

# KRAŠKI RELIEF IN TEKTONIKA

(S 4 SLIKAMI)

# KARST RELIEF AND TECTONICS

(WITH 4 FIGURES)

P E T E R   H A B I Č

SPREJETO NA SEJI  
RAZREDA ZA PRIRODOSLOVNE VEDE  
SLOVENSKE AKADEMIJE ZNANOSTI IN UMETNOSTI  
DNE 18. JUNIJA 1981

## VSEBINA

|  |         |
|--|---------|
| Izvleček — Abstract .....  | 26 (4)  |
| UVOD .....   | 27 (5)  |
| NEKAJ SPOZNANJ O VPLIVU TEKTONSKE ZGRADBE NA GEOMORFOGENEZO<br>KRASA ..... | 28 (6)  |
| SLEDOVI MLADE TEKTONSKE DINAMIKE V KRASU .....                             | 29 (7)  |
| MORFOTEKTONSKE ENOTE NOTRANJSKEGA KRASA .....                              | 37 (15) |
| SKLEP.....   | 40 (18) |
| LITERATURA .....   | 41 (19) |
| KARST RELIEFS AND TECTONICS (Summary) .....                                | 43 (21) |

**Izvleček**

UDK 551.44:551.24(497.12-14)

**Habič Peter: Kraški relief in tektonika.**

*Acta carsologica* 10, 23—44, Ljubljana, 1982, lit. 48.

Na podlagi geoloških, morfoloških in speleoloških raziskav v okolici Planinskega polja so analizirani sledovi mladih tektonskih premikov v reliefu in v jamah. Opredeljene so glavne morfotektonske enote dinarskega krasa v predelu med Postojno in Vrhniko. Podčrtan je večji delež tektonike v razčlenjevanju kraškega površja in oblikovanju kraških polj v primerjavi z erozijsko korozijskimi procesi.

**Abstract**

UDC 551.44:551.24(497.12-14)

**Habič Peter: Karst Relief and Tectonics.**

*Acta carsologica* 10, 23—44, Ljubljana, 1982, Lit. 48.

On the base of geological, morphological and speleological investigations around Planinsko polje the traces of young tectonic movements in the relief and in the caves were analysed. The main morphotectonic units of dinaric karst in the region between Postojna and Vrhnika were defined. Important role of tectonics, related to karst surface dissection and karst poljes formation is accentuated, compared to erosion corrosional processes.

Naslov — Adress

dr. Peter Habič, znanstveni svetnik  
Inštitut za raziskovanje krasa SAZU  
Titov trg 2  
66230 Postojna  
Jugoslavija

## UVOD

Pretežna večina dosedanjih geomorfoloških študij o nastanku in razvoju dinarskega krasa v Sloveniji izhaja iz prevladujoče domneve o prvotnem fluvialnem oblikovanju površja na karbonatnih kamninah. Podlaga takšni predstavi o reliefnem razvoju naj bi bila na eni strani prvotna zajezenost karbonatnih kamnin sredi nizkega zelo uravnanege površja, na drugi strani pa naj bi k fluvialnemu oblikovanju pripomogli terciarni sedimenti, ki naj bi skoraj v celoti prekrivali mezozojske apnence in dolomite ter jih tako ščitili pred zakrasevanjem. S postopno erozijo terciarnega sedimentnega pokrova naj bi bili apnenci vedno bolj izpostavljeni kraškemu preoblikovanju. K temu naj bi pripomoglo epirogenetsko dviganje površja pa tudi klimatsko diferencirano zniževanje, pogojeno z različno odpornostjo kamnin. V manjši meri so bili doslej obravnavani neposredni tektonski vplivi pri oblikovanju reliefa. Ti so jasno izraženi le v izrazitih zasutih kotlinah, medtem ko pri obravnavanju višjega kraškega obrobja teh kotlin neposredni tektonski premiki v reliefu niso bili ugotovljeni.

Sistematični pregled doslednjih pogledov na razvoj krasa v Sloveniji je podal D. R a d i n j a (1972), zato se na tem mestu lahko izognemo ponavljanju. Ugotovimo naj le, da tudi poznejše razprave niso prinesle bistvenih novosti, temveč so skušale le dopolniti znanje o razvoju krasa na podlagi podrobnejših preučevanj. Ohranilo se je temeljno izhodišče o prvotnem fluvialno zasnovanem reliefu, ki naj bi ga zakrasevanje postopno spreminjalo. Izjeme so Kraška polja, kjer se razen na nepropustnem površju še nadaljujejo fluvialni erozijski ali korozijski ter akumulacijski procesi.

Prevladujoči pogledi o splošnem erozijskem oblikovanju reliefa na karbonatnih kamninah so vodili raziskovalce k ugotavljanju erozijskih oblik, dolin, teras in ostankov uravnave. Sledili so njihovem nadaljnjemu preoblikovanju pod vplivom različno intenzivnega kraškega oziroma korozijskega zniževanja. Samo s fluvialno erozijsko, pa tudi s korozijsko teorijo o oblikovanju površja, pa vključ vseh bolj razčlenjenim in mersko dokazanim razlikam v klimatsko pogojenih procesih ni bilo mogoče razložiti nekaterih pomembnih reliefnih potez Notranjskega krasa.

Do podobnega spoznanja so prišli raziskovalci tudi na drugih kraških predelih po svetu. Ko so marsikje odpovedala najsodobnejša spoznanja klimatske geomorfologije, so začeli iskati vzroke v litološki in tektonski zgradbi (M. M. S w e e t i n g , 1976, D. C. F o r d , G. A. B r o o k , 1976, 1978). S tovrstnimi raziskavami so sicer opozorili na pomen tektonske in strukturne predispozicije v razvoju krasa in zlasti kraške cirkulacije ter s tem omogočili spoznanja o posebnih geotektonskih tipih krasa (M. H e r a k , 1971, 1977). Razmeroma redke, toda pomembne so študije, ki so opozorile na neposredni vpliv tektonskih procesov pri oblikovanju kraškega površja (J. C v i j i ć , 1924, J. V i l i m o n o v i ć , 1970, V. K l e i n , 1974, A. C a v a l l i n , B. M a r t i n i s , L. C a r o b e n e , G. B. C a r u l l i , 1979). Podobno velja tudi za ugotovitve speleologov, ki so v kraškem podzemlju opazili sledove kvartarne tektonike (V. M a u r i n , 1953, Z. W ó j c i k , S. Z w o l i n s k i , 1959, R. G o s p o d a r i ć , 1964, F. C u c c h i , F. F o r t i , R. S e m e r a d o , 1979).

Na sledove kvartarne tektonike smo zadeli tudi pri preučevanju Cerkniškega in Planinskega polja ter Postojnskih jam. Prva spoznanja o neposrednih tektonskih vplivih na oblikovanje kraškega površja in podzemlja na Notranjskem pa morda vkljub nekaterim pomislekom vendarle lahko vzpodbudijo k nadaljnjemu iskanju povezav med neotektonskimi premiki in morfogenezo ter speleogenezo in hidrogeologijo krasa.

### NEKAJ SPOZNANJ O VPLIVU TEKTONSKE ZGRADBE NA GEOMORFOGENEZO KRASA

Pomen geološko tektonske zgradbe na Notranjskem krasu je najlepše viden v razporeditvi zakraselih apnencev in dolomitov ter neprepustnih kamnin. Flišno Vipavsko dolino obrobajo z obeh strani višje kraške planote, ki so omejene z izrazitimi strmimi stenami ob narivnih in prelomnih robovih Nanosa in Trnovskega gozda. Le nekoliko bolj položni so robovi matičnega Krasa. Podobno velja za Pivško kotlino. Geološka zgradba se kaže tudi v prostorski opredeljenosti večjih reliefnih enot kot so matični Kras, Nanos s Hrušico, Javornik s Snežnikom, Logaška planota in druge. Te strukturne enote so zasnovane s starejšo narivno zgradbo (I. M l a k a r , 1969, L. P l a c e r , 1973) ter mlajšimi pretežno NW — SE in NE — SW prelomi (R. G o s p o d a r i č , 1969). Prelomi in narivi pa se le delno skladajo z reliefnimi potezami, zato pri podrobnem geomorfološkem preučevanju visokega krasa med Idrijo in Vipavo nismo mogli dokazati popolne skladnosti geostrukturnih in morfoloških enot (P. H a b i č , 1968), ker so ob istih prelomnih in narivnih črtah nastale različne reliefne oblike in stopnje. Pomembnejše reliefne stopnje so nastale predvsem ob stiku apnenca in fliša, medtem ko so reliefne razlike ob nekaterih prelomnih in narivnih stikih različnih apnencev komaj opazne.

Iz tega smo tedaj sklepali, da so bili pri oblikovanju reliefa na karbonatnih kamninah pomembnejši erozijsko denudacijski procesi, ki so le ponekod podčrtali strukturne razlike v kamnini. Takšne razlike se v reliefu Slovenije na splošno kažejo kot dvojna orografska usmerjenost na podlagi regionalnih tektonskih struktur, alpskih in dinarskih (D. R a d i n j a , 1972, 202).

Preučevanje epirogenetskih in orogenetskih gibanj v dinarskem krasu je med drugim opozorilo na pojave paleokrasa ter omogočilo novo tektogenetsko klasifikacijo. Ugotovljenih je bilo več tektogenetskih tipov krasa, ki jih označujejo razlike v litostratigrafiji in tektoniki, pa tudi v morfologiji in hidrogeologiji (M. H e r a k in drugi 1976, 90, M. H e r a k , 1977). S tem je bila dana možnost za dopolnitev prevladujoče klimatsko geomorfološke razlage erozijsko korozijskega oblikovanja kraškega reliefa.

Klimatska geomorfologija je številne reliefne oblike skušala razložiti z litološkimi razlikami in tektonsko pretrtostjo kamnin, ki posebej vpliva na cirkulacijo vode in različno korozijsko aktivnost. Pri primerjavi kraških in nekraških predelov je bilo ugotovljeno povečano erozijsko poglobljanje na nekarbonatnih tleh predvsem v hladnejšem kvartarnem obdobju. Pogojeno naj bi bilo s klimatskimi spremembami in splošnim tektonskim dviganjem, ki je prispevalo k večji reliefni energiji.

Relativna tektonska dviganja oziroma grezanja naj bi v kraškem reliefu ne zapustila takšnih sledov zaradi prevladujočega podzemeljskega odtoka, zato naj bi se v krasu ohranile prvotne oblike in le v robnih predelih naj bi strmi robovi odražali obdobja vrezovanja zaradi tektonskega dviganja, ravne police pa obdobja uravnavanja ob tektonskem mirovanju. V skladu z erozijsko korozijsko teorijo naj bi tako različno intenzivna epirogenetska gibanja in vmesna obdobja mirovanja zapustila številne uravnave in police

v različnih višinah. Njim so geomorfologi v Sloveniji posvetili posebno pozornost (A. Melik, 1963, 81), študije pa niso prinesle zaželenih rezultatov, ker niso dovolj osvetlile vzrokov in mehanizma nastajanja stopnjastega reliefa. Nekateri so sicer skušali hipsografske razlike med policami razlagati z diferencirano tektoniko, čeprav za to ni bilo na voljo zanesljivih dokazov.

Diferencirana tektonska grezanja so bila najbolj očitna ob alpsko-dinarskem stiku, kjer so tektonske depresije zasute z mladimi rečnimi naplavinami. Tektonska dinamika je bila tam potrjena predvsem s kronološko opredelitvijo sedimentov iz vrtin, npr. v Ljubljanski kotlini (I. Rakovec, 1955), še posebej pa na Ljubljanskem barju (R. Pavlovac, 1966, A. Šercelj, 1965). Grezanje Barske kotline je zapustilo pomembne posledice v hidroloških razmerah sosednjega Notranjskega krasa, kar so skušali osvetliti med drugimi J. Rus (1925), A. Melik (1952), pa tudi P. Habič (1973) in R. Gospodarič, P. Habič, 1979). Grezanje v območju Ljubljanskega barja je nedvomno pospešilo zakrasevanje Notranjskega podolja in tako je tektonika posredno vplivala na razvoj kraškega površja. Za neposredne posledice endogenih procesov v kraškem reliefu pa doslej ni bilo zanesljivih dokazov.

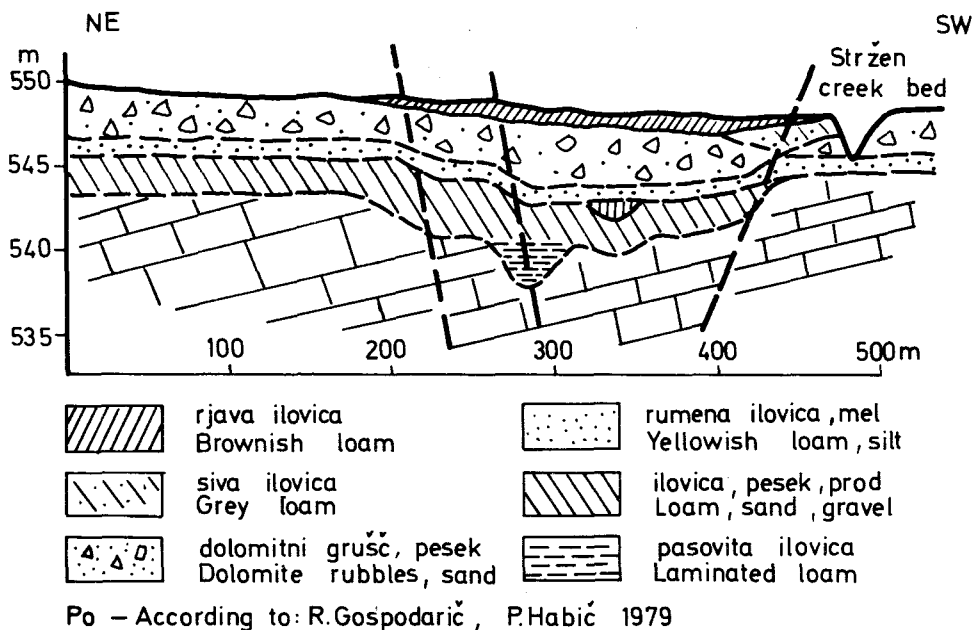
### SLEDOVI MLADE TEKTONSKE DINAMIKE V KRASU

Na morfološki pomen prelomov in prelomnih stopenj v krasu je opozoril že J. Cvijić (1924, 332). Menil je, da se prelomi in mlade prelomne stopnje na apneniškem površju bolje ohranijo kot v drugih kamninah. Morfološko so pomembni predvsem tisti prelomi dinarskega krasa, ki so bili aktivni v zgornjem pliocenu in kvartarju. Ob prelomnih stopnjah na apnencih ni značilnih denudacijskih sprememb, zato jih lahko sledimo v strmih premočrtnih rebrih tudi na večje razdalje, opozarja Cvijić. Za primer navaja izrazito prelomno, preko 1000 m visoko stopnjo, ki se vleče ob Plešivici od Korane do Petrovega sela na razdalji okrog 50 km. Na reproducirani topografski karti je prikazan prelom Zubci pod Orjenom med Grabom in Mrcinami. Izrazite tektonske zasnovane reliefne poteze je Cvijić sledil zlasti ob jadranski obali, pri Bakru, Vinodolu in Boki Kotorski. Poleg strmih stopenj pa odražajo mlade tektonske premike tudi položnejše fleksure, kakršna je na Korani pri Plitvicah.

Nov pripomoček pri ugotavljanju sledov tektonskih premikov v reliefu pomenijo letalski posnetki. Na njihovi podlagi se je že uspešno razvila fotogeološka interpretacija prelomne zgradbe in dinamike. Za geomorfologijo so zanimive tudi interpretacije satelitskih posnetkov, ki so na kraškem ozemlju zahodne Slovenije ugotovile vrsto prelomnic v reliefu, ki jih pri geološkem kartiranju niso zasledili (Oluić M., D. Cvijanovač, V. Kuk, 1978). "Fotoprelomi" pa so na teh posnetkih marsikje ugotovljeni prav na podlagi reliefnih razlik. V geološko homogenih enotah je bilo mogoče sklepati na tektoniko predvsem po reliefu in ne po geološki zgradbi. Ugodnejše podatke o tektoniki so dobili v geološko bolj pestro sestavljenih predelih, na primer v Posavskem hribovju in vzhodni Sloveniji, kot so pokazale študije U. Premruja (1976).

V geološko razmeroma homogenem apnenčastem predelu Notranjske je potemtakem težje ugotavljati sledove mlade tektonske dinamike na kraškem površju. Morfološke in hipsografske razlike je mogoče razlagati tudi z erozijsko denudacijskimi procesi, če zanje nimamo neposrednih dokazov o diferencirani tektonski dinamiki v geološki zgradbi.

Na prve sledove o kvartarnih tektonskih premikih na območju Notranjskega krasa smo zadeli pri preučevanju naplavin na Cerknškem polju. Pri Rešetju je bil umetno



Slika 1. Cerkniško jezero, sedimenti pri Dolenjem Jezeru

Fig. 1. Cerknica lake, sediments near Dolenje Jezero

skopan jarek, v katerem smo našli značilno prelomljene in premaknjene pleistocenske plasti glinastih, peščenih in prodnih naplavin. Te so bile kronološko razmeroma natančno opredeljene (R. Gospodarič, P. Habič, 1979). Tektonski premiki v skalni podlagi Cerknškega polja so bili ugotovljeni tudi v prečnem prerezu med Rešetom in vzhodnem Klinjega vrha. Razpored naplavin in obliko skalne podlage smo ugotovili z ročnimi vrtinami, kot je prikazano na sliki 10 (l. c. str. 39). Osrednji del Cerknškega polja se je pogreznil po odložitvi jezerskih naplavin (plast B) prek starejšega prodno ilovnatega zasipa (plast C). Tektonski poglobitvi dna je sledil mlajši zasip (plast A). Na podlagi kronološke opredelitve naplavin pri Rešetu bi mogli 3 m tektonsko pogreznanje skalne podlage polja uvrstiti v interstadialno obdobje srednjega würma, mlajši krovni zasip pa bi bil stadialen, najbrž zgornje würmski. V umetnem jarku pri Rešetu so razlomljene tudi zgornje würmske naplavine, vertikalno so premaknjene plasti krovne grušča, po čemer sklepamo, da se je premikanje nadaljevalo tudi v holocenu.

Cerkniško kraško polje je izoblikovano na idrijski prelomni coni, ob kateri so dokazani horizontalni in vertikalni premiki, ki so razčlenili postecenske narivne strukture (J. Čar, 1980). Horizontalni premiki so dokazani na območju idrijskega rudišča, horizontalni in vertikalni pa tudi v predelu med Hrušico, Kalcami in Kališem ter na območju Planinskega polja.

Prav na podlagi podrobnega geološkega kartiranja, ki ga je opravil J. Čar, rezultati pa so podani v posebni razpravi v tem zvezku Krasoslovnega zbornika, je bilo mogoče bistveno osvetliti povezanost nekaterih reliefnih oblik s tektonsko zgradbo. V kraškem površju se jasno odražajo različne zdrobljene, porušene in razpoklinske cone ob prelomih. Te imajo razumljivo tudi posebne hidrogeološke funkcije in se razlikujejo



tako po vertikalni in horizontalni prepustnosti. Podrobno kartiranje je opozorilo na nekatere neposredne skladnosti med reliefom in prelomnimi conami. Vseh reliefnih značilnosti, ki bi jih lahko pripisali tektonskim premikom, pa tudi podrobno geološko kartiranje ni moglo pojasniti.

Po terenskih podatkih in geološki karti v merilu 1:5.000 je L. P l a c e r (1979) izračunal relativne višinske razlike med posameznimi tektonskimi bloki ob idrijski prelomni coni na območju Planinskega polja. Skupna višinska razlika med Planinsko goro in dnem Planinskega polja znaša po geološki zgradbi 1800 m, med posameznimi bloki znotraj te cone pa je izračunal tudi relativne razlike. Horizontalni premik znaša okrog 2400 m. To je seveda števeček vseh pozitivnih in negativnih premikov. Absolutno opravljena pot pa more biti tudi večja.

Zanesljivi geološki podatki torej jasno kažejo, da so se vsaj v ožji idrijski prelomni coni izvršili pomembni tektonski premiki nekako od oligocena do danes.

S primerjavo posameznih tektonskih enot in kraškega površja pa smo skušali odkriti tudi neposredne sledove tektonskih premikov v reliefu. Ugotovili smo razmeroma precejšnjo skladnost dvignjenih blokov z višjim reliefom in obratno spušenih blokov z nižjim reliefom. Samo Planinsko polje je razvito prav v coni največjega tektonskega znižanja (F. Š u š t e r š i č , 1977). To potrjujejo tudi nove seizmološke študije zahodne Slovenije (R. P e t k o v s k i , A. A n d r e e v s k i , 1981). Ta splošna ugotovitev pa potrebuje podrobnejšo morfogenetsko analizo nastanka in razvoja tega kraškega polja, ki mu nekateri pripisujejo najbolj tipične kraške poteze med podobnimi polji v Sloveniji (F. H a b e , 1979). Napravili smo šele prve primerjave, potrebne pa bodo nadaljnje sistematične raziskave, ki morajo osvetliti erozijsko korozijski in tektonski delež pri oblikovanju in poglobljanju te osrednje kraške globeli v hidrološki mreži kraških polj na Notranjskem.

Morfološke analize Notranjskega krasa se je s pomočjo sodobnih matematičnih metod lotil F. Šušteršič (1978, 1979). Pri preučevanju Postojnskih vrat in velezatropa ob izvirih Unice na Planinskem polju je opozoril na pomembno neskladnost v količini celotne odnešene kamninske mase. Ta znaša pri zatrepu nekaj nad  $2 \text{ km}^3$ , medtem ko naj bi bilo iz celotne globeli Planinskega polja pod nivojem 530 m odnešenih le  $1.17 \text{ km}^3$  karbonatov. To računsko nesorazmerje se seveda bistveno spremeni, če pri oblikovanju samega zatropa kot tudi celotne kotline kraškega polja računamo z možnostjo diferenciranih tektonskih gibanj manjših blokov. Nekatero reliefne značilnosti v velezatrepu ob izvirih Unice in ob vznožju Planinske gore nakazujejo takšno možnost, potrjujejo pa jih tudi ugotovljeni prelomi. Ob vertikalnih prelomih je razlomljena in premaknjena narivna ploskev med krednimi apnenci v talnini in zgornje triasni dolomiti v krovlini. Ploskev je razgaljena v dolomitnem kamnolomu pri Planini, kjer je viden tudi vertikalni premik, kakršen je dokazan z vrtno v dna polja pri Hasberku (J. Č a r , 1980). Še drugo neposredno zvezo med zgradbo in reliefom smo opazili v kamnolomu pri Planini. Tam, kjer strm dolomitni breg prehaja v skoraj vodoravno polico, je jasno izražena prelomna cona, ob kateri je spuščeno južno krilo z nižjim reliefom. Prečno dinarska vrzel v južnem delu Planinskega polja je torej tektonsko zasnovana.

Tektonsko poglobitev lahko domnevamo tudi v ožjem južnem kotu Planinskega polja, kjer je J. Č a r (1980) ugotovil posebne geološke razmere. Nizki hrbet Grahovš in Kali (574) med Planinskim in Unškim poljem je kot tektonski blok pogreznen ob NW-SE in NE-SW prelomih v primerjavi s sosednjim blokom Starega gradu (703), v katerem je ohranjen višji relief. Proti Planinskemu polju je tektonska enota Grahovš omejena z NE-SW prelomom, ob katerem je sosednji blok še bolj znižan, kot je to na podlagi

fotoposnetkov ugotovil že U. P r e m r u (Hidrogeološka karta kraške Ljublanice, 3. SUWT, 1975). V tem delu Planinskega polja so ugotovljene tudi debelejšje plasti kvartarnih naplavin, kar pomeni, da je skalna podlaga sorazmerno znižana (D. R a v n i k , 1976, tabla 2). Zanimivo je tudi dejstvo, da so prav ob prelomu na vznožju tektonskega bloka Grahovš prvi požiralniki Unice v Mrčonovih ključih in Vodonosju.

Na tektonsko razčlenjenost Planinskega polja je možno sklepati tudi po karti skalne podlage, ki je sestavljena na podlagi vrtin in geofizikalnih meritev naplavin. Skalno dno polja je mnogo bolj razčlenjeno in zakraselo kot so poprej domnevali (D. R a v n i k , 1976). Najbolj je poglobljeno skalno dno pod Grahovšem in ob robu med Ivanjim selom ter Lazami. Struga Unice vijuga danes do Laz prav nad najbolj poglobljenim dnomo po najdebelejši plasti naplavin. Njen nenavadni zasuk od Laz proti Podgori pa si lahko razložimo z razmeroma visoko skalno podlago ob vznožju Jakovice, saj je tam podobno kot pod Lipljami najtanjša plast naplavin. Relativno visoko skalno podlago enkrat na zahodni, drugič na vzhodni strani polja pa bi težko pripisali le specifičnemu erozijskemu ali korozijskemu zniževanju sklanske podlage. Mnogo bolj sprejemljiva se zdi domneva, da je takšna razporeditev kamninske podlage tudi tektonsko zasnovana in da gre za različno premikanje skalne podlage Planinskega polja. Po vsej verjetnosti takšno premikanje vpliva tudi na razporeditev meandrov Unice in njeno nenavadno pretakanje od vzhodnega k zahodnemu bregu in nazaj k ponoram na vzhodni strani. Skladno z nagnjenostjo skalne podlage je izoblikovano tudi odcejanje talne vode iz naplavin v dnu polja. Tako so usmerjene majhne struge z območja najtanjših naplavin k strugi Unice, ki obkroža dvignjene dele skalne podlage. Ugotovimo pa lahko tudi precejšnjo skladnost zasukov Unice in drobne hidrografske mreže s tektonskimi linijami, ki jih je možno slediti le na obrobju polja.

Z zanimivo morfografsko analizo je F. Š u š t e r š i č (1979) našel tudi v širšem zaledju Planinskega polja in po Notranjskem krasu obilo sledov neposrednega odseva mlade tektonike. V tako imenovanih pregibnicah naj bi se zrcalili vplivi endogenih sil pri zasnovi drobnih razlik v naklonskih in smernih pregibih pobočja. Kartografska predstavitve takih pregibnic prikazuje podobno mrežo, kot jo predstavljajo fotogeološki prelomi na podlagi letalskih posnetkov. V glavnih črtah pa se karta pregibnic sklada tudi s prelomi, ugotovljenimi pri kartiranju površja. S pomočjo te morfografske metode, ki je oprta predvsem na spremembe v naklonih in smereh pobočij, dobimo prav zanimivo podobo o domnevnih tektonsko zasnovanih elementih v reliefu. Potrebno pa bo to metodo še dopolniti, da bomo mogli oceniti dejanski pomen endogene dinamike v reliefu.

Prvi koraki v tej smeri so že napravljeni. Poskusili smo namreč primerjati sorodne morfostrukturne enote in ugotoviti višinske razlike med njimi ob prelomih, pregibnicah in podobnih brazdah v kraškem reliefu, ki jih nakazujejo drenažne cone, žlebovi in nizi vrtač ter premočrtne strme rebri. Pri preučevanju kopastega kraškega površja (P. H a b i č , 1981) smo spoznali, da so ravnote ali uravnave z značilnimi kopastimi vzpetinami, kovki, kuclji in lonicami, razmeroma star reliefni element v krasu, ki je razporejen v različnih višinah. Takšne kopaste vzpetine so tipične tako za razmeroma nisko kraško obrobje Pivške kotline kot za višje planotasto površje Hrušice, Nanosa, Trnovskega gozda in druge visoke dinarske planote. Po naših ugotovitvah o oblikovanju takšnega površja (P. H a b i č , 1968, 1981) in po primerjavah s kopastim reliefom v tropskem krasu ter v krasu Južne Kitajske (P. H a b i č , 1980) so takšne reliefne značilnosti na kraškem površju nastajale v bolj humidnih in toplejših klimatskih razmerah, pa tudi v sicer za to primernih geomorfoloških pogojih. Oblikovanje kopastega površja je povezano predvsem z denudacijsko korozijskimi procesi, ki vertikalno

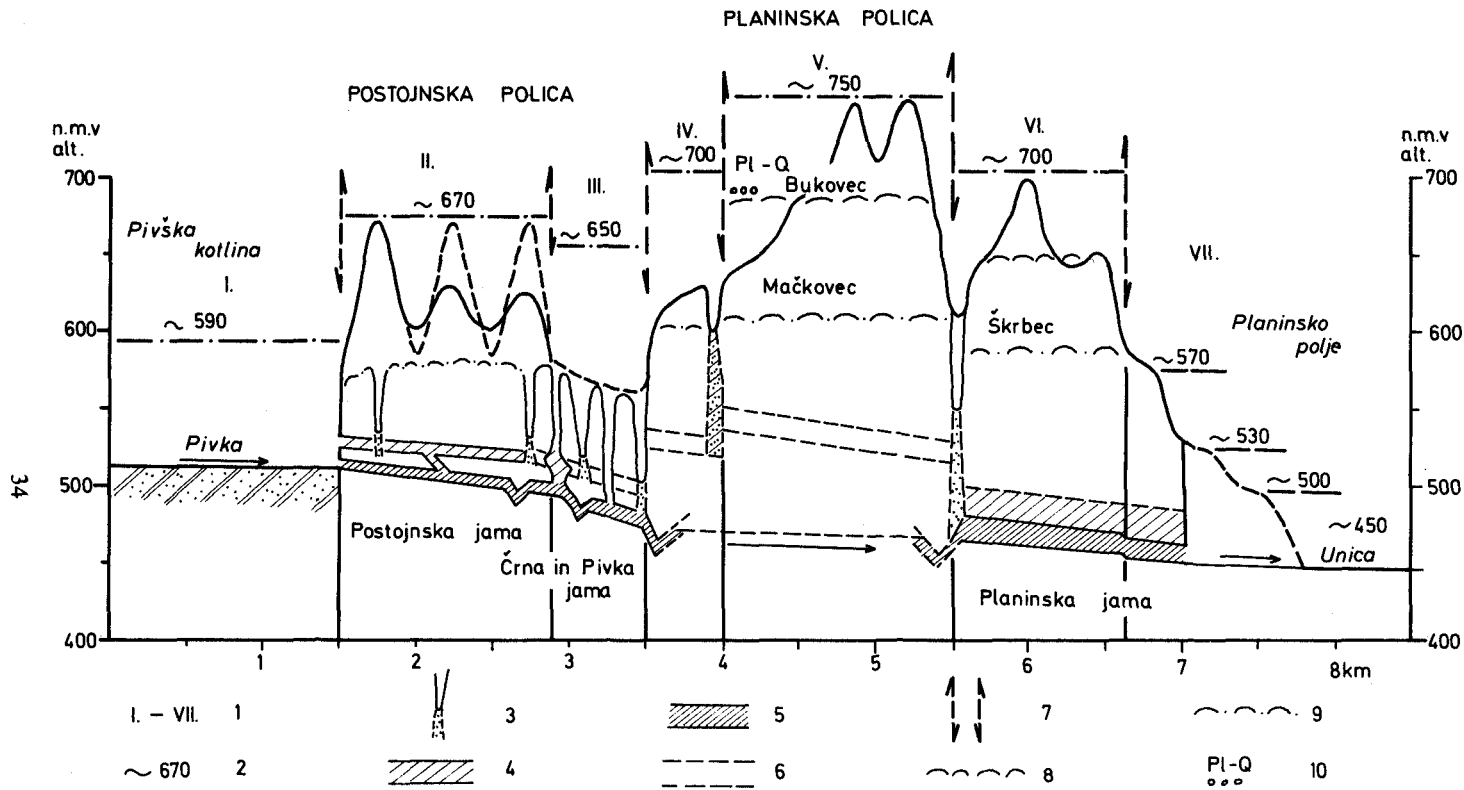
razčlenjujejo karbonatno površje do višine zajezone vode v krasu ali poplavne ravnice. V takšnih razmerah nastajajo poligonalno mrežasto razporejeni kopasti vrhovi in vmesni doli (*cockpit*), ki prehajajo v različno obsežne uravnave. Na teh uravnava so marsikje ohranjeni ostanki fluvialnih naplavin, glin, prodov in peskov, ki so jih odložile vode s sosednjih neprepustnih in netopnih kamnin.

Kjer so nanizani približno enako visoki in podobno oblikovani kuclji, jih pripisujemo skupni fazi nastajanja. Če so takšne homogene enote razporejene v različnih višinah, so jih v tak položaj postavila lahko le mlajša tektonska premikanja. Podobno velja tudi za posamezne dele uravnav. Tako sta Belokranjski in Kočevski ravniki kot nekdanja morfogenetska enota tektonsko razmaknjena za nekaj sto metrov. Najbolj zanimive elemente za primerjavo višinskih razlik predstavljajo prav reliefne enote s sorodnimi sklopi oblik, kot so ravnote in na njih ohranjene kopaste vzpetine.

Ob tektonskih stopnjah med uravnava ali kopastim površjem zasledimo značilne premočrtne rebri in pregibe z večjimi višinskimi razlikami. Kuclji ob takšnih pregibih so v precej večji meri asimetrični kot sicer. Ponekod so odrezani, drugod pa so večje strmine in višine na tektonsko dvignjenih robovih. Do podobnih značilnosti bi seveda prišlo tudi pri pospešenem erozijsko korozijskem zniževanju sosednjega nižjega površja. Zaradi tega je težko zanesljivo govoriti o tektonskih premikih. Težko pa je razložiti tudi vzroke in dinamiko korozijskega poglobljanja, ki naj bi hkrati omogočilo nastanek novih podobnih reliefnih sklopov v nižjem površju. Ob vseh pregibih v Postojnskih vratih in v Notranjskem podolju smo lahko ugotovili prelomne cone v kamnini, ne pa tudi dejanskih vertikalnih premikov. Ti so v zgradbi lahko tudi drugačni kot v reliefu, če gre za oživiljene prelome.

Ob robovih posameznih strukturnih enot in blokov nastajajo značilne drugotne reliefne oblike. Vzdolž prelomne cone je kraški relief dodatno znižan, kar spominja na nekakšne suhe doline. Le-te so raziskovalci Postojnskih vrat najprej opazili in skušali po njih speljati površinske tokove iz Pivške kotline proti Planinskemu polju (A. Melik, 1951, 1952). Pri tem so zadeli na težave, ki jih s teorijo fluvialnega razvoja ni bilo lahko vskladiti. Najbolj poglobljena je namreč dolina med Ravbarkomando in Studenim, ki poteka proti severozahodu prečno na smer domnevnega prvotnega odtoka proti severovzhodu. I. Gams (1965, 88) ji je sicer pripisal tektonsko zasnovo, izoblikovale naj bi jo šele vode po odstranitvi domnevnega krovnege fliša, kakršen je ohranjen v flišnem zatoku pri Studenem. Njena oblika in lega pa se bolj skladata s premaknjenimi bloki kamnin v Postojnskih vratih, podobno kot tudi obe drugi dolini, Mačkovska in Škrbcova, med Ravbarkomando in Uncem, kar je skušal spoznati že F. Šušteršič (1978).

Ko smo primerjali morfotektonske enote med Pivško kotlino in Planinskim poljem, smo poleg površinskih morfoloških značilnosti upoštevali tudi podzemeljske kraške razmere (Sl. 2). Zanimiva je primerjava karte prelomov in razpok v Postojnski jami (R. Gospodarič, 1965, 1969) z morfostrukturno površja. Ugotovimo lahko razmeroma izrazito skladnost pomembnejših prelomov na površju in v podzemlju. Čeprav se jamski rovi v drobnem prilagajajo rupturam različnih smeri in smerem skladov, so vendar poglavitni odseki rovv vzporedni s poglavitnimi smermi prelomov. Skladno z NW-SE smerjo je izoblikovan znaten del vodnih rovv podzemeljske Pivke, ob NE-SW smeri pa so zasnovani tudi rovi od vhoda v turistično jamo do Pisanega rova na vzhodni strani, podobno pa tudi del podzemeljske Pivke od Risovca do Magdalene jame na zahodni strani. Med tema skrajnima linijama se rovi prepletajo v obeh navedenih smereh tako, da je skupna os celotnega jamskega sistema usmerjena proti severu. V isti smeri, kot jo



Slika 2. Speleomorfološki prerez Postojna — Planina

1 — morfostrukturne enote, 2 — višina prvotne uravnave, 3. — udornica, 4 — starejši suhi rovi, 5 — aktivni vodni rovi 6 — domnevni položaj starejših rovvov, 7 — premik tektonskih blokov, 8 — kraški ravniki, 9 — podol, suha dolina, 10 — fluvialni sediment

Fig. 2. Speleomorphologic cross section Postojna — Planina

1 — morphostructure unit, 2 — original flat surface altitude, 3 — collapsed doline, 4 — older dry channels, 5 — active water channels, 6 — supposed situation of older channels, 7 — displacement of tectonic blocks, 8 — levelled karst surface, 9 — fluvial sediment

nakazujejo rovi na skrajni vzhodni strani, pa so nanizane tudi pomembnejše udornice, kot sta Jeršanovi dolini in Vodni dol, pa tudi one med Risovcem in Pivko jamo.

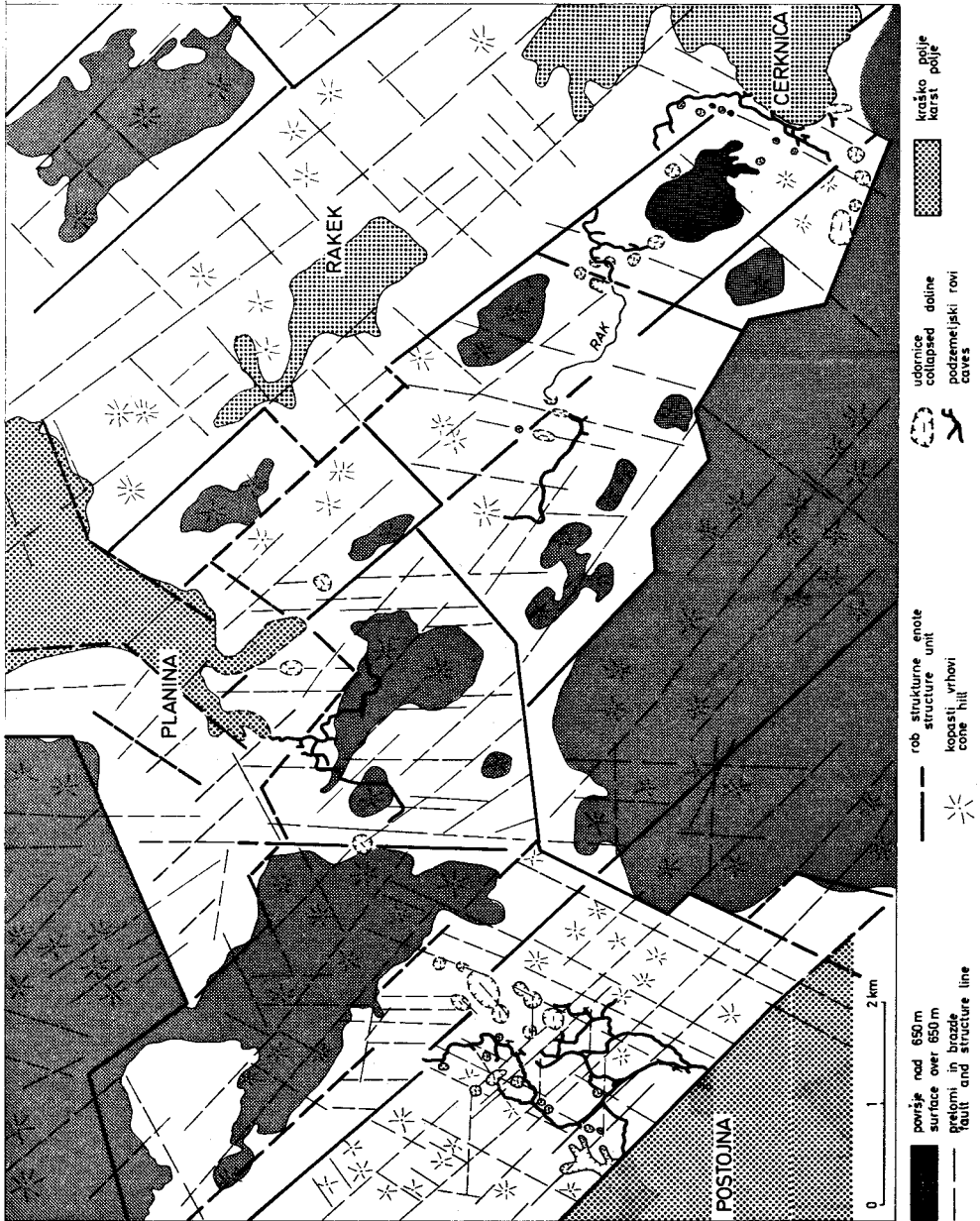
Na površju in v jami je pomembna skupna NW-SE usmerjena prelomna cona, ki jo v podzemlju sledimo v Pisanem rovu, v Čarobnem vrtu za Veliko goro ter v podorih na kraju Ruskega rova in Lepih jam, pa tudi v sifonskih odsekih med podzemeljsko Pivko in Črno jamo ter med Magdaleno in Pivko jamo. Na površju se ta prelomna cona najlepše odraža v pregibu med višjim površjem od Ostrega vrha (669) do Suhega vrha (670) ter nižjo planoto med Debelim vrhom (657) in studenskimi ponikalnicami. V tej coni je največ udornic in suhi del Postojnske jame se ob njej praktično konča s številnimi zasutimi in podornimi kraki.

Med Ravbarkomando in Studenim je ob nižjem podolju višja, nekoliko razčlenjena kraška reber, ki predstavlja prehod na višje uravnano površje. Na njem so ravnote in kuclji za okrog 80 m višje kot v predelu nad Postojnskimi jamami. Na nižji stopnji so kuclji Sovič, Ostri in Debeli ter Suhi vrh v višinah med 660 in 680 m, na višji stopnji pa segata Travni vrh in Koliševski vrh v višine med 740 in 780 m. Če so takšne reliefne razlike nastale zaradi tektonsko premaknjenih blokov, potem so ti zapustili očitne sledove tudi v položaju in razvoju podzemeljskega sistema Postojnskih jam. Na sledove tektonskega premikanja v pleistocenu v Postojnskih jamah je prvi opozoril R. Gospodarič (1964) na primeru prelomljenih naplavin v Umetnem rovu. Pri nadaljnjih raziskavah pa te tektonike ni posebej upošteval, saj je vzroke za zasipavanje in erozijo v jamah videl predvsem v klimatskih spremembah (R. Gospodarič, 1976, 112).

Postojnski jamski sistem je v glavnem razvit v dveh povezanih nadstropjih. Skalna dna starejših suhih rogov so izoblikovana med 530 in 510, današnjih vodnih rogov pa med 510 pri ponoru in 490-480 m pred sifonom v Pivki jami. Če računamo, da so bili rovi v sosednji dvignjeni stopnji izoblikovani v nivoju prvotnega odtoka, potem jih na podlagi domnevnega tektonskega dviga za 80 m lahko pričakujemo toliko višje. Diferencirani tektonski premiki so po vsej verjetnosti bili tudi glavni vzrok za nastanek dveh nadstropij v Postojnskih jamah. S premikanjem moramo tedaj računati med razvojem podzemeljskih rogov, zato so relativne razlike med neznanimi rovi v višji stopnji manjše od 80 m. Višje nadaljevanje suhih rogov v Planinski polici nakazujejo tudi višje ležeče udornice nad Vodnim dolom. Razmeroma visoko leži tudi Planinska koliševka, ki je nastala prav tako na meji dveh morfofotektonskih enot v višjem delu Postojnskih vrat.

Mačkovska "suha dolina" s Planinsko koliševko je namreč izoblikovana ob robu zahodnega in vzhodnega tektonskega bloka Planinske police. Vzhodni blok je po morfoloških znakih sodeč za okrog 50 m nižji od zahodnega, skladno s tem pa je tudi zahodni rob Mačkovske "suhe doline" bolj strm in izrazit, tako da je "suha dolina" povsem asimetrična. V višji rebri je nastal značilen stopnjasti zatrep med Travnim in Koliševskim vrhom, kakršni ponavadi spremljajo tektonske stopnje v kraškem reliefu.

Suhi rov na kraju Pivškega rokava Planinske jame sega nekako od pritočnega sifona v višini 470 m dobrih 20 m visoko in je do dveh tretjin zasut s podornim gruščem iz Planinske koliševke, ki se je udrla nad tem rovom (R. Gospodarič, 1976). Glede na dvignjeni zahodni blok lahko pričakujemo nadaljevanje prvotne Planinske jame v smeri proti Postojni do 50 m višje. S tem smo nekako opredelili višinske razmere prvotnih podzemeljskih rogov med Postojno in Planino, ki naj bi bili v tektonsko dvignjenem bloku Planinske police ohranjeni v višinah pod 560 m na postojnski in pod 530 m na planinski strani. Odkritje teh rogov bi potrdilo pravilnost naših



Slika 3. Morfostruktura krasa med Postojno, Planino in Cerknico

Fig. 3. Karst Morphostructure among Postojna, Planina and Cerknica

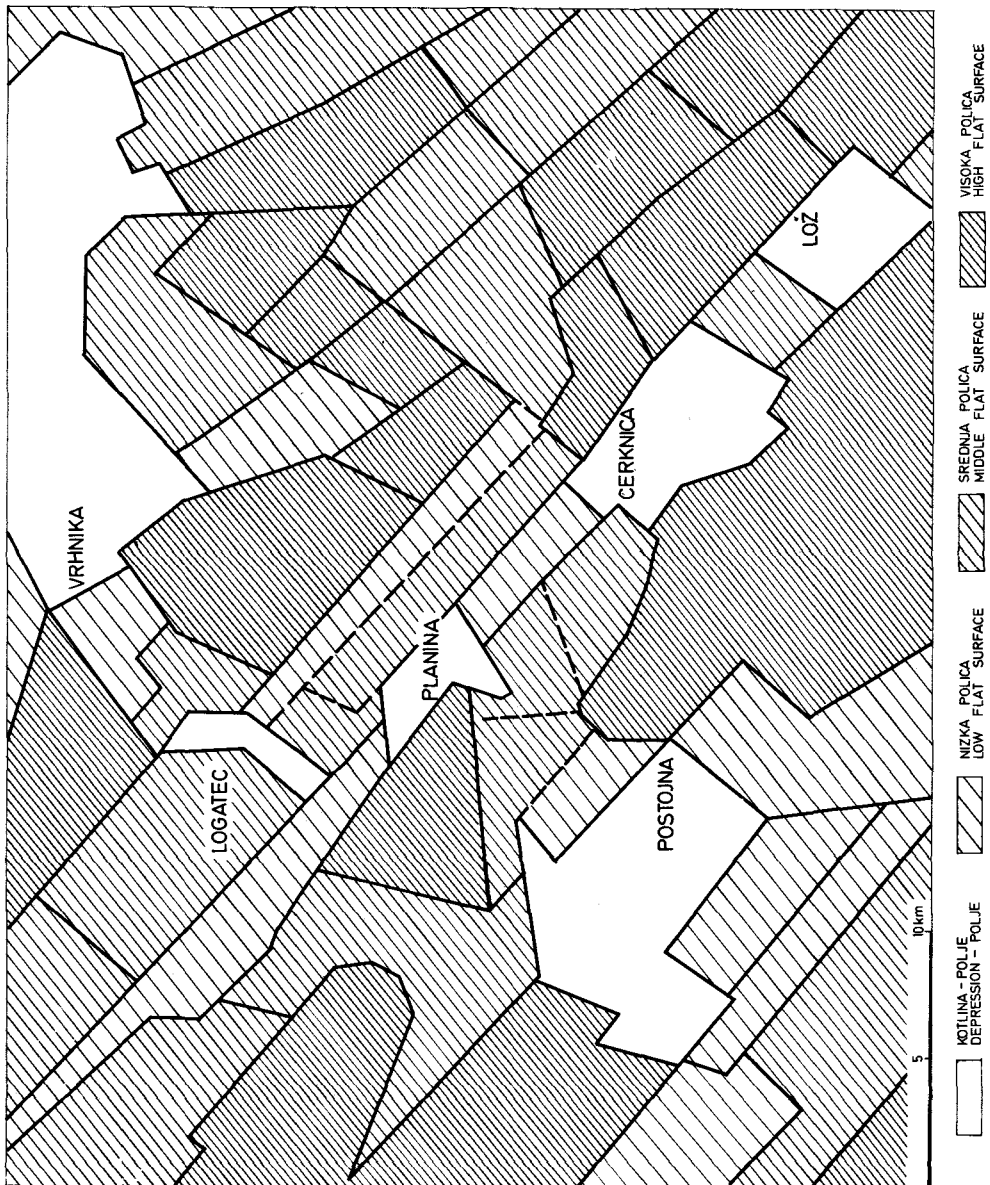
sklepanj o tektonskih gibanjih posameznih blokov med Postojno in Planino v obdobju, ko se je že povsem uveljavil podzemeljski odtok iz Pivške kotline proti Planinskemu polju.

Med prepričljive primere podobnih morfoloških in speleoloških posledic mladih tektonskih premikov lahko uvrstimo območje med Cerkniškim poljem in Rakovim Škocjanom. Domnevna prvotna podzemeljska zveza, ki jo nakazuje del rovov Male Karlovice in južni del Zelških jam (R. G o s p o d a r i č 1970) je prekinjena s podori na južni in severni strani Škanskega griča (701). Le ta je obdan z NW-SW in NE-SW prelomi. Ob severovzhodni strani Škanskega griča je ob dinarskem prelomu nastala izrazita stopnja, ob njenem vznožju pa je nizka Šušjska ravan v višinah med 560 in 600 m. Na nasprotni strani je ob prelomu med Škanskim gričem in Nadliškom (711) značilen žleb z nizom vrtač. Ob prečnih prelomih, ki so ugotovljeni v Karlovcih in v Zeliških jamah, je Škanski grič proti Rakovemu Škocjanu strmo odrezan, stopnjasto pa se znižuje proti Cerkniškemu polju. Znani podzemeljski vodni rovi Karlovic in Zelških jam se ogibajo Škanskega griča in tako se vsi dostopni deli končajo prav ob tektonskem vobu dvignjenega bloka (sl. 3). Oba suha jamska kraka sta zasuta s podori, na površju nad njima pa so izoblikovane udornice Šujica nad Karlovcio ter Brlog in Anžetova udornica nad Zelškimi jamami in Dvatisočo jamo. Oba dostopna vodna rova pa se ob tektonskem robu dvignjenega bloka nadaljujeta sifonsko kot v predelu med Postojno in Planino.

Podobno kot v obravnavanih dveh primerih so udornice razvrščene tudi drugod po Notranjskem podolju na robovih morfotektonskih enot ali blokov. Skoraj večina udornic med Planinskim poljem in Ljubljanskim barjem, kjer sicer niso znani še ustrezni podzemeljski rovi, je razvrščena ob bolj ali manj izrazitih tektonskih stopnjah. Navidez so izjemne le nekatere udornice v Ravniku, kjer so stopnje manj izrazite. Po legi na robovih med bloki sklepamo, da so nastajale prav tam, kjer so tektonski premiki strigili prvotne podzemeljske kanale. Takšne razmere so bile po vsej verjetnosti najpomembnejše za nastanek niza Logaških koliševk med gradiškim in bodiškim blokom, podobno pa velja tudi za udornice med Raskovcem in Pokojiško planoto, ki so razvrščene ob Dolinski poti od Koprivnice do Drnulce. Tektonski premiki so po vsej verjetnosti odločilni tudi za nastanek in oblikovanje večjih podornih con v kraškem podzemlju, kakršne poznamo na primer v Planinski in Postojnski jami, v Križni in Najdeni jami in drugod. V kraškem podzemlju je ohranjenih še obilo drobnih sledov o mladih tektonskih premikih, ki jih doslej nismo dovolj poznali in upoštevali. V tektoniki moramo iskati tudi vzroke za številne prekinitve podzemeljskih suhih in vodnih rovov v našem krasu, kjer poznamo šele nekaj večjih jamskih sistemov.

## MORFOTEKTONSKE ENOTE NOTRANJSKEGA KRASA

Na podlagi podobnih morfoloških sledov tektonske aktivnosti, kot smo jih spoznali v prejšnjem poglavju, smo opredelili morfotektonske enote v širšem območju Notranjske. (Slika 4) Te se kažejo v planotah in podoljih, v katerih so geomorfologi skušali odkriti predvsem sledove prvotnega fluvialnega oblikovanja. Tako so bile sprva zastavljene tudi naše študije Notranjskega podolja in njegovih kraških polj. K takšnemu gledanju na relief so nas morda še bolj kot oblike vodili ostanki fluvialnih sedimentov, ki so ohranjeni po kraškem površju (P. H a b i č, 1968, 1973, 1976, R. G o s p o d a r i č, P. H a b i č, 1979). Oblikovanje Notranjskega podolja in sosednjih planot smo pripisovali predvsem erozijsko korozijskemu zniževanju reliefa ob splošnem tektonskem dviganju. Toda če so na območju Ljubljanskega barja z vrtnaji in



Slika 4. Morfostrukturne enote Notranjske  
 Fig. 4. Morphostructure unit of Notranjsko



geofiziko ugotovili mlado tektonsko znižanje skalne podlage od nekaj 10 do 120 m (R. Pavlovec, 1966, A. Šercelj, 1965, D. Ravnik, 1965, V. Pohar, 1978), lahko s podobnimi diferenciranimi tektonskimi premiki računamo tudi na višjem obrobju zasute relativne depresije. Grezanju na enem kraju ustreza po vseh zakonih dviganje na drugem.

V vrhniškem zatrepu na zahodnem obrobju Barja smo po razporeditvi udornic že pred leti sklepali na postopno tektonsko znižanje površja od Notranjskega podolja proti dnu Barja, to je za okrog 250 m relativne višine (P. Habič, 1976). V tem zatrepu nismo našli erozijsko denudacijskih teras, ki bi nastale s postopnim zniževanjem površja ob prestavljanju kraških izvirov. Vse več je dokazov, da so sedanje police v različnih višinah pripadale enotnemu površju, ki je bilo razčlenjeno s tektonskimi premiki v več polic.

Strma reber Pokojiške planote med Vrhniko in Borovnico je v nasprotju z vrhniškim zatrepom enotna tektonska stopnja nad Barjem relativne višine od 400 do 600 m. Enotna tektonska stopnja je tudi na vzhodni strani Krima (1107) z več kot 800 m višinske razlike, medtem ko je na južnem obrobju Barja ob vznožju Krima kraško površje stopnjasto razčlenjeno na več polic, ki so jih nekdanj pripisovali postopnemu erozijskemu zniževanju (A. Melik, 1952, I. Rakovec, 1955). Med Krimom in Pokojiščem je svojevrstno tektonsko zasnovan Borovniški kot, ki se strmo vzpne iz Barja na obrobje Bloške planote. Pasu višjega površja ob zahodnem robu Barja med Ulovko in Pokojiščem ustreza v vrhniškem zatrepu le ozek hrbet Raskovca (658) in Strmice (626), ki zapira nižje police ožjega Notranjskega podolja, zlasti Ravnik in Logaško kotlino. Ta leži prav v pasu najbolj znižanega površja. Severno od nje se postopno dvigajo Žibrška, Rovtarska in Veharška polica, na južni strani pa jo omejujeta Bodiška in nekoliko višja Gradiška polica. Zahodno od Gradiške, Logaške in Žibrške police je v idrijski prelomni coni širok kraški ravnik, ki pripada Novemu svetu. Tega na drugi strani spremlja dobrih 300 m visoka reber Hrušice in Planinske gore.

Južno od Gradišča ločimo v ožjem Notranjskem podolju tri morfotektonske enote. Ob vznožju Pokojiške planote je podolžna polica Logaškega Ravnika, ob njem je višji hrbet med Logatcem in Cerknico brez skupnega imena, zato ga poimenujemo Ivanjska reber. Tretji najbolj znižan vzdolžni pas pa se v podaljšku Novega sveta nadaljuje onkraj Planinskega polja prek Unca in Rakeka do Cerkniškega polja. Ob tem pasu je nad Planinskim poljem neposredno dvignjena Planinska gora, med njo in Javorniki pa je razčlenjen niz polic, ki se od najvišje Planinske ali Mačkovske znižujejo proti vzhodu in jugovzhodu preko Počivalnika, Cerovca, Praprotnika, Rakovškega griča, Rakove doline in Škanskega griča ter Šušjske ravni proti Cerkniškemu polju. Prav nasprotno temu zniževanju se dvigajo Javorniki od Postojnske police, preko Golobičevca, Skrajnega vrha in Volčjega vrha, tako da je nad Poljanami pri Nadlišku strma reber Javornikov visoka preko 600 m. Oblika te rebri je prilagajena nižjemu bloku Nadliška in Škanskega griča. Visoki hrbet Javornikov je podolgem in počez razlomljen ter se stopnjema znižuje proti Postojnskimi vratom in proti Pivški kotlini.

Različno dvignjene in spuščene morfotektonske enote sledimo tudi po dnu in obrobju Pivške kotline tako v flišu kot v apnencih. Najbolj je seveda dvignjeno obrobje kotline in največje relativne razlike so ob najbolj strmi stropnji med Pivško kotlino ter Nanosom, v južnem obodu kotline so prehodi položnejši.

## SKLEP

Vzroki za razporeditev in višinsko diferenciacijo morfotektonskih enot Notranjskega krasa nam še niso dovolj znani. Potrebne bodo še podrobne geološke preučitve. Z geomorfološkim primerjanjem posameznih enot bo mogoče podrobneje opredeliti njihove genetske in kronološke podobnosti. V splošnih potezah pa že sedaj ne moremo prezreti dveh ali treh poglobitvenih stopenj Notranjskega krasa. Pokojiška planota sega ob borovniškem prelomu v višine med 800 in 900 m, Notranjsko podolje se zniža ob idrijski prelomni coni, ob kateri je nastal nekakšen jarek z okrog 300 m relativne višinske razlike (F. Šušteršič, 1979). Najvišji osrednji hrbet visokega krasa z višinami nekaj nad 1200 m se vzpenja med idrijskim in predjamskim prelomom, ki pa ni enoten. Vmes je nižja Hrušica, med predjamskim in vipavskim prelomom pa se visoko dviga Nanos.

V teh poglobitvenih vzdolžnih pasovih so pomembne prečne vrzeli in poglobitve, kakršne so med Barjem in Logatcem ter Kalcami, ali pa med Planinskim poljem in Pivško kotlino. Z lokalnimi tektonskimi poglobitvami moramo računati tudi na notranjskih kraških poljih od Loža do Planine. Lokalne poglobitve so zaznavne tudi v osrednjem hrbtu visokega krasa, ki se skladajo z relativno znižanim površjem na Križni gori med Trnovskim gozdom in Javornikom nad Črnim vrhom, sredi Hrušice, onkraj Postojnskih vrat pa tudi med Javorniki in Snežnikom. Morfostrukturne enote Notranjskega krasa so jasno omejene s podolžnimi dinarskimi in krajšimi prečnimi prelomi.

Smerni diagrami razpok (R. Gospodarič, 1969, 1976), pregibnice (F. Šušteršič, 1979), fotoprelomi (U. Premru, 1976) in kartirani geološki prelomi (J. Čar, 1980) nakazujejo sorodne pretrtosti v kamninah, ki pripadajo različnim generacijam in smerem tektonskih pritiskov. Njihove posledice so pretrte in zdrobljene cone, ki prephezajo in obdajajo različne obsežne tektonske bloke. Ti so različni tudi po obliki in neenako razmaknjeni v vodoravni in navpični smeri. Zaradi različnega trajanja in intenzivnosti premikanja so bili posamezni tektonski bloki različno izpostavljeni denudacijskim, kraškim ter erozijsko korozijskim procesom. Višje dvignjene morfotektonske enote so bile bolj izpostavljene kraško denudacijskemu razčlenjevanju, zato na njih prevladuje kopasto in dolasto površje kot na Pokojiški planoti. V relativno spuščeni enotah se je pod vplivom nekraškega obrobja dalj časa zadrževalo fluvialno erozijsko in zlasti korozijsko oblikovanje ter ploskovno zniževanje površja na primer v Logaškem Ravniku. To potrjujejo tudi ostanki naplavin. V lokalno omejenih najbolj znižanih enotah predvsem v območju kraških polj pa je prevladalo celo zasipanje in s tem zavarovanje ter ohranjanje nekdanjega erozijsko korozijskega površja, če so bili tudi sicer za to ugodni hidrogeološki pogoji. Holocenske in mladopleistocenske naplavine na kraških poljih, kakršne so ugotovljene zlasti na Planinskem polju (A. Melik, 1955), govore poleg samih reliefnih oblik za kvartarno tektonsko in le delno klimatogenetsko zasnovo kraških polj. Pri preučevanju morfoloških značilnosti posameznih tektonskih enot pa bo treba upoštevati razlike v litološki sestavi in prepustnosti kamnin, v katerih se eksogeni procesi različno uveljavljajo. Morfotektonske enote imajo svojstvene hidrogeološke in speleološke značilnosti, ki jih bo treba v prihodnje še temeljito preučiti. V tej smeri razstavljene raziskave lahko prispevajo nov delež k poznavanju kraškega površja in podzemlja ter vodnega bogastva krasa.

## LITERATURA

- Brook, G. A., D. C. Ford, 1978: The Origin of Labyrinth and Tower Karst and the Climatic Conditions Necessary for their Development. *Nature*, Vol. 275, No 5680, p.p. 493—496, October 12, 1978, Macmillan Journals Ltd.
- Cavallin, A., B. Martinis, L. Carobene, G. B. Carulli, 1979: Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 25 (Udine p.p.) e 40<sup>A</sup> (Gorizia). Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl. n. 155 del Progetto Finalizzato Geodinamica.
- Cucchi, F., F. Forti, R. Semerado, 1979; Indizi di neotettonica in cavità della Val Rosandra (Trieste). *Atti e Memorie della Commissione Grotte Eugenio Boegan XVIII (1978)*, 105—109, Trieste.
- Cvijić, J., 1924: Geomorfologija, Knjiga prva. Državna štamparija, Beograd.
- Čar, J., 1980: Razporeditev požirnih con in vodnih rogov na obrobju Planinskega polja v odvisnosti od geološke zgradbe. Arhiv IZRK SAZU, Postojna, rokopis.
- Ford, D. C., G. A. Brook, 1976: The Nahani North Karst Northwest Territories, Canada. *Proc. 6th Intern. Congr. Speleol., Olomouc, 1973, II.*, 157—168.
- Gams, I., 1965: H kvartarni geomorfogenezi ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerkniskim poljem. *Geogr. vestnik*, 37, 61—101, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1964: Sledovi tektonskih premikov iz ledene dobe v Postojnski jami. *Naše jame*, 5 (1963), 5—11, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1965: Tektonska zgradba med Pivško kotlino in Planinskim poljem s posebnim oziranjem na razvoj Postojnskega jamskega sistema. Arhiv IZRK, rokopis, Postojna.
- Gospodarič, R., 1969: Probleme der Bruchtektonik der NW — Dinariden. *Geol. Rundschau*, 59, 1, 308—322, Stuttgart.
- Gospodarič, R., 1970: Speleološke raziskave Cerkniskega jamskega sistema. *Acta carsologica*, 5, 109—169, Ljubljana.
- Gospodarič, R., 1976: Razvoj jam med Pivško kotlino in Planinskim poljem v kvartarju. *Acta carsologica*, 7, 5—139, Ljubljana.
- Gospodarič, R., P. Habič, 1979: Kraški pojavi Cerkniskega polja. *Acta carsologica*, 8, (1978), 7—162, Ljubljana.
- Habe, F., 1979: Morfološki, hidrološki in speleološki oris Planinskega polja. *Varstvo narave*, 12, 3—12, Ljubljana.
- Habič, P., 1968: Kraški svet med Idrijo in Vipavo. SAZU, Institut za geografijo, 11, 1—243, Ljubljana.
- Habič, P., 1973: O razvoju krasa in podzemeljske cirkulacije v porečju Ljubljanice. 3. SUWT, Poročila, 1, 18—32, Postojna.
- Habič, P., 1976: Geomorphologic and Hydrographic Characteristics, Investigations in Ljubljana River Basin 1972—1975. *Underground Water Tracing*, 12—27, Ljubljana.
- Habič, P., 1980: S poti po Kitajskem krasu. *Geografski vestnik*, LII, 107—122, Ljubljana.
- Habič, P., 1981: Nekateri značilnosti kopastega krasa v Sloveniji. *Acta carsologica*, 9, Ljubljana.
- Herak, M., 1971: Neke specifičnosti Dinarskega krša. Simpozij o zaščiti narave u našem kršu, JAZU, 25—33, Zagreb.
- Herak, M., B. Magaš, A. Sarić, F. Habe, 1976: Prilog bibliografiji krša Jugoslavije (1666—1974). *Krš Jugoslavije*, 9/3, 81—149, JAZU, Zagreb.
- Herak, M., 1977: Tecto-genetic Approach to the Classification of Karst Terrains. *Krš Jugoslavije*, 9/4, 227—238, Zagreb.
- Klein, V., 1974: Predhodna analiza morfostrukturnih odnosa u području Julijskih i Savinjskih Alpa. *Geologija*, 17, 547, Ljubljana.
- Maurin, V., 1953: Über jüngste Bewegungen im Grazer Paläozoikum. *Verh. d. Geol. BD.*, 4., Wien.
- Melik, A., 1951: Pliocenska Pivka. *Geogr. vestnik*, 23, 17—39, Ljubljana.
- Melik, A., 1952: Zasnova Ljubljaničinega porečja. *Geografski zbornik*, 1, 5—31, Ljubljana.
- Melik, A., 1955: Kraška polja Slovenije v pleistocenu. *Dela Instituta za geografijo SAZU*, 3, 1—163, Ljubljana.
- Melik, A., 1963: Slovenija I., *Geografski oris*. Druga popravljena izdaja. Slovenska matica, Ljubljana.
- Mlakar, I., 1969: Krovna zgradba Idrijsko žirovskega ozemlja. *Geologija*, 12, 5—72, Ljubljana.
- Oluić, M., D. Cvijanović, V. Kuk, 1978: Tektonska i seizmička aktivnost sjeverozapadne Jugoslavije i dijela Italije. *Zbornik radova IX. kongr. geol. Jug.*, 242—249, Sarajevo.

- Pavlovec, R., 1966: Vrtina BV-1 med Notranjimi goricami in Podpečjo na Ljubljanskem barju. Nova proizvodnja, 17, 98—103.
- Petkovski, R., V. Andreevski, 1981: Seizmotektonske karakteristike zapadne Slovenije. 6. Jug. simp. o hidrogeologiji in inženirski geologiji. Plenarni referati in sklepi, 125—136, Ljubljana.
- Placer, L., 1973: Rekonstrukcija krovne zgradbe idrijsko žirovskega ozemlja. Geologija, 16, 317—334, Ljubljana.
- Placer, L., 1979: Približna ocena premikov ob idrijskem prelomu na območju Planinskega polja. Rokopis, arhiv IZRK SAZU, Postojna.
- Pohar, V., 1978: Granulometrična analiza sedimentov z Ljubljanskega barja. Rudarsko-metalurški zbornik, 2—3 (1978), 175—186, Ljubljana.
- Premru, U., 1976: Neotektonika vzhodne Slovenije. Geologija, 19, 211—249, Ljubljana.
- Radinja, D., 1972: Zakrasevanje v Sloveniji v luči celotnega morfogenetskega razvoja. Geografski zbornik, 13, 197—243, SAZU, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1955: Geološka zgodovina Ljubljanskih tal. Zgodovina Ljubljane, 1, 11—207, Ljubljana.
- Ravnik, D., 1965: Geoelektrične raziskave na Ljubljanskem barju. Geologija, 8, 80—91, Ljubljana.
- Ravnik, D., 1976: Kameninska podlaga Planinskega polja, Geologija, 19, 291—315.
- Rus, J., 1925: Morfogenetske skice iz notranjskih strani. I. in II. del, Geografski vestnik, 1/2, 22—33, 105—112, Ljubljana.
- Sweeting, M. M., 1976: Present Problems in Karst Geomorphology. Z. Geomorph. N. F. 26, 1—5, Berlin—Stuttgart.
- Šercelj, A., 1965: Paleobotanične raziskave in zgodovina Ljubljanskega barja. Geologija, razprave in poročila, 8, 5—27, Ljubljana.
- Šercelj, A., 1966: Pelodne analize pleistocenskih in holocenskih sedimentov Ljubljanskega barja. Razprave SAZU, IV. razr., 9, 431—472, Ljubljana.
- Sušteršič, F., 1978: Prispevek k poznavanju pritočnega dela Planinskega polja in Postojnskih vrat. Geografski vestnik, 50, 51—63, Ljubljana.
- Sušteršič, F., 1979: Kvantitativno preučevanje elementov fizične speleologije v prostoru Planinskega polja. Rokopis, arhiv IZRK SAZU, Postojna.
- Vilimonović, J., 1970: Uticaj endogenih geoloških procesa na neke od morfoloških karakteristika karstnih polja zapadne Bosne i Hercegovine i srednje Dalmacije. I. kol. geol. Dinaridov, 2. 155—159, Ljubljana.
- Wojcik, Z., S. Zwolinski, 1959: Metode przesunecia tektoniczne w jaskiniach tatrzańskich. Acta Geol. Pol., IX, Warszawa.

## KARST RELIEF AND TECTONICS

## Summary

The majority of previous geomorphological studies on the dinaric karst development in Slovenia results from basic supposition of former fluvial surface formation on carbonate rocks. Their location on flat, impermeable surface contributed to it. It seemed that similar role played the cover of Tertiary sediments on Mesozoic limestones and dolomites (D. Radinja, 1972). The basic relief forms and altitude differences on carbonate rocks could even later, during gradual epigeogenic elevation be caused by prevailing erosional and corrosional surface lowering. To the period of general elevation correspond the slopes, and flatnesses correspond to the period of calm. Different rock resistivity influenced to the relief differences; this is in general the reason of differentiated surface lowering and downcutting of superficial streams into impermeable rocks. On limestones and partly on dolomites the former relief was preserved because of karstification.

Singular relief properties are due to climatic conditions too. In warmer subtropical Pliocene climate mostly plains, cone-shaped surface and karst poljes could originate. On the other hand cooler Pleistocene climate contributes to karst dissection by kettles, dolines, limestone pavement and thin superficial downcuttings. But only fluvial erosion-corrosional theory and climatically conditioned processes cannot explain all the relief properties of dinaric karst. Geostructural conditions and differentiated tectonic movements of particular blocks have to be considered too, forming particular morphotectonic units. In the geologic setting of north-western dinaric karst the Postocene orogenesis is reflected at first by overthrusts from NE towards SW (I. Mlakar, 1969; L. Placer, 1973, 1980) and later by prevailing NW-SE and NE-SW faults (R. Gospodarič, 1969), where vertical and horizontal movements have been stated. These movements around Planinsko polje have been studied on the base of detailed stratigraphic mapping (J. Čar, 1977, 1980), and they reach along the Idrija wrench-fault zone up to 1.800 m in the altitude and about 2.400 m in the length (L. Placer, 1979). In this region the general accordance between altitudinal distribution of particular blocks and karst surface was found out.

Quaternary tectonic subsidence was stated on Ljubljana Marsh, where mostly Holocene and Upper Pleistocene sediments were deposited (I. Rakovec, 1955; R. Pavlovec, 1966; A. Šercelj, 1965; V. Pohar, 1978). Holocene tectonic movements were stated in the sediments and in the basement of karst Cerčniško polje (R. Gospodarič, P. Habič, 1979). During geologic mapping of Planinsko polje (J. Čar, 1980) and morphographic analyses of karst relief in Notranjsko (F. Šušteršič, 1979) the traces of young tectonic dynamics were shown even on the border of filled up tectonic depressions and karst poljes.

J. Cvijić (1924, 332) called the attention to the traces of endogenic processes, expressed in faults and in fault grades in karst relief. Tectogenetic types and some of their morphological properties were treated by M. Herak (1977). The shape of karst poljes and tectonic setting were compared by J. Vilimonović (1970). The traces of the neotectonics in the relief were stated elsewhere in the karst and out of it (V. Klein, 1974; U. Premru, 1976; A. Cavallin et al, 1979). These traces were found even in karst caves (V. Maurin, 1959; Z. Wojcik, S. Zwolinski, 1959; R. Gospodarič, 1964; F. Cucchi et al., 1979).

Studying the karst of Notranjsko we first stated tectonically displaced parts of former surface on the border of tectonic depression of Ljubljana Marsh in the hinterland of Ljubljana karst spring near Vrhnika (P. Habič, 1973, 1976). To tectonically displaced plains and plateaus parts with prevailing cone summits we called the attention studying cone karst in Slovenia (P. Habič, 1981). Young tectonic steps in formerly uniform surface were tried to be proved in this study even in the region of Postojna gap and elsewhere on Notranjsko karst.

Some speleological properties of Postojna and Cerknica cave systems are accordant to morphotectonic units. Both systems are interrupted at fault zones among blocks. The majority of channels is filled by breakdowns, which are accordant to collapsed dolines on the surface. These are distributed along tectonic steps, which are shown by straight-line less dissected slopes and supposedly asymmetrical "dry valleys". The majority of collapsed dolines originated there where active faults shear the underground passages. In these points there are the majority of siphons in actual water channels. Several interruptions of cave systems in dinaric karst are due to neotectonic movements; in general shorter caves are accessible, although the connected underground flows are proved in great distances.

Altitudinal and morphological differences among particular morphotectonic units or blocks are important. Higher elevated blocks are more dissected by karst denudation processes, vertical point dissection with up and down forms is characteristic. On the other hand the subsided blocks are more flattened under the influence of fluvio-corrosional plain processes. Karst poljes developed on the most subsided blocks, which were in favourable hydrogeological conditions because of local

dams of karst waters covered by sediments. Sediments on karst poljes hide tectonic and karst dissected rocky basement, which is less flat as it is generally supposed. This was proved by bore-holes and geophysical surveys even on Planinsko polje (D. R a v n i k , 1976). Upper Pleistocene and Holocene sediments on karst poljes (A. M e l i k , 1955) show quaternary tectonic and just partly climate-genetical origin of karst poljes, as the remains of Lower Pleistocene cave sediments are preserved on Bodiški vrh more than 100 m above Planinsko polje (P. H a b i č , 1976).

Thus the morphotectonic karst units are distinguished by special morphological, speleological and hydrogeological properties which have to get more attention in future studies.