

UDK

UDC

551.442 (497.12-13)

K PROBLEMATIKI UDORNIC IN SORODNIH OBLIK VISOKE NOTRANJSKE

France Šušteršič*

Splošno ljudsko ime za poglobitve, ki jih imam v mislih, je *dolina*. Čeprav je prešlo že v svetovno literaturo (Gams, 1963), ga kot skupni termin v tem smislu, žal ne moremo uporabljati, saj ima mnogo širši pomen.

Po dosedanjih ugotovitvah, so med njimi v veliki večini preproste, korozijske vrtače. Mnogo redkejša so večja, strmejša oblika, ki jih že na prvi pogled vežemo z udori jamskega stropovja. Na ozemlju, ki pripada kraškemu zaledju izvirov Ljubljanice, jih že dolgo uporabljamo kot kazalce neznanih podzemskih prostorov (Michler, 1954/55). Prav zato se zadnje čase zanje uspešno uveljavlja ime *udornica*. Le tem pa so po svoji zunanji morfologiji zelo podobne oblike, ki jih srečujemo po visokih kraških planotah, npr. na Snežniku, Hrušici in Trnovskem gozdu (Melik, 1959, Šifrer, 1959). Ker jih težko povezujemo z udori nad jamami, jih po analogiji z visokogorski oblikami (Kunaver, 1961), raje imenujemo *konte* (Habič, 1968), vendar ni redko tudi poimenovanje *kukave* (Jenko, 1959, Novak, 1962). Ker na pogled med udornicami in kontami notranjskih planot ni večjih razlik, se vprašujemo, ali ni sorodnost morda več kot vizualna.

Problematika

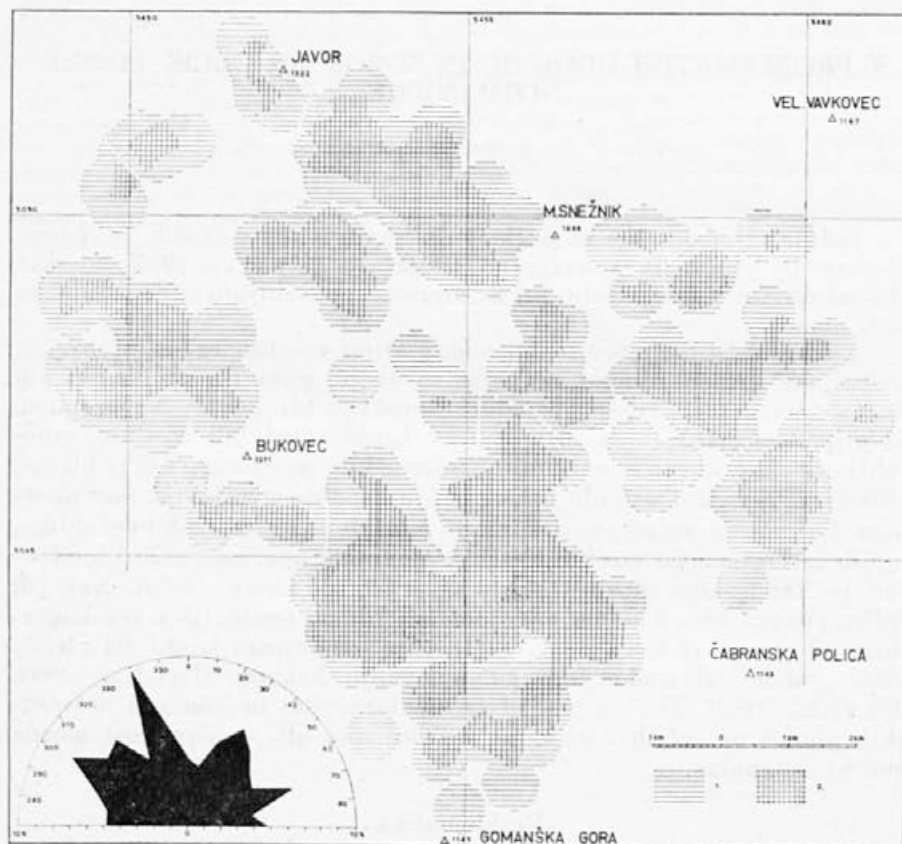
Doslej je prevladovalo mnenje, da so udornice nastale s preprostim rušenjem stropa nad jamami in so se povečevale, ko je podzemski tok odnašal zrušeni material (Habič, 1963). Vendar pa računi kažejo (Šušteršič, 1967), da se zaradi rahljanja zrušene mase prostornina jamskega prostora zmanjšuje v naslednjem razmerju:

* Slušatelj geologije (geografije), Odsek za geologijo, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, 61000, Ljubljana, YU, Aškerčeva 12, glej izvleček na koncu zvezka.

$$V = V_0 - \frac{V_m}{k}, \quad \text{za } k = 1, 25,$$

kjer pomeni:

- (V) prostornina praznega prostora v trenutku opazovanja,
- (V_0) prostornina prvotnega jamskega prostora,
- (V_m) neto volumen zrušenega materiala do trenutka opazovanja in
- (k) koeficient razrahljivosti.



Sl. 1 Skupine kont in njihova struktura v Loškem Snežniku

1. Normalna gostota na km²
2. Prekoračena normalna gostota na km²

Fig. 1 Groups of dolinas, named *konte* and inner structure of group at Loški Snežnik

1. Normal distribution per km²
2. Surpassed normal distribution per km²

Preprosto povedano, votlega prostora zmanjka, ko se podre v jamskem stropu štirikrat toliko skalovja, kolikor je zavzemala prvotna votlina. Seveda pa tu nismo upoštevali mehanskega odnašanja podrtin in njihove korozije, ker tega ne moremo zajeti v račun. Vsekakor bi morale biti prostornine udornic, ko se odpro na površje, mnogo manjše od prostornin jamskih dvoran. Ker navpične stene niso stabilne, se pod vplivom vremenskih činiteljev podirajo dalje. Tako nastala melišča so v primerjavi z živo skalo »razrahljana« in seveda še zmanjšujejo prostornino udornice.

Pri večjih razponih zahteva že stabilnost stropa pred hipnim zrušenjem¹ taka razmerja med višino in debelino stropa,² da bi po gornjih računih ostalo udornici le nekaj odstotkov prostornine prvotne jamske dvorane. Če dodamo še podiranje sten, bi ostalo pri skrajno optimalnih pogojih v udornici največ 25% prvotnega prostora. Ti pogoji — tanek strop, majhen razpon, sorazmerno velik jamski prostor — so uresničljivi le pri absolutno majhnih dvoranah. Zato se prostornine udornic ne bi smele veliko razlikovati od prostornin običajnih, korozijskih vrtač.

Dejanska slika pa je popolnoma nasprotna. Že konvencionalna definicija udornice, ki so jo tako ali drugače postavili Michler, (1953/54), Kunaver, (1957), Habič, (1963), Melik, (1963) itd., poudarja njihovo izredno velikost. Vsakomur je to jasno ob pogledu na Lenarščo ali Veliko jamo ob avtocesti Vrhnika—Logatec, še bolj pa če gledamo Unško koleševko s Planinske gore (Gams, 1965, fot. 7.). V okolici teh poglobitev bi torej pričakovali prav neznanskih podzemskih prostorov.

Jamske raziskave pa kažejo, da se majhni jamski rovi iztekajo v velike udornice. Tak primer je npr. Skednena jama, ki zija pod pobočji udornice, katere premer skoraj dosega dolžino vse jame (Gams, 1965 a, sl. 11). Nedaleč od tam se t. i. Levi rov Najdene jame, ki ima največje prečne profile $8\text{ m} \times 10\text{ m}$, zaključí s čelnim podorom, ki pripada udornici Dolec. Ta pa zavzema, čeprav je med manjšimi v okolici, prostornino $11,5 \cdot 10^4\text{ m}^3$. Ker je podobnih primerov še mnogo, moramo izključiti možnost, da so udornice nastale z rušenjem poprečno velikih jamskih prostorov. Vendar pa tudi primerjava največjih jamskih dvoran v zaledju vrhniških izvirov, s tamkajšnjimi udornicami, ne sledi gornjim računom. V tabeli 1. so navedene prostornine udornic,

¹ Predstava o hipnem zrušenju je seveda idealna. Zrno resnice je le v tem, da je rušenje stropa zaradi korozijskega rahljanja silno počasno v primeri s podiranjem, ki ga sproži krioklastično razpadanje, potem ko skozi prvo žrelo vdira v votlino zunanji zrak.

² Točna oblika stropa, ki naj bi bil v ravnotežju, nam še ni znana in je tudi računsko ne moremo ugotoviti, ker maksimalne σ in τ porušne napetosti z velikostjo vzorca močno padajo in jih laboratorijsko ne moremo ugotoviti. Ključ od teh rezultatov so stropne linije velikih jamskih dvoran. Dosedanje sporadične in približne meritve dajo misliti, da so to stožnice.

ki štejejo za kukave,³ v tabeli 2. pa prostornine največjih jamskih dvoran na tem območju.

Tabela 1 — Table 1

Prostornine kukav — Volumes of dolinas, named kukave

Ime kukave: Name of dolina:	Prostornina: ⁴ Volume:
Laška kukava	2,75 · 10 ⁶ m ³
Smrkovca	1,6 · 10 ⁶ m ³
Dolga dolina	1,1 · 10 ⁶ m ³
Rakovska kukava	1,05 · 10 ⁶ m ³
Gladovec	0,92 · 10 ⁶ m ³
Ivanjska kukava	0,85 · 10 ⁶ m ³
Cerkniška kukava	0,53 · 10 ⁶ m ³
Poprečje — Average	1,26 · 10 ⁶ m ³

Tabela 2 — Table 2

Prostornine jamskih dvoran — Volumes of cave chambers

Ime dvorane: Name of the cave chamber:	Ime jame: Name of cave:	Prostornina: Volume:
Blatna dvorana ⁵	Gradišnica	37,5 · 10 ⁴ m ³
Putickova dvorana	Najdena jama	7,2 · 10 ⁴ m ³
Sulčev rov	Najdena jama	5,0 · 10 ⁴ m ³
Blatna dvorana ⁵	Logarček	4,2 · 10 ⁴ m ³
	Jama za Bukovim vrhom	5,9 · 10 ⁴ m ³
Podorna dvorana	Mačkovec	2,4 · 10 ⁴ m ³
Podorna dvorana	Logarček	1,2 · 10 ⁴ m ³
Poprečje — Average		8,8 · 10 ⁴ m ³

Razmerje med prostornino poprečne kukave in poprečne jamske (največje) dvorane znaša torej 14,32 : 1, v korist prve. Torej je predpostavka o preprostem rušenju dobesedno postavljena na glavo. Pomislek, da poznamo največje udornice, jamskih dvoran pa morda ne, zbledi ob dejstvu, da večina jam na tem območju poteka preplitvo, da bi bile kaj dosti večje dvorane sploh statično možne. Saj celo naša največja jamska dvorana, v Breznu pri Medvedovi konti, s svojo prostornino 62,0 · 10⁴ m³ komaj presega najmanjšo kukavo. Laške kukave pa ne dosegajo niti največje jamske dvorane na svetu.

³ *Kukava* je domače lastno ime navedenih sedmih dolin in ga domačini nikoli ne mešajo z drugimi. V njih naj bi se megla zadrževala dlje kot v drugih, kar pa bo treba šele proučiti.

Ime je prešlo v strokovno literaturo z avstrijskih specialk precej nejasno opredeljeno. Večina avtorjev se strinja, da *kukava* ni *koleševka*, sicer pa se v tolmačenjih razhajajo. Več jasnosti so dale šele terenske meritve (Glej dalje!).

⁴ Prostornine kukav in jamskih dvoran so izračunane z očitavanjem eliptičnih paraboloidov, na osnovi parametrov z reambuliranih specialk 1:25 000 in jamskih načrtov v arhivu JZS. To velja tudi za Laško kukavo, ki je tu obdelana po istih kriterijih. Dejansko pa smo Laško kukavo točno izmerili in tako ugotovili, da znaša njena prostornina skoraj 50 % več. To lahko pričakujemo tudi pri drugih udornicah. Izjema sta obe Blatni dvorani, kjer so podatki povzeti po Gospodariču, 1967.

⁵ Dno obeh Blatnih dvoran je ilovnato, drugod pa podorno.

Vidimo torej, da so udornice najmanj desetkrat prevelike, ali drugače povedano, preko 90 % materiala je bilo odnešenega na način, ki ga nismo upoštevali. Pri teh številkah lahko gladko zanemarimo mehansko odplavljanje grušča, saj je od gornjih dvoran pet hidrografske neaktivnih, v dveh pa se le ob poplavih zadržuje zajezena voda. Malo je tudi verjetno, da bi voda neopazno spodkopavala osnovo melišča. Rovi, ali bolje, praznine v podoru, so v primerjavi s špranjami v živi skali nestabilni. Slednje voda polagoma poveča do potrebne propustnosti, razširjene odprtine v podoru pa se sproti sesedajo. Značilen primer je Južni rov Zelških jam, kjer je čelni podor Brloga zaprl nadaljevanje Blat, voda pa si je raje izdelala skozi živo skalo obhodni rov do Srebrne dvorane ter si za polovico zmanjšala strmec, kot pa da bi očistila staro pot (Gospodarič, 1970, priloga). Tudi tu lahko ponovno opazujemo že znani pojav: udornica je neznanško večja od sosednjih jamskih prostorov (Gospodarič, 1965).

Lahko si torej zamislimo delovno hipotezo, da je udornica nekakšen tumor v kraškem površju, ki je zazijal ob podoru jamskega prostora. Večino prostornine pa moramo pripisati naknadnemu odstranjevanju materiala po doslej neopaženem procesu. Le-ta pa ni vseplošen, saj mnogokrat najdemo med velikimi udornicami — te imamo običajno v mislih — tudi majhne, ki ustrezajo predpostavkam o preprostem rušenju. Na to je prvi opozoril Puc (1968), ki je v Lanskem vrhu ugotovil dve jasno ločeni velikostni skupini. Značilen primer imamo le dobrih 100 m jugovzhodno od Laške kukave, kjer leži značilna udornica, s stenami in melišči, a zavzema le okrog $2,0 \cdot 10^4$ m³. Glede na to moramo računati, da je predpostavljeni proces odvisen od nekaterih lokalnih faktorjev in ni splošen pojav. Kaže tudi, da je ponekod, npr. v Laški kukavi še danes aktiven, drugod, npr. v Jerinovi koleševki (Gams, 1972), pa je že zamrl. Vprašanje je tudi, koliko je povezan z jamami, saj so dna Jeršanove doline (Gospodarič, 1968) in Vodnega dola (Gams, 1965), precej nižja od delov Postojnske jame, ki vodijo vanje. Podoben položaj je tudi v že omejnjeni severni udornici Skednene jame (Gams, 1963).

Bistveno je vprašanje, ali moremo na osnovi krajevnega sovpadanja sploh trditi, da je klasična udornica neposredna posledica nekdanje votline. Skupno pojavljanje namreč lahko tolmačimo s štirimi kombinacijami:

- a) Pojav jamskega prostora je sprožil nastanek udornice.
- b) Pojav večje evakuacije je pritegnil jamo nase.
- c) Pojav jame in udornice sta posledica tretjega pojava, med seboj pa vzročno nista neposredno povezana.
- č) Skupno nastopanje je slučajno.

V možnost pod a) smo že podvomili. Zadnjo domnevo (č) spodbija le preveč množično skupno nastopanje jam in udornic. Da bi proučili ostali dve možnosti, pa se moramo ozreti na ozemlju, ki niso tako prevotljena z vodoravnimi jamami, kot je zaledje izvirov Ljubljane in tam iskati eventualnih podobnih pojavov. Da spadajo med po-

dobne pojave konte na Trnovskem gozdu, je opazil že Melik (1959). Poudaril je njihovo formalno podobnost z udornicami, a jih je postavil v isto skupino kot drage. Točneje jih je opredelil šele Habič (1968). Na Snežniku jih je prvi opazil Šifrer (1959) in jih primerjal z velikimi vrtačami, ki naj bi se zelo hitro poglabljale. Tamkaj jih omenja tudi Novak (1962), ki pa se širše ne ukvarja z njimi. Razlika med kontami in dragami, ki jo je ugotovil Habič, (o. c.), je na Snežniku še mnogo jasnejša, kot v Trnovskem gozdu, saj najdemo konte v dragah samih (Kosmata dolina).

Konte seveda niso posledica udiranja jamskih stropov, temveč jih dolbe korozija. Morda je Velika Paradana že ključ za pojasnilo njihovega nastanka, kot je nakazal Melik (o. c.). Zato jim tudi nihče ni proučeval medsebojne lege in njihove ploskovne razporeditve. Saj se celo Habič (o. c.) zadovolji le z bežno, a zelo verjetno opombo, da so nanizane ob prelomih. Značilni nizi so že s karte lepo vidni, tako na Trnovskem gozdu, kot na Snežniku, kjer jih je še mnogo več. Oglejmo si natančneje njihovo razporeditev na Snežniku, kjer so zbrane predvsem na prisojnih legah.

Na osnovi prekoračenja povprečne gostote na ploščinsko enoto jih lahko družimo v skupine, a po načelu največje bližine jih znotraj skupin povežemo s spojnicami. Rezultat nam pokaže približno strukturo skupin (sl. 1). Takoj opazimo, da imajo posamezne skupine, ali pa njihovi deli, dinarsko smer. Smerni diagram pokaže, da je največja frekvenca spojnic v smereh z azimuti:

$300^{\circ} \pm 5^{\circ}$, $30^{\circ} \pm 5^{\circ}$,
 $320^{\circ} \pm 5^{\circ}$, s slabo izraženo pravokotnico,
 $340^{\circ} \pm 5^{\circ}$, $70^{\circ} \pm 5^{\circ}$.

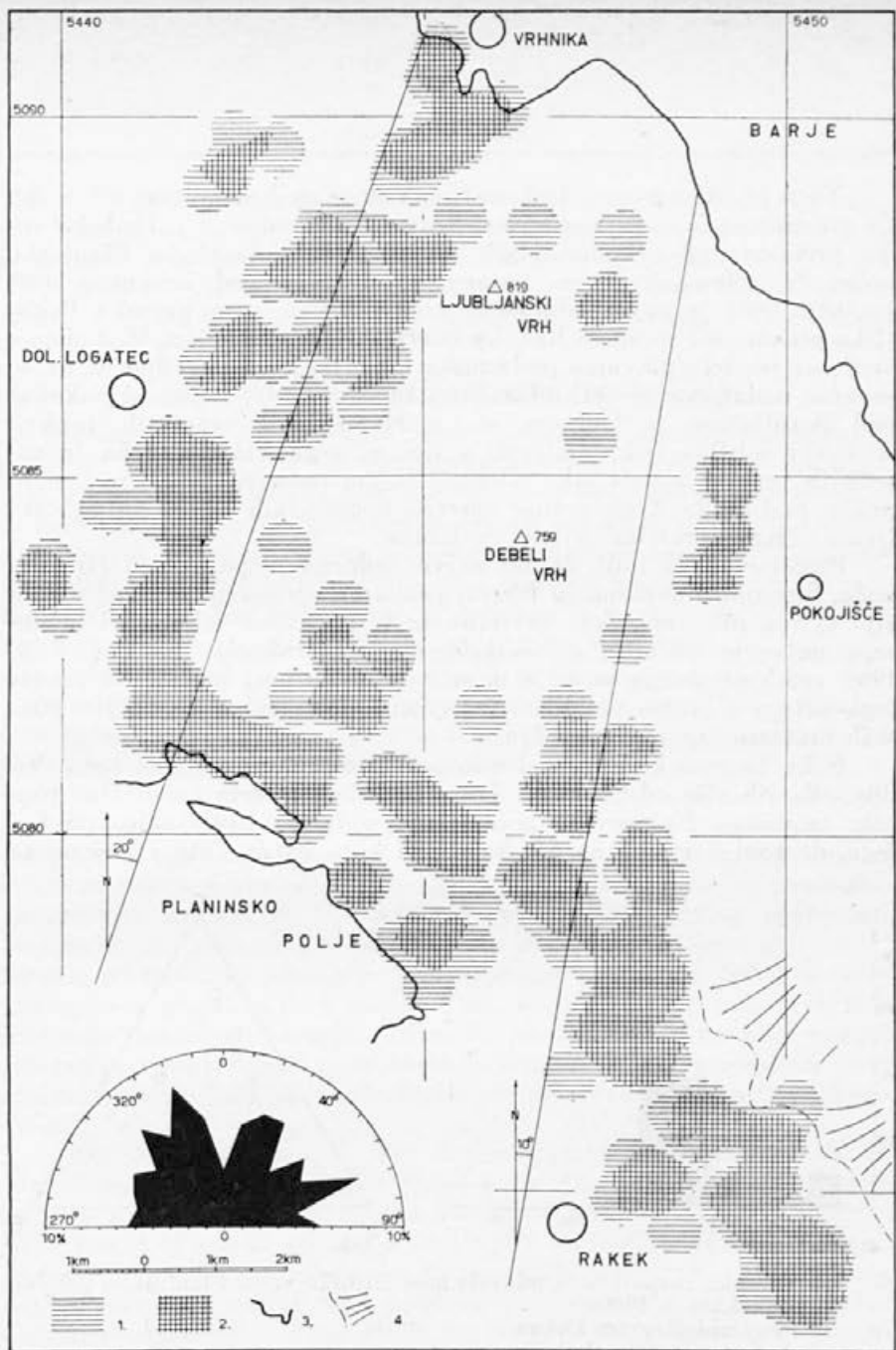
Pari spojnic so si torej večinoma pravokotni. Ker ta razporeditev nima vidne zveze s slemenitvijo ali makrotektoniko (Pleničar, 1964), moramo zaenkrat opustiti vabljivo Habičovo (o. c.) misel na povezavo z geološko strukturo. Vsekakor pa zasedajo konte vozlišča treh pravokotnih mrež, ki so med seboj premaknjene za dvajset stopinj.

Če so udornice res tako neposredno vezane na jame, kot zahteva predpostavka o enostavnem rušenju, pričakujemo, da bo njihova razmestitev v zaledju vrhniških izvirov sledila glavnim tokovom. Vendar pa na popolnoma enakih zasnovah izdelana karta⁶ (sl. 2), podaja zelo podobno sliko, kot jo kaže razmestitev kont po Snežniku.

⁶ V Snežniškem masivu je verjetno preko 500 kont raznih velikosti. Ker bi bilo merjenje in determiniranje po terenu malone neizvedljivo ter zaradi gozda ni mogoče uporabiti avionskih posnetkov, sem se moral opreti na karto 1 : 25 000. Pri tem sem vzel za merilo kakršnokoli razliko od korozijskih vrtač in večjih drag.

Zaradi boljšega primerjanja sem iste kriterije uporabil tudi na sliki 2. Edina izjema so tu Kališke in Košovške koleševke, ki jih na karti ni, a so zelo značilne.

Zato moramo pri vseh izvajanjih upoštevati ta nezanesljivi izbor podatkov, ki dajejo šele pri velikem številu vzorcev določeno sliko. Pravo podobo bomo dobili šele pri eksaktnem terenskem delu, ki pa bo trajalo precej let.



Sl. 2 Skupine udornic in njihova struktura v širšem zaledju izvirov Ljubljanice

1. Normalna gostota na km²
2. Prekoračena normalna gostota na km²
3. Rob Planinskega polja in Ljubljanskega Barja
4. Današnja meja soliflukcijskega materiala s Stražišča in Vinjega vrha

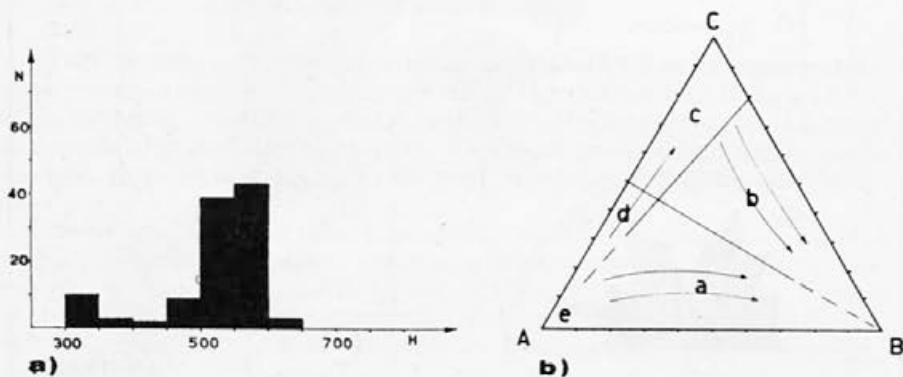
Fig. 2 Groups of collapsed dolinas and inner structure of groups in wider background of the springs of Ljubljana

1. Normal distribution per km²
2. Surpassed normal distribution per km²
3. Limits of the Planinsko polje and Ljubljansko Barje marsh
4. Today's limits of solifluction material from Stražišče and Vinji vrh

Nova je edino precej frekventirana smer med azimutom 10° in 20° . Če potegnemo iz najzahodnejšega izvira Ljubljaničnice, t. i. Hribske vode, premico pod azimutom 200° ($= 20^{\circ} + 180^{\circ}$), dosežemo Planinsko polje Pod Stenami, če pa potegnemo premico pod azimutom 190° ($= 10^{\circ} + 180^{\circ}$) iz najvzhodnejšega izvira Bistre, nam preseka Pokojniško planoto ter se mimo Rakeka izteče v Rakov Škocjan. Med obema verjetno res teče glavna podzemna Ljubljaničnice. Neugodno je, da je severno nadaljevanje cerkniške skupine udornic (vzhodno od Rakeka) pod Bezuljakom in Dobcem, v t. i. Meniševskih senožetih, prekril würmski soliflukcijski material z dolomitnega Vinjega vrha in sosednjih vzpetin ter ga tako odtegnil našim opazovanjem. Prav tu bi prišla razlika med generalno smerjo podzemskih tokov in ugotovljenimi tremi mrežami najbolj do izraza.

Pričakovali bi tudi, da bo največ udornic v pasu med Hribsko vodo, Stenami, Rakekom in Bistrom, vendar v njegovem severnem delu zija očitna praznina. Zelo verjetno je to posledica reliefa, ki tu dosega največje višine. Zato *maksimalna črta rušenja* (Sušteršič, 1968) sploh ne doseže površja in se rušenje že prej ustavi. Na osnovi tega sklepa moremo približno izračunati prostornino največjih jamskih prostorov na tem območju.

Slika 3a nam kaže višinsko razporeditev udornic v tem pasu. Vidimo, da jih više od 650 m ni. Torej *maksimalna črta rušenja* ne preseže te višine. Najnovejša potapljanja v izvire Ljubljaničnice pa kažejo, da rovi verjetno ne potekajo pod koto 280 m. Zato vzamemo za



Sl. 3 a) Višinska razporeditev udornic med Hribsko vodo, Planinskim poljem, Rakekom in Bistrom
 b) Genetski diagram kukav
 A Korozija žive skale
 B Korozija melišč in rušenje sten
 C Rušenje stropa in mehansko odnašanje podora

Fig. 3 a) Vertical distribution of collapsed dolinas between Hribska voda, Planinsko polje, Rakek and Bistra
 b) Genetic diagram of dolinas, named kukave
 A Corrosion of solid rock
 B Corrosion of screes and collapsing of rocky walls
 C Incassion of cave roof and mechanical removing of material

vse območje pavšalno koto 300 m. Po formuli št. 3,1 (Šušteršič, o. c.), sledi, da je najvišja možna dvorana visoka okrog 70 m. Predpostavimo še obliko polkrogle, pa dobimo prostornino $7,19 \cdot 10^5 \text{ m}^3$. To je le malo več, kot znaša prostornina najmanjše kukave, a še vedno skoraj dvakrat toliko, kolikor zavzema Blatna dvorana v Gradišnici.

Dokumentacija, klasifikacija in terminologija

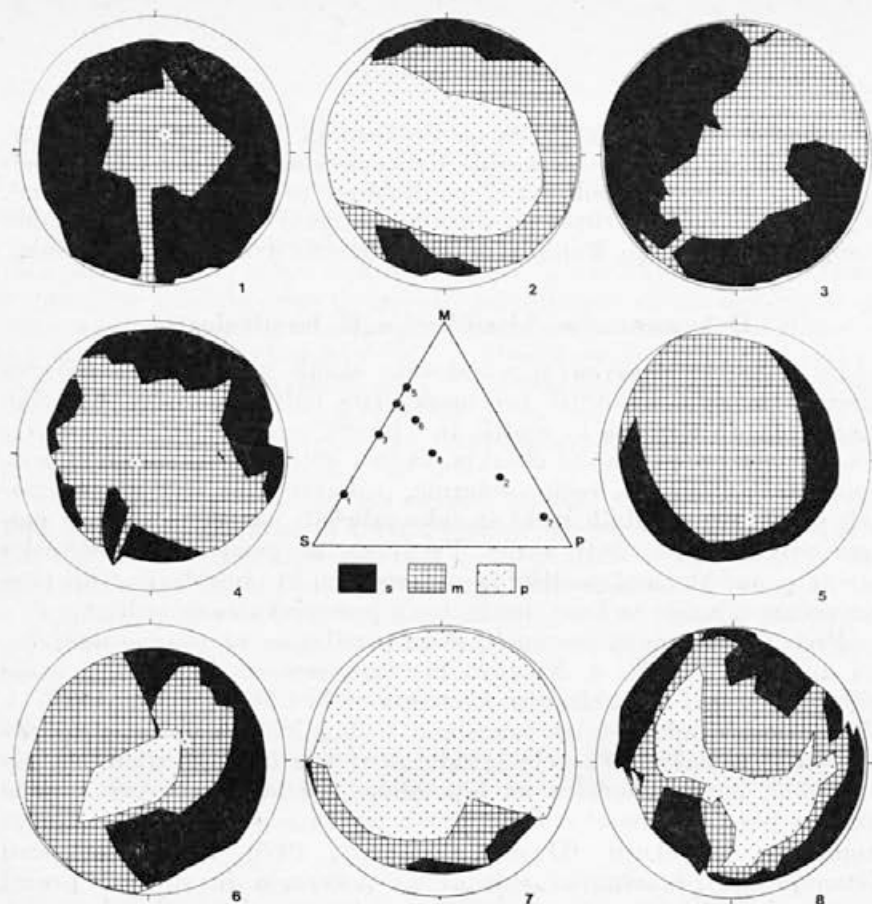
Natančnejše obravnavanje udornic samih zahteva, da najprej poiščemo metodo, kako jih prostorsko čim bolj prikazati. Klasično prikazovanje s tlorisom in profili, je v bistvu ortogonalno projiciranje in zato močno popači sliko objekta, ki ima obliko še najbližje eliptičnemu paraboloidu. Za večino udornic, prikazanih na sliki 4, smo posneli preko 200 merilnih točk⁷ in tako izluščili parametre, ki jih moramo prikazati čim bolj verno. Predvsem so pomembna količinska razmerja med stenami, melišči in preperelino, ki obroblyajo votli prostor večine udornic in kont, ter njihova prostorska razporeditev.

Precej primernejši postopek, ki ga predlagam za splošno uporabo, sem uporabil na sliki 4. Njegova bistvena zamisel je že stara in jo uporabljamo pri projiciranju kristalov (Grafnauer, 1966). V težišču tlorisa udornice si zamislimo točko, ki ji pripišemo še »Z« koordinato najvišje točke oboda udornice. S te točke projiciramo vsa pomembna mesta udornice na hipotetično, očrtano polkroglo, njeno sliko pa potem s pomočjo Schmidtove mreže zrišemo v ekvivalentni Lambertovi projekciji (Dimitrijević, 1965). Edine spačenosti nastanejo pri prenašanju »sklede« na polkroglo in so zato precej manjše od tistih, ki nastopajo v ortogonalni projekciji. Sedaj se projicirajo vse točke, ki so v naravi v isti ravnini, na isti lok in sledovi tektonike postanejo jasnejši. Slika, ki jo dobimo, je na prvi pogled res malce nenavadna, ko pa bomo z leti začeli pri terenskem delu rutinsko uporabljati helikopterje, bo postala verna podoba terenskega vtisa.

Slika 4 je nastala sicer kot demonstracija omenjene metode na različnejših vzorcih, a vendar jasno kaže, da je tudi oblika udornic in sorodnih oblik močno vezana na zgoraj ugotovljene tri matematične mreže. Jasno se odražajo tudi večji prelomi, predvsem v *Laški kukavi*,⁸ *Rakovskem Globoščaku* in *Javorniški koleševki*. Vidimo tudi, da praktično ni razlike med pristnimi udornicami in *Javorniško* ter *Ogleniško koleševko*. Prva glede na svojo lego in dosedanje pozna-

⁷ Pri napornem, večkrat tudi nevarnem terenskem delu so mi pomagali N. Klemenčič, D. Rojšek, A. Rus, M. Samotorčan, M. Sušteršič in A. Turel-Faleschini, za kar se jim na tem mestu najlepše zahvaljujem. Zahvaljujem se tudi Društvu za raziskovanje jam Ljubljana, ki mi je dalo na razpolago primerno opremo.

⁸ Ker nekaterim poglobitvam nisem mogel ugotoviti domačih imen, so v nadaljnjem domača pisana kurzivno, delovna pa normalno. To velja tudi za sliko 4.



Sl. 4 Lambertove projekcije nekaterih udornic in kont ter trikotni diagram ploščinskih razmerij medijev, ki jih obdajajo

- | | |
|--|-----------------|
| 1 Unška koleševka ^a — klasična koleševka, | Planina—Malni |
| 2 Kališka koleševka, | Logatec—Kališe |
| 3 Laška kukava, | Laze—Ravnik |
| 4 Javorniška koleševka, | Javornik—Baba |
| 5 Ogleniška koleševka, | Javornik—Čela |
| 6 Mali dolec, | Laze—Ravnik |
| 7 Smrečnica pri Vranji jami, | Laze—Lanski vrh |
| 8 Rokavski Globoščak, | Rakov Skocjan |

S (s) stene
 M (m) melišča
 P (p) preperelina

Fig. 4 Lambert's projections of some collapsed dolinas and konte and triangle diagram of proportions between the media that limit the dolinas

- | Names | Place |
|--|-----------------|
| 1 Unška koleševka — classical koleševka, | Planina—Malni |
| 2 Kališka koleševka | Logatec—Kališe |
| 3 Laška kukava | Laze—Ravnik |
| 4 Javorniška koleševka | Javornik—Baba |
| 5 Ogleniška koleševka | Javornik—Čela |
| 6 Mali dolec | Laze—Ravnik |
| 7 Smrečnica by Vranja jama | Laze—Lanski vrh |
| 8 Rokovski Globoščak | Rakov Skocjan |

S (s) rocky walls
 M (m) screes
 P (p) soil and other dissolved material

vanje hidrologije Javornikov nikakor ni mogla nastati z udorom nad vodoravnimi jamami, druga pa je očitno močno povečan kotlič ali pa zrušeno brezno, saj zija le 20 m od njenih sten 214 m globoko brezno.

Če projekcije sten, melišč in prepereline planimentriramo in preračunamo v odstotke, lahko rezultate vnesemo v trikotni diagram, kakršen je prikazan na sliki 4. Razporeditev figurativnih točk kaže neke skupne lastnosti. Vendar pa pri osmih vzorcih še ne smemo delati zaključkov: rezultati nam bodo le vodilo za bodoče raziskave.

Trikotni diagram bi lahko s položajem figurativnih točk za posamezne objekte že odredil njihovo formalno klasifikacijo. Zdi pa se, da so projekcije še mnogo zgovornejše in bi bilo bolje ta vprašanja odložiti na poznejši čas, ko bomo imeli na razpolago več terenskih meritev.

Na podlagi dosedanjih izvajanj lahko pripišemo večino prostornih udornic in kont istim, ali vsaj konvergentnim procesom. Zato je zelo verjetna naslednja tabela:

Tabela 3

Nastanek nekaterih kraških poglobitev, glede na način odstranjevanja materiala

Pojav:	Začetni proces:	Prevladujoči proces:
Vrtače, kotlič, brezna	Korozija žive skale	Korozija žive skale
Konte	Korozija žive skale	Podiranje in korozija melišč
Udornice	Udor in mehansko odnašanje	Podiranje in korozija melišč

Matična kamnina je bila torej odnešena na tri načine. Prostornino odstranjenega materiala lahko za vsako poglobitev posebej izrazimo v odstotkih in razmerje prikažemo s trikotnim diagramom (slika 5b). To razmerje se med razvojem objekta seveda spreminja, figurativna točka pa, ki predstavlja trenutno stanje, zato potuje po polju diagrama. Vidimo:

Razvoj vrtač stagnira na točki A.

Razvoj kotličev se le polagoma oddaljuje od točke A v polje a.

Razvoj brezen ne zapušča polja e, le v primeru odprtih brezen nad večjimi vodotoki se lahko po polju d premika proti polju c.

Razvoj kont se začne v polju e in se po eni nakaznih smeri pomika proti točki B, ki pa je ne doseže.

Razvoj udornic se začne v točki C in se po eni nakaznih smeri pomika proti točki B, ki pa je ne doseže.

Iz prejšnjih izvajanj sledi, da leži večina koleševk in drugih udornic v bližini točke B in da prav isto velja tudi za konte. Izjema so le male udornice, ki se po končanem udiranju niso več večale in ki jih običajno prezremo. Smiselno je, da najdemo povečanim udornicam in kontam skupen termin. Kar ponuja se ime *kukava*, saj prav pri njih najlepše opazujemo jakost naknadnih procesov, obenem pa

je že sedaj v rabi tako za udornice, kot za konte. Pri tem lahko mirno opustimo stare definicije (Kunaver, 1957, Gams, 1963 itd.), ki govore o starosti, preperelosti in pomanjkanju sten. Res je, da en ekstrem, to je *Dolga dolina*, pade na diagramu s slike 4 na stranico MP v neposredno bližino točke P. Zato pa največja, *Laška kukava*, sploh nima prepereline, razmerje med stenami in melišči pa znaša 49:51 in tako prekaša po stenovitosti večino koleševk. Še več, pri 124 m globoki *Unški koleševki* segajo stene do 100 m globoko, pri 98 m globoki *Laški kukavi* pa celo 95 m globoko. Torej je največja kukava ponekod celo manj preperela, kot koleševka »par excellence«.

Razumljivo je, da se eksaktna razmerja, ki jih potrebujemo za vnašanje v diagram s slike 3b, izmikajo našim meritvam in je verjetno, da bo genetska klasifikacija v smislu teh izvajanj vedno le približna.

Ob koncu bi se še enkrat dotaknil formalne klasifikacije. Kot rečeno, moramo najprej na podlagi meritev in predlagane metode razčistiti pojme, šele potem pa jim lahko poiščemo ustrezne nazive. Pri tem se lahko naslanjamo na ljudsko poimenovanje, ki na obravnavanem ozemlju poleg izrazov *dolina*, *koleševka* in *kukava*, pozna še *dolce*, *globoščake*, *smrečnice*, *dole*, *bečê*, *peškêre*, drugod pa še celo zbirko drugih nazivov (Badjura, 1955). Vsi izrazi imajo jasno opredeljen pomen, ki večidel temelji na gospodarski izrabi in je torej družbeno-geografski. Zato pri povsem geomorfoloških definicijah nikoli ne bomo dosegli popolnega soglasja z ljudsko rabo.

Zaključki

— Večji del prostornine kraških poglobitev, ki smo jih doslej imenovali *udornice*, *koleševke* in *kukave*, ne gre na račun prvotne jamske dvorane, temveč je bil material odnešen z naknadnim večanjem, ko je bilo udiranje že zaključeno.

— Procesu naknadnega večanja ne zapadejo vse udornice.

— Pomembno vlogo pri tem procesu igra njihova razporeditev, v našem primeru glede na tri ugotovljene ortogonalne mreže.

— Po zunanji morfologiji so si povečane udornice in konte zelo sorodne.

— Tudi pri kontah igra položaj enako vlogo, kot pri udornicah.

— Moremo sklepati, da je proces večanja obojim skupen, ali konvergenten. Obe obliki se spreminjata v *kukavo*.

— Ta proces se sproži, ko v kraškem površju zazija neka »rana« in se širi kot »tumor«. Ob tem je pomemben položaj te rane.

— Ne moremo zanikati zveze med položajem udornic samih in jamami.

— Dosedanji način trodimenzionalnega predstavljanja smo nadomestili z novim, ustrežnejšim.

— Poskusne meritve so pokazale nekatere doslej neopažene skupne lastnosti udornic, kont in kukav. Zato je še prezgodaj uvajati klasifikacijo in jih smiselno poimenovati.

Literatura — Bibliography

- Badjura R., 1955, Ljudska geografija, Ljubljana.
- Dimitrijević M. D., Petrović R. S., 1965, Upotreba projekcije lopte u geologiji, Geološki zavod, Ljubljana.
- Forti F., 1956, Le Doline di crollo da cavita preesistenti nel Carso triestino, Le Grotte d'Italia, ser. 3^a, vol. 1, 1955/56, 34—39, Castellana — Grotte.
- Gams I., 1965, Kraška terminologija, Geografski vestnik 34, 115—136, Ljubljana.
- Gams I., 1965 a, Logarček, Acta carsologica SAZU 3, 5—84, Ljubljana.
- Gams I., 1965, H kvartarni geomorfogenezi ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerknjskim poljem, Geografski vestnik 37, 61—101, Ljubljana.
- Gams I., 1972, Prispevek k mikroklimatologiji vrtač in kraških polj, Geografski zbornik SAZU 13, 5—79, Ljubljana.
- Geografski inštitut JNA, karta 1 : 25 000, pariške podele, Listi: Vrhnika 2 b, 2 d, Cerknica 1 a, 1 c, 3 a, 3 b, 3 d, Beograd.
- Gospodarič R., Habe F., 1965, Zelške jame — začetek jamskega turizma v cerknjski občini, Naše jame 6, 55—55, Ljubljana.
- Gospodarič R., Habe F., Habič P., 1967, Preiskave krasa na trasi hitre ceste Vrhnika—Postojna, Inštitut za raziskovanje krasa SAZU, tipkopis v arhivu cestnega sklada SRS, Ljubljana.
- Gospodarič R., 1968, Speleološki procesi v Postojnski jami iz mlajšega pleistocena, Naše jame 10, 37—46, Ljubljana.
- Gospodarič R., 1970, Speleološke raziskave Cerknjskega jamskega sistema, Acta carsologica SAZU 5, 111—169, Ljubljana.
- Grafenauer S., 1967, Kristalografija, Univerzitetna založba, Ljubljana.
- Habič P., 1965, Udorne vrtače — koliševke in podzemski tokovi, Treći jugoslavenski speleološki kongres, 125—130, Sarajevo.
- Habič P., 1972, Osnovna speleološka karta SRS 1 : 25 000, List Vrhnika 2 b, Inštitut za raziskovanje krasa SAZU, Postojna.
- Istituto geografico militare, Carta d'Italia alla scala di 1 : 25 000, Listi, Val Giordina, Monte Nevoso, Dolina dei Noccioli, Zabice Castelvecchio, Pian della Secchia, Roma.
- Jenko F., 1959, Hidrogeologija in vodno gospodarstvo krasa, Ljubljana.
- Kunaver P., 1957, Kraški svet in njegovi pojavi, Ljubljana.
- Kunaver J., 1961, Visokogorski kras vzhodnih Julijskih in Kamniških Alp, Geografski vestnik 33, 95—135, Ljubljana.
- Melik A., 1959, Nova geografska dognanja v Trnovskem gozdu, Geografski zbornik SAZU 5, 5—26, Ljubljana.
- Melik A., 1963, Slovenija I, Ljubljana.
- Michler I., 1953/54, Vrtače in doline, Proteus 16, 204—209, Ljubljana.
- Michler I., 1954/55, Planinska dolina, Proteus 17, 10—16, Ljubljana.
- Novak D., 1962, Kraški pojavi v Loškem Snežniku, Zavod za geološka i geofizička istraživanja, Vesnik/knjiga 2, ser. B, 125—131, Beograd.
- Pleničar M., 1968, Stratigrafski razvoj krednih plasti na južnem Notranjskem in Primorskem, Geologija 6, 22—145, Ljubljana.
- Puc M., 1968, Speleologija Lanskega vrha, tipkopis v arhivu DZRJL, Ljubljana.
- Radinja D., 1972, Zakrasevanje v Sloveniji v luči celotnega morfogenetskega razvoja, Geografski zbornik SAZU 13, 197—242, Ljubljana.
- Sweeting M. M., 1972, Karst Landforms, London.
- Sifrer M., 1956, Obseg pleistocenske poledenitve v Notranjskem Snežniku, Geografski zbornik SAZU 5, 27—85, Ljubljana.
- Sušteršič F., 1964, Kraška Ljubljanica med Cerknico, Planino in Vrhniko, tipkopis v arhivu DZRJL, Ljubljana.
- Sušteršič F., 1968, Nekaj o nastanku kraških udornih dolin, Naše jame 9, 58—65, Ljubljana.
- Zapisniki terenskih ogledov, Arhiv DZRJL in JZS, Ljubljana.

ON THE PROBLEMS OF COLLAPSE DOLINAS AND ALLIED FORMS OF HIGH NOTRANJSKO (SOUTHCENTRAL SLOVENIA)

France Šušteršič

(Summary)

Problems

General opinion is that a collapse dolina results in simple falling — in of the cave roofs. Calculations show that the primary cave chambers decrease, when moving towards the earth surface, owing to the loosening of the collapsed mass (Šušteršič, 1968). The quantities are shown in following equation:

$$V = V_0 - \frac{V_m}{4}, \quad \text{if } k = 1, 25$$

- where: (V) volume of the cave chamber in the moment of observation
 (V_0) volume of the primary cave chamber
 (V_m) pure volume of the fallen — in rock till the moment of observation
 (k) proportion between the solid roof mass volume and the collapsed mass volume.

The result is, that in the moment, when the pure volume of collapsed rock is equal to four primary volumes, the empty room disappears. Generally, volumes of collapse dolinas should be smaller than the volumes of the primary cave chambers.

This conclusions is quite opposite to field observations. Table 1 (Look at the Slovene text!) shows the volumes of collapse dolinas, named popularly *kukave* (sing: *kukava*), which are not the largest collapse dolinas in the territory, while Table 2 shows the volumes of the largest cave chambers there. The average proportion is 14, 52 for *kukave*. As we can observe in many caves, relatively small caverns extend to extremely large dolinas, the bottoms of which are sometimes lower than the bottoms of the caves there. On the other hand, also small dolinas (among the large ones) appear that follow correctly the given equation. So we can suppose that a process of subsequent enlarging of some dolinas exist. The water channels in the brokendown mass are not stable when being enlarged by water streams, while the cracks in the bedrock are stable. So soon after the collapse water forms a nearby channel in the solid rock and the removing of the collapsed mass by water stream must be generally excluded as the factor of enlarging.

Being similar at the first sight, *konte* (which are typical forms of the Julian Alps Karst regions) differ from collapse dolinas in their origin. *Konte* (sing.: *konta*) also appear on the high plateaus of Notranjsko and Primorsko (Southwest Slovenia) as traces of pleistocene climate conditions. As no caves can be expected under them nobody has paid any attention to their position and distribution. Considering their number per km² we can form groups and then within the same group connect them with lines, always choosing the shortest distance. Fig. 1 shows the groups of *konte* at Loški Snežnik (about 1200 m high plateau South of Postojna), and frequency of inner connections. We can observe at once that the preferred directions of the inner connections are 300°, 320°, 340° and their normals. Consequently, by using a three right angle grid system, which must have for the moment only the mathematical meaning, the position of *konte* formations can be plotted.

Just the same goes for the collapse dolinas in the background of the springs of the Ljubljana (Fig. 2). But among the six already known directions a new one appears which is in fact the general direction of the main

underground streams of the Ljubljana. This fact proves the supposition that collapse dolinas appear over the horizontal caves, but just like *konte* they depend on grids for their position. The processes forming them must be the same or convergent.

Vertical distribution of the collapse dolinas in the acria of the main streames of the Ljubljana (Fig. 3 a) shows that they do not appear in the territory higher than 650 m. That means that the Maximal line of collapsing (Sušteršič, o. c.) does not surpass that level. By using the equation (3, 1) (Sušteršič, o. c.) and the results of diving (that the submerged channels of the Ljubljana generally do not lie lower than 500 m above the sea level) we find out that the largest cave chamber in the area does not surpass $7,19 \cdot 10^5 \text{ m}^3$. The volume is about twice the volume of the largest cave chamber there (Table 2), but hardly any large than the smallest *kukava*.

Documentation, classification and terminology

To study the forms of the collapse dolinas themselves, we must find a good way to present them. As they are distinctive threedimensional phenomena, usual ground plans and sections do not show their actual form. Better presentation is used on Fig. 4.

In the centre of the ground plan of the dolina we put the centre of a hypothetical sphere, with Z_c coordinate of the highest point of the perimeter of the dolina. Projecting the limits of the rocky walls, screes and dissolved material on the sphere we get a good picture but understandably distorted. Finally we draw it in the equivalent Lambert's projection. Fig. 4 represents some collapse dolinas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) and some *konte* in that projection. Some samples, like (3, 4 and 8) show the inflictions of tectonics very well, as the points, lying on the same plane appear on the same arch under projection. But it is not possible to find any distinguishable difference between collapse dolinas and *konte*. Measuring the area of the rocky walls, screes and dissolved material on the projection and transforming it into percentages, we get proportions, that can be shown on the triangle diagram (Fig. 4). The grouping of the figurative points in the triangle show some unexpected properties of the dolinas. But as we have eight samples only, it is too early draw any conclusions.

Considering the position of the figurative points on the triangle diagram, we could build simple principles for classification of dolinas. But, the projections seem to be more comprehensible, and, having measured more of them it will be possible to recognize their affinity and then form groups. So the only way to avoid wrong classification is more field work.

However it is possible to compose a very probable genetic model of different dolinas, based on chapter one, as follows:

Table 5:

Type of dolina	Initial process	Prevailing process considering the volume of removed material
Corrosive dolinas, potholes, <i>kotličiči</i>	Corrosion of solid rock	Corrosion of solid rock
<i>Konte</i>	Corrosion of solid rock	Falling — in of the rocky slopes and the corrosion of the screes
Collapse dolinas	Incassation of the cave roof and mechanical removing of the material	Falling — in of the rocky slopes and the corrosion of the screes

There are three ways of removing material. We can express the volume proportions by the triangle diagram (Fig. 3 b). The development of the collapse dolinas and *konte* starts at points (C) and (A), but during the enlarging process their figurative points move towards point (B). I suggest that in the Slovene language we should use the word *kukava* for final forms because it is identical with popular names.

Conclusions

— The bulk of volume of collapse dolinas, named in Slovene *udornice* (sing.: *udornica*), *koleševke* (sing.: *koleševka*), and *kukave* (sing.: *kukava*), are not due to the primary cave-room, but to the subsequent enlarging.

— Not all the collapse dolinas grow in such a way.

— The position of dolinas on three above mentioned right angle grids play an important role with this process.

— Considering their outlook the large collapse dolinas and *konte* are quite similar.

— As with collapse dolinas, the position of *konte* on these grids is very important.

— We can conclude that the processes of enlarging are common or convergent with the collapse dolinas and *konte*. They both change to *kukave*.

— This process starts when a hole gapes in the earth surface and grows like a tumour. Its position seems to be more important than its origin.

— We can not deny the relationship between caves and collapse dolinas.

— We found a more suitable way of three-dimensional representation these phenomena.

— The accurate experimental measuring showed some unexpected properties of collapse dolinas, *konte* and *kukave*. Therefore it is too early to establish precise formal classification and terminology.