. Sitzungsberichte der könige. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften in Prag, Praha 1914. — 29. Daneš J. V., *Das Karstgebiet Goenoeng Sewoe in Java*. Sitzungsberichte der könige böhm. Gesellschaft der Wissenschaften in Prag, Praha 1915. — 30. Droppa A., *Demänovské jaskyne*. SAV Bratislava 1957.

31. Eckert M., *Die Karren oder Schratzen*. Petermanns Mitteil, 1898. — 32. Epifanov M. I., *Karstovo-denudacionnye formy reliefa centralnogo i vostochnogo Ustjurtja*. Izvestija akademii nauk SSSR, Serija geografičeskaja 3, 1965. — 33. Fiala F., *Několik poznámek k morfologii Juhoslov. krasu*. Věstník st. geol. úst. VI, 1930. — 34. Gams I., *H kvarterni geomorfogenezi ozemlja med Postojanskim, Planinskim in Cerkniškim poljem*. Geografski vestnik, Ljubljana 1965.

— 35. Gams I., *Types of Accelerated Corrosion*. Problems of the Speleological Research, Praha 1965. — 36. Gellert I. F., *Tropičeskij bašennyj i koničeskij karst*. Vestnik Moskovskogo universiteta, Serija V. Geografija, 1966. — 37. Gerstenhauer A., *Der tropische Kegelkarst in Tabasco (Mexiko)*. Zeitschr. f. Geomorp. Supplementband 2, 1960. — 38. Gerstenhauer A., *Zur Frage der absoluten Geschwindigkeit der Kalkkorrosion in verschiedenen Klimaten*. Zeitschr. f. Geomorph. Suppl. 2, 1960. — 39. Gerstenhauer A., *Beitrag zur Geomorphologie des mittleren und nördlichen Chiaps (Mexiko) unter besonderer Berücksichtigung des Karstformenschatzes*. Frankfurter Geographische Hefte 41, 1966. — 40. Gerstenhauer A. — Pfeffer K., *Beiträge zur Frage der Lösungsfreudigkeit von Kalkgestein*. Abhandlungen zur Karst und Höhlenkunde H. 2, München 1966.

41. Grund A., *Die Karsthydrographie*. Geogr. Abhandl. Band VII, H. 3, Leipzig 1903. — 42. Grund A., *Der geographische Zyklus im Karst*. Zeitschrift d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1914. — 43. Gvozdeckij N. A., *Karst*. Moskva 1954. — 44. Gvozdeckij N. A., *O rasprostranenii karstovych javlenij v pustynach i gorach Strednej Azii*. Voprosy geografii, Moskva 1957. — 45. Gvozdeckij N. A., *Bedeckter Karst in der UdSSR*. Erdkunde H. 2, 1964. — 46. Harrassowitz H., *Chemisches Einwirken der Niederschläge auf den Karst*. Erdkunde B. 8, 1954. — 47. Haserodt K., *Untersuchungen zur Höhen- und Altersgliederung der Karstformen in den Nördlichen Kalkalpen*. Münchener Geographische Hefte, H. 27, 1965. — 48. Chabot G., *Rapport sur le vocabulaire Karstique*. Report of the Commission on Karst Phenomena International Geogr. Union, New York 1956. — 49. Katzer F., *Bemerkungen zum Karstphänomen*. Zeitschr. d. deutsch. Geolog. Gesellschaft, LVII, Monatsber. 1905. — 50. Katzer F., *Karst und Karsthydrographie*. Zur Kunde d. Balkanhalbinsel H. 8, Sarajevo 1909.

51. Kayser K., *Morphologische Studien in Westmontenegro II*. Zeitschrift d. Ges. für Erdkunde zu Berlin, 1934. — 52. Kayser K., *Karstrandebene und Polejeboden*. Erdkunde B. 9, 1955. — 53. Kemény A., *Geomorfologické pomery planiny Koniar*. Geograf. čas. č. 2, 1961. — 54. Kiknadze T. Z., *Some Conditions Affecting the Karst Development in the Arabika Massif*. Problems of the Speleological Research, Praha 1965. — 55. Klaer W., *Karstkegel, Karst-Inselberge und Poljeboden am Beispiel des Jezeropoljes*. Petermanns Geogr. Mitt., Gotha 1957. — 56. Klimaszewski M., *Nowe poglądy na rozwój rzeźby krasowej*. Przegląd Geograficzny XXX, 3, 1958. — 57. Koružujev S. — Nikolajev S., *Tipy merzlotnogo karsta inekotoryje osobennosti ego projavlenija*. Izvestija AN SSSR, serija geogr., Moskva 1957. — 58. Kosack H. P., *Die Verbreitung der Karst und Pseudokarsterscheinungen über die Erde*. Petermanns Geogr. Mitteil. 96, Quartalsheft 1952. — 59. Krebs N., *Offene Fragen der Karstkunde*. Geograph. Zeitschrift 31, Leipzig 1910. — 60. Krebs N., *Ebenheiten und Inselberge im Karst*. Zeitschr. Ges. Erdkunde, 1929.

61. Kubíny D., *Krasové systémy v obalových sériách Liptovských a Nizkých Tatier*. Slovenský kras III, 1950—60. — 62. Kunský J., *Jezerá Slovenského krasu*. Rozpravy ČAVU XLIX, 1939. — 63. Kunský J., *Kras a jeskyně*. Praha 1950. — 64. Lang S., *Geomorfológia i és hidrológiai tanulmányok Gömörben*. Hidrológia közlöny, 1949. — 65. Lehmann H., *Morphologische Studien auf Java*. Geogr. Abh., Stuttgart 1936. — 66. Lehmann H., *Karstentwicklung in den Tropen*. Die Umschau in Wiss. u. Technik, Frankfurt 1953. — 67. Lehmann H., *Der tropische Kegelkarst auf den Grossen Antillen*. Erdkunde B. 8, 1954. — 68. Lehmann H., *Das Karstphänomen in den verschiedenen Klimazonen*. Erdkunde B. 8, 1954. — 69. Lehmann H., *Der tropische Kegelkarst in Westindien*. Tagungsber. Deutscher Geographentag in Essen, Wiesbaden 1955. — 70. Lehmann H., *Diskussionsbemerkung zum Thema „Karstprozess und fluviale Erosion“*. Report of the Commission on Karst Phenomena International Geographical Union, New York 1956.

71. Lehmann H., Krommelbein K., Lötschert W., *Karstmorphologische, geologische und Botanische Studien in der Sierra de los Organos auf Cuba*. Erdkunde B. 10, 1956. — 72. Lehmann H., *Der Einfluss des Klimas auf die morphologische Entwicklung des Karstes*. Report of the Commission on Karst Phenomena. International Geogr. Union, New York 1956. — 73. Lehmann H., *Studien über Poljen in den Venezianischen Voralpen und im Hochapennin*. Erdkunde B. 13, Bonn 1959. — 74. Lehmann H., Sunartadirdja M., *Der tropische Karst von Maros und Nord-Bone in SW Celebes (Sulawesi)*. Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband 2, 1960. — 75. Lehmann O., *Hydrographie des Karstes*. Enzykl. der Erdkunde,

Wien 1932. — 76. Lindner H. G., *Das Karstphänomen*. Pet. Mittl. Erg. H. 208, Gotha 1930. — 77. Louček D., *Ďumbierský velehorský kras*. Rozpravy ČSAV, Praha 1956. — 78a. Louis H., *Das Problem der Karstniveaus*. Report of the Commission on Karst Phenomena. International Geogr. Union, New York 1956. — 79b. Louis H., *Die Entstehung der Poljen und ihre Stellung in der Karstabtragung*. Erdkunde B. 10, Bonn 1956. — 80. Louis H., *Rumpfflächenproblem, Erosionszyklus und Klimageomorphologie*. Geomorphologische Studien, Fr. Machatschek zum 80 Geburtstag gewidmet von Schülern, Freunden, Vereheren und dem Verlag, 1957.

81. Louis H., *Allgemeine Geomorphologie*. Berlin 1961. — 82. Lukniš M., *Príspevok ku geomorfológii povrchového krasu Stratenskej hornatiny*. Sbor. prírodoved. fakulty SU, zv. 12, Bratislava 1945. — 83. Lukniš M., *Poznámky ku geomorfológii Beckovskej brány a príslahlých území*. Práce štát. geolog. ústavu, zoš. 15, Bratislava 1946. — 84. Lukniš M., *Tisovský kras na Slovensku*. Československý kras, r. 1, Brno 1948. — 85. Lukniš M., *Geomorfologický prehľad*. Vysvetlivky k prehľad. geolog. mape ČSSR 1:200 000, list Rimavská Sobota 1962. — 86. Maksimovič G. A., *Osnovy karstovedenija*. Tom I, Perm 1963. — 87. Maksimovič G. A., *Nekotoryje osobennosti gidrogeologii karsta*. Metodika izučeniya karsta. Vyp. 6, Gidrogeologia karsta, Perm 1963. — 88. Mazúr E., *Príspevok k formám vysokohorského krasu v Červených vrchoch*. Geograf. čas. č. 2, 1962. — 89. Mazúr E., *Žilinská kotlina a príslahlé pohoria*. SAV, Bratislava 1963. — 90. Mazúr E., *Kotliny ako význačný prvok reliéfu Slovenska*. Geograf. čas., č. 2, 1964.

91. Mazúr E., *Major features of West Carpathians as a result of young tectonic movements*. Problems of West Carpathians Geomorphology. Bratislava 1965. — 92. Melik A., *Kraška polja Slovenije v pleistocenu*. Dela Inštituta za geografijo SAZU, Ljubljana 1952. — 93. Morawetz S., *Dolinen im Istrischen Karst*. Petermanns geogr. Mitteilungen, 3, 1965. — 94. Panoš V., *Genetic Features of a Specific Type of the Karst in the Central European Climate Morphogenetic Area*. Problems of the Speleological Research, Praha 1965. — 95. Panoš V. — Štelcl O., *Vývoj izolovaných vápencových vrchů na Kubě*. Československý kras, 1966. — 96. Penck A., *Das Karstphänomen*. Schr. d. Ver. z. Verbreitung naturw. Kenntnisse, Wien 1904. — 97. Penck A., *Das unterirdische Karstphänomen*. Zbornik radova posvećen J. Cvijiću, Beograd 1924. — 98. Pfeffer K., *Beiträge zur Geomorphologie der Karstbecken im Bereich des Monte Velino*. Frankfurter geogr. Heft, 42, 1967. — 99. Rathjens C., *Der Hochkarst im System der klimatischen Morphologie*. Erdkunde B. 5, 1951. — 100. Rathjens C., *Zur Frage der Karstrandebene im Dinarischen Karst*. Erdkunde B. 8, 1954.

101. Rathjens C., *Karsterscheinungen in der klimatismorphologischen Vertikalgliederung des Gebirges*. Erdkunde B. 8, 1954. — 102. Rathjens C., *Beobachtungen an hochgelegenen Poljen im südlichen Dinarischen Karst*. Ein Beitrag zur Frage der Entstehung und Datierung der Poljen. Zeitschr. f. Geomorphologie, 4, Göttingen 1960. — 103. Roglič J., *Korrosive Ebenen im Dinarischen Karst*. Erdkunde B. 8, Bonn 1954. — 104. Roglič J., *Karstprozess und fluviale Erosion*. Report of the Commission on Karst Phenomena. International Geogr. Union, New York 1956. — 105. Roglič J., *Zaravni na vapnencima*. Geografski glasnik, Zagreb 1957. — 106. Roglič J., *Das Verhältnis der Flusserosion zum Karstprozess*. Zeitschr. f. Geomorphologie 4, Göttingen 1960. — 107. Roglič J., *Cvijićovo dílo o morfologii krasu*. Československý kras, 1966. — 108. Roth Z., *Několik geomorfologických poznámek o Jihoslov. krasu a Silické Lednici*. Rozpravy II. tr. ČA, XLIX, 1939. — 109. Sawicki L., *Szkic krasu słowackiego z poglądem na cykl geograficzny w ogóle*. Kosmos, Lwów 1908. — 110. Sawicki L., *Zur Frage des geographischen Zyklus im Karst*. Mitt. d. geogr. Gesellschaft in Wien, 52, Wien 1909.

111. Sekyra J., *Velehorský kras Bělských Tater*. ČSAV, Praha 1954. — 112. Seneš J., *Výsledky speleologického a geomorfologického výskumu Hačavskej jaskyne v Slov. krase*. Geograf. čas. IX, 1, 1957. — 113. Smolíková L., *Ráz výskytu terrae calcis v krasových oblastech Slovenska*. Čs. kras, roč. 14, 1962—63. — 114. Sokolov D. S., *Osnovnyje uslovija razvitiya Karsta*. Moskva 1962. — 115. Sweeting M. — Gerstenhauer A., *Zur Frage der absoluten Geschwindigkeit der Kalkkorosion in verschiedenen Klimaten*. Zeitschr. f. Geomorphologie, Suppl. Bd. 2, Berlin 1960. — 116. Šilar J., *Kuželový kras v jižní Číně a ve Vietnamské demokratické republice*. Československý kras, 1960—61. — 117. Šilar J., *Rozpouštění karbo-*

nátových hornin. Československý kras, roč. 15, 1963. — 118. Štelcl O., *Jeskyňní úrovně severní části Moravského krasu*. Československý kras 1963. — 119. Štelcl O., *Chemické složení vod skápavajících s krápníku v některých jeskyních Moravského krasu*. Československý kras 1964. — 120. Tricart J., *Modelé karstique et modelé periglaciaire dans les Causses*. Revue de géomorphologie dynamique, Paris 1955.

121. Trimmel H., *Speläologisches Fachwörterbuch*. Wien 1965. — 122. Vitásek F., *Silický kras a jeho ledová jeskyně*. Sborník ČSZ XXXVI, 1930. — 123. Warwick G. T., *The effect of knick-point recession on the water-table and associated features in limestone regions, with special reference to England and Wales*. Zeitschr. f. Geomorphologie, Supplementband 2, 1960. — 124. Wissmann H., *Der Karst der humiden heißen und sommerheißen Gebiete Ostasiens*. Erdkunde B. 8, 1954. — 125. Wissmann H., *Karsterscheinungen in Hadramaut*. Geomorphologische Studien. Ergänzt zu Peterm. Geogr. Mitt. Nr. 262, Gotha 1957. — 126. Zötl J., *Fossile Grossformen im Ostalpinen Karst*. Erdkunde B. 18, 1964. — 127. Zwittkovits F., *Klimabedinkte Karstformen in den Alpen, den Dinariden und im Taurus*. Mitteilungen der Österreichischen geographischen Gesellschaft, B. 108, Wien 1966.

Josef Jakál

A SURVEY OF OPINIONS ON THE EVOLUTION OF KARST AREAS AND THEIR REFLECTION IN RESEARCH OF THE KARST IN SLOVAKIA

In the presented work, the author tried to critically summarize the most recent opinions on the evolution of karst areas with regard for the state in research of the karst in Slovakia. The author aimed above all at the results in climatical geomorphology of karst. The given problems concern the evolution of surficial karst whereas the questions of speleological nature are mentioned only marginally. The work should be of use for those who are interested in karst problems, for an easier orientation in karst literature. The work is divided in 5 chapters.

1. *The development of karst research*. It is spoken about four periods in this chapter. The pre-Cvijič's period — description of forms, the Cvijič's period — classical karst geomorphology, the interwar period — start of climatical karst geomorphology, and the postwar period — systemical karst research in the individual climatical regions. Closing the chapter the most important works of the Slovak karst areas are mentioned.

2. *The process of karstification*. The author analyses the conditions influencing karstification, namely rock, climate, relief, soil, vegetation and microorganisms. In the further he deals with the question of karstification rate in the individual climatical zones, he compares results of measuring (8, 71, 19, 40 etc.), which resulted in a greater karstification rate in tropical regions in comparison with cold ones. The discrepancies have been a consequence of the different conception of karstification process (erosive-corrosive process or purely corrosive one). Also mixed corrosion is mentioned in this chapter (10).

3. *Karst hydrography*. The author gives a survey of opinions on the development in karst hydrography (41, 50, 23, 75 etc.), he mentions rather in detail the O. Lehmann's theory, zonality and circulation of underground water and its relation to the streams gathering water of karst areas (11, 104).

4. *Karst cycle*. In the introductory part the author analyses the classical conception of the cycle whose deficiency was in uniting the individual stages of karst evolution in different climatic regions in the same cycle (19). The later attempts to assemble the evolution series of forms for karst regions with relatively constant climatic conditions during their karst evolution as well as to date them absolutely were disproved, too (19, 74). It is not possible to determine the age of forms from their shape. Not only climatic conditions but a whole set of natural factors influence the evolution of forms. In this connection it is spoken also about the relation between fluvial erosion and karstification.

5. *Karst phenomenon in the individual climatical zones*. On the basis of the results done up

to now in the research of karstification process and of the relief in the different climatical zones, in this chapter the author outlines the typical marks of this relief process for climatical zones. *The hot-wet (tropical) zone* has a very intensive process of karstification the relief being characterized by conic forms (65, 71, 37, 124 etc.). After other authors it is not possible to identify the conic karst with the tropical one (95). *The hot-dry zone* has a weak karstification process and its representation of karst forms is deficient. *The cold and subpolar zones* have an intensive karstification process and the process happens in three layers (19, 57). *The temperate zone*. A special karst process (106) is conditioned by the alternation of winter and summer. Typical areas are the Yugoslavian Karst and the Slovak Karst, which have some common features of evolution and have been under approximately the same climatical changes during the shaping of their relief. An open question of this moderate climatical zone is the polje conceived as a karst form (73, 79), eventually as a form of a non-karst nature, consequently correlatively for non-karst rocks that it has been formed on (92, 106). A discussion is kept also on the conic forms rising in plateaus, respectively upon the bottoms of poljes. The time of their appearance as well as their further forming is problematic. The karst investigation in these regions is aggravated by the necessity of watching the forms inherited from the previous climatical periods and reformed within their further evolution. *The high-mountainous regions* have an intensive karstification process and the occurrence of the individual karst forms is zonal in the vertical direction.

From the Slovak translated by A. K r a j č í r