

**RAZPRAVE****MORFOGENEZA KOTLINE RAKOV ŠKOCJAN**

AVTORICA

**Mateja Ferk**

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika, Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
mateja.ferk@zrc-sazu.si

UDK: 911.2:551.44(497.471Rakov Škocjan)

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

**Morfogeneza kotline Rakov Škocjan**

Kotlina Rakov Škocjan leži v severozahodnem delu Notranjskega podolja, med Planinskim, Unško-Rakovskim in Cerkljskim poljem ter Javorniki. V raziskavi so bile detajlno preučene površinske in podzemne kraške oblike, ki kažejo na razvoj kotline v preteklih razvojnih fazah. V pobočjih kotline so bile identificirane živoskalne uravnave v obliki teras, ki nakazujejo na uravnavanje dna kotline na višjih nadmorskih višinah ter postopen razvoj in preoblikovanje s površinsko tekočo vodo. Rezultati raziskave potrjujejo kompleksen razvoj kotline, saj se je kotlina oblikovala v več fazah; kot površinska kraška oblika, v kateri so se lokacije izvirov in ponorov spreminjale, kar je povzročilo izredno gostoto različnih kraških pojavov na majhnem območju.

KLJUČNE BESEDE

geografija, geomorfologija, krasoslovje, speleologija, morfogeneza, Rakov Škocjan

ABSTRACT

**Morphogenesis of Rakov Škocjan Karst Basin**

The Rakov Škocjan Basin is situated in the north-western part of Notranjsko Podolje between karst poljes of Planina, Unec-Rakek and Cerkljica and the Mt. Javorniki. As a fundamental part of the research, surface and subsurface karst features, which indicate on the formation of Rakov Škocjan Basin in previous development stages, were investigated in detail. In the basin slopes rocky terraces were identified, which indicate basin floor flattening on higher elevations and a gradual basin development and transformation with surface water flow. The research revealed a complex morphogenesis of the basin. The Rakov Škocjan Basin was formed as a surface karst feature with several development stages in which the locations of springs and ponors had been changing. This resulted in exceptional density of karst features on a small area.

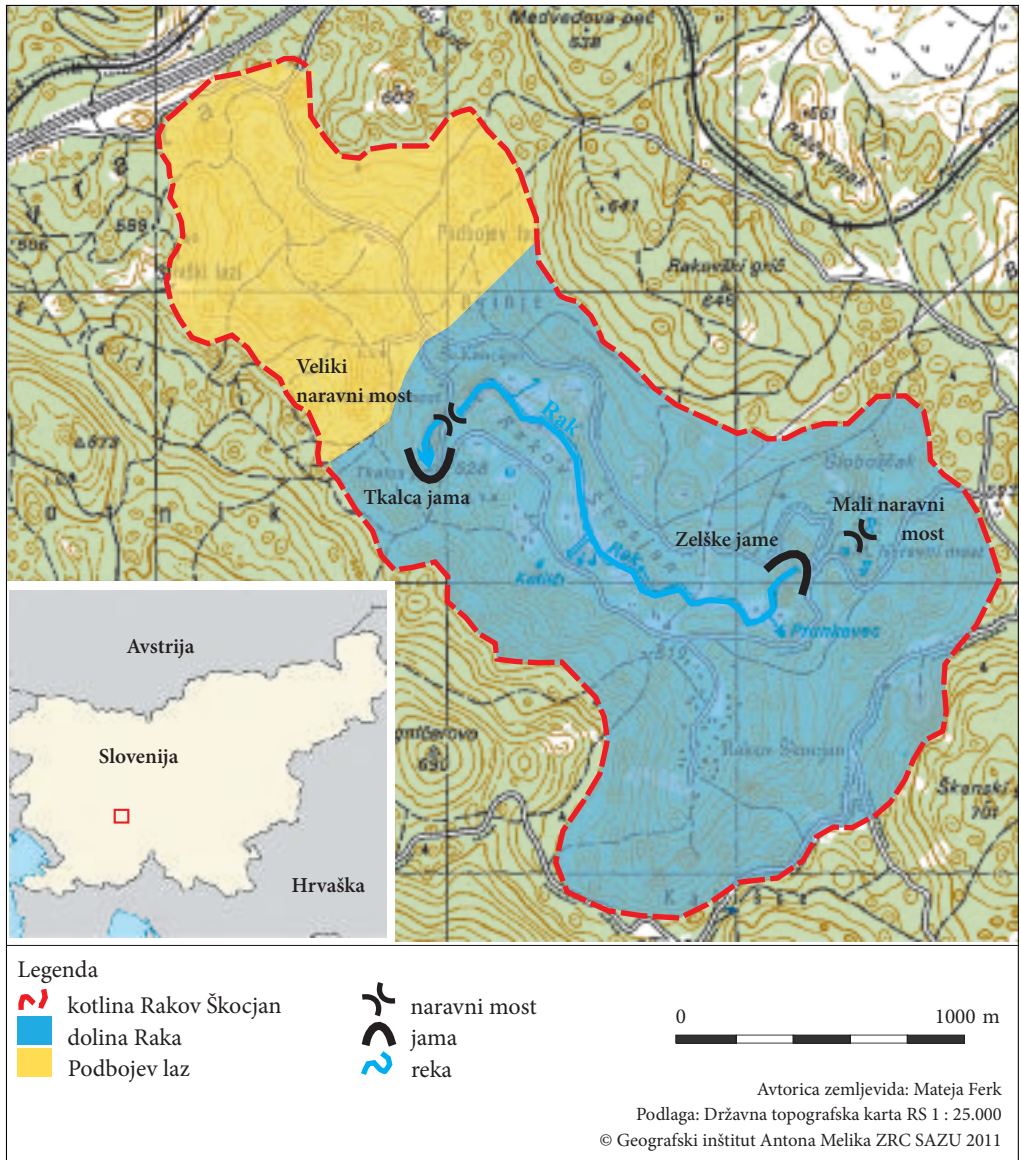
KEY WORDS

geography, geomorphology, karstology, speleology, morphogenesis, Rakov Škocjan

Uredništvo je prispevek prejelo 28. februarja 2011.

## 1 Uvod

Kotlina Rakov Škocjan leži v severozahodnem delu Notranjskega podolja. Oblikovana je v manjši kraški uravnavi med Planinskim, Unško-Rakovškim in Cerknjskim kraškim poljem ter Javorniki. Kotlina je dolga okoli 3,5 km in široka 1,5 km. Znotraj kotline Rakov Škocjan sta oblikovani dve kotanji. V jugovzhodnem delu je kraška dolina Raka, ki ima relativno uravnano dno, po katerem teče ponikalnica Rak, ki izvira iz Zelških jam (katastrska številka. 576) in ponika v Tkalca jamo (katastrska številka. 857)



Slika 1: Lega in opredelitev preučevanega območja.

(Kataster jam 2010). V severozahodnem delu je kotanja s toponimom Podbojev laz, katere dno je relativno uravnano in hidrološko neaktivno.

Dosedanje geomorfološke raziskave, ki so obravnavale območje kotline Rakov Škocjan, so bile usmerjene predvsem v morfografsko analizo posameznih najbolj značilnih pojavov v dolini Raka, na primer Malega in Velikega naravnega mostu, kraških izvirov ter Zelske in Tkalca jame (Šerko 1949; Kunaver 1922; 1961; 1966; Habič in Gospodarič 1987; Gams 2004). V kotlini pa se poleg tega pojavlja še cela vrsta zanimivih geomorfoloških pojavov.

Kotlina Rakov Škocjan je v celoti oblikovana v apnencih kredne starosti (Buser, Grad in Pleničar 1967). Na območju prevladuje kraški geomorfni sistem; vertikalni odtok avtogene vode in odnašanje snovi v raztopini. V kraškem podzemlju kotline in okolice je oblikovana dobro razvita razpoklinska prepustnost, ki omogoča podzemno pretakanje vode. Kljub temu se v delu kotline, dolini Raka, pojavlja površinsko tekoča voda. Dva kilometra dolg odsek kotline s površinsko tekočim Rakom med izvirnimi Zelskimi jamami in ponorno Tkalca jamo sicer nakazuje na razpad plitvo pod površjem potekajočega jamskega sistema, vendar so v pobočjih kotline oblikovane živoskalne uravnave, ki kažejo na uravnavanje dna kotline na višjih nadmorskih višinah že v starejših razvojnih fazah. Prav tako se v kotlini nahajajo zapolnitve poplavne ilovice na višjih nadmorskih višinah, kot jih doseže najvišji piezometrični nivo v recentnih hidroloških razmerah.

Namen raziskave je bila podrobna preučitev površinskih kraških oblik v kotlini Rakov Škocjan in okolici, ki kažejo na razvoj kotline v preteklih razvojnih fazah, ter podzemnih kraških oblik, ki so prav tako bile oblikovane in preoblikovane v starejših razvojnih fazah kotline.

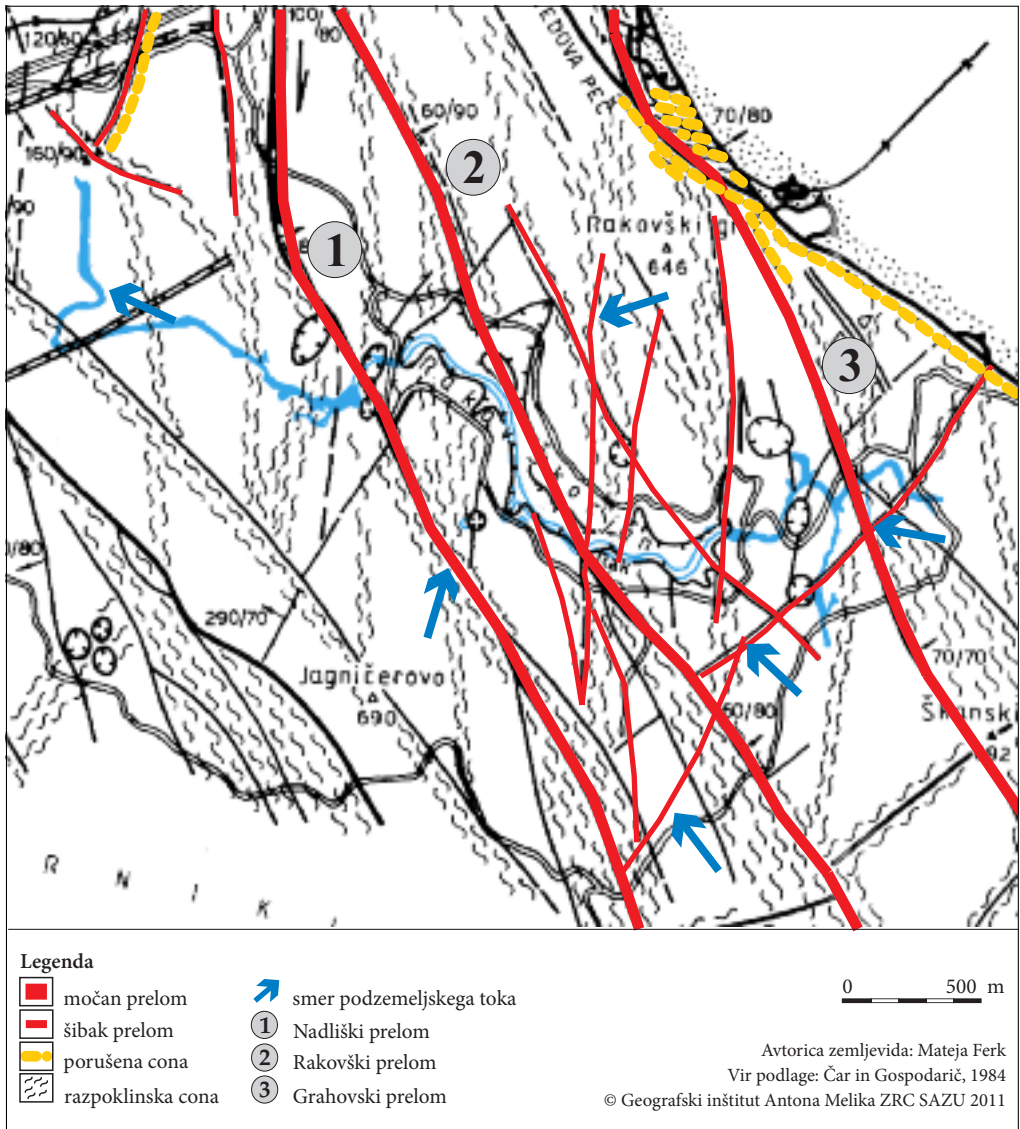
Preučeni so bili vzroki za nastanek kotline in hidrološke razmere v preteklih razvojnih fazah. Cilj raziskave je bil identificirati procese in ugotoviti pogoje v katerih so se oblikovale živoskalne uravnave, ki so ohranjene v pobočjih kotline, ter ugotoviti morfološko in hidrološko povezanost doline Raka in Podbojevega laza v preteklih razvojnih fazah.

Opravljen je bilo detajlno morfografsko kartiranje območja v merilu 1 : 5000, in zajem morfometričnih podatkov preučevanih oblik. Z raziskavo smo hoteli ugotoviti tudi, kakšne so bile razmere v katerih so se odlagale ilovnate zapolnitve v posameznih delih obravnavanega območja. Zato je bilo izvedeno obsežno vzorčenje ilovnatnega sedimenta v izbranih geomorfni oblikah, v laboratoriju pa so bile izvedene granulometrične in petrografske analize le-tega. Terensko delo je obsegalo tudi speleološko analizo podzemnih kraških oblik, saj se med jamami v vadozni coni pojavljajo tudi neaktivne vodne jame, za katere se je ugotavljalo, kakšna je bila njihova hidrološka funkcija, ko so še bile aktivne, in v kakšnih razmerah so bile preoblikovane. Detajlno so bili pregledani vsi jamski objekti na preučevanem območju in analizirane primarne jamske oblike. Analizirane so bile velikosti in usmerjenost faset. Te kažejo osnovne značilnosti smeri in hitrosti vode, ki je oblikovala in preoblikovala jamske rove.

## 2 Geološke in hidrološke značilnosti kotline

Celotno obravnavano območje je zgrajeno iz apnencev spodnje kredne starosti (Buser, Grad in Pleničar 1967). Skladi upadajo za največ 30 stopinj proti zahodu, jugozahodu in severozahodu. Med skladi apnenca se mestoma pojavlja tudi apnenčeva breča s peskastim, dolomitnim ali apnenim vezivom. Breča se pojavlja v obliki skladov in podolgovatih leč, ki so običajno do 10 m debele. Nastala je ob prelomih. Kotlino Rakov Škocjan v dinarski smeri prečkajo trije izrazitejši prelomi. Čez osrednji del Podbojevega laza in zahodno od doline Raka poteka Nadliški prelom, vzhodno od Podbojevega laza in prek osrednjega dela doline Raka poteka Rakovski prelom, vzhodno od doline Raka, prek pritočnega dela kotline, pa poteka Grahovski ali Rakov prelom. Prelome spremljajo razpoklinske cone, ki so do 250 m široke. Prek kotline potekajo še številni manj izraziti prelomi in razpoklinske cone s prevladujočo smerjo sever–jug (Čar in Gospodarič 1984).

Ker je preučevano območje zgrajeno iz prepustnih karbonatnih kamnin, prevladuje vertikalni odtok vode in podzemeljsko pretakanje. Površinsko tekoča voda se pojavi zgolj v dolini Raka. Relativno uravnano



Slika 2: Tektonska zgradba kotline Rakov Škocjan.

dno doline na nadmorski višini okoli 500 m je oblikovano na piezometričnem nivoju, ki se ob visokih vodostajih dvigne največ do nadmorske višine 512 m. Rak izvira iz Zelških jam na nadmorski višini 504 m v jugovzhodnem delu doline, ponika pa v Tkalca jamo na nadmorski višini 496 m v severozahodnem delu doline. V dolini Raka je še šest izdatnejših izvirov (Prunkovec, Bizerjev laz, Bizerjeva ločica, Burjevka, Kotličič, Farovka) in več manjših občasnih izvirov. V dolini Raka se pojavljajo vode, ki poniknejo na severozahodnem robu Cerkniskega polja, in vode, ki se drenirajo skozi kraški masiv Javornikov (Gospodarič in sodelavci 1983). V pritočni smeri kotline se v zaledju prelomov in razpoklinskih con piezometrični nivo v podzemlju dvigne do višjih nadmorskih višin kot v nadaljevanju. V vzhodnem



MATEJA BERK

*Slika 3: Ob visokih vodostajih je poplavljena cesta na zahodni strani doline Raka.*

pritočnem delu, v zaledju doline Raka, sega gladina kraške vode ob visokih vodostajih od nadmorske višine 519 do 524 m. V jugovzhodnem pritočnem delu, v zaledju Cerknjskih lazov, pa se gladina kraške vode ob najvišjih vodostajih dvigne vsaj do nadmorske višine 520 m. Ponori se pojavljajo predvsem v severozahodnem delu doline. Ob nižjih vodostajih pa voda ponika skozi živoskalno strugo Raka in presahne že na polovici doline. Vode iz doline Raka se podzemeljsko pretakajo proti Planinskemu polju, kjer ponovno izvirajo v več izviri. Rak in njegovi pritoki spadajo v hidrološki sistem kraške Ljubljane (Šušteršič 1994).

### 3 Morfolofske in morfometrične značilnosti kotline

#### 3.1 Geomorfolofske značilnosti kotline Rakov Škocjan

Dolina Raka je oblikovana v jugovzhodnem delu kotline Rakov Škocjan. Dolga je okoli 1,5 km in široka 0,5 km. Dno je relativno uravnano na nadmorski višini 502 m. Po njej teče ponikalnica Rak, ki izvira in Zelških jam. Zgornji del doline se začne z 200 m dolgo in do 30 m široko zatrepno dolino v obliki kanjona. Dno doline je oblikovano v živoskalni podlagi in ga prekriva erozijsko preoblikovano podorno gradivo različnih velikosti. V pobočja prehaja s strmimi do navpičnimi stenami, ki so od 10 do 15 m visoke. Za tem delom se dolina razširi na povprečno 80 m. Dno struge Raka je živoskalno, ob strugi pa se začne pojavljati recentna naplavna ravnica, ki sega do nadmorske višine 505 m. V skalnatih in strmih pobočjih so ponekod zatrepi, ki so povprečno okoli 15 m dolgi. V njih se nahajajo izviri občasnih



MATEJA FERK

Slika 4: Veliki naravni most je 12 m visoka odprtina skozi katero teče reka Rak.



MATEJA FERK

Slika 5: Veliki naravni most ob visokih poplavah decembra 2008 (na steni je vidna kovinska ploščica, ki označuje najvišji nivo poplav zabeležen novembra 2000).

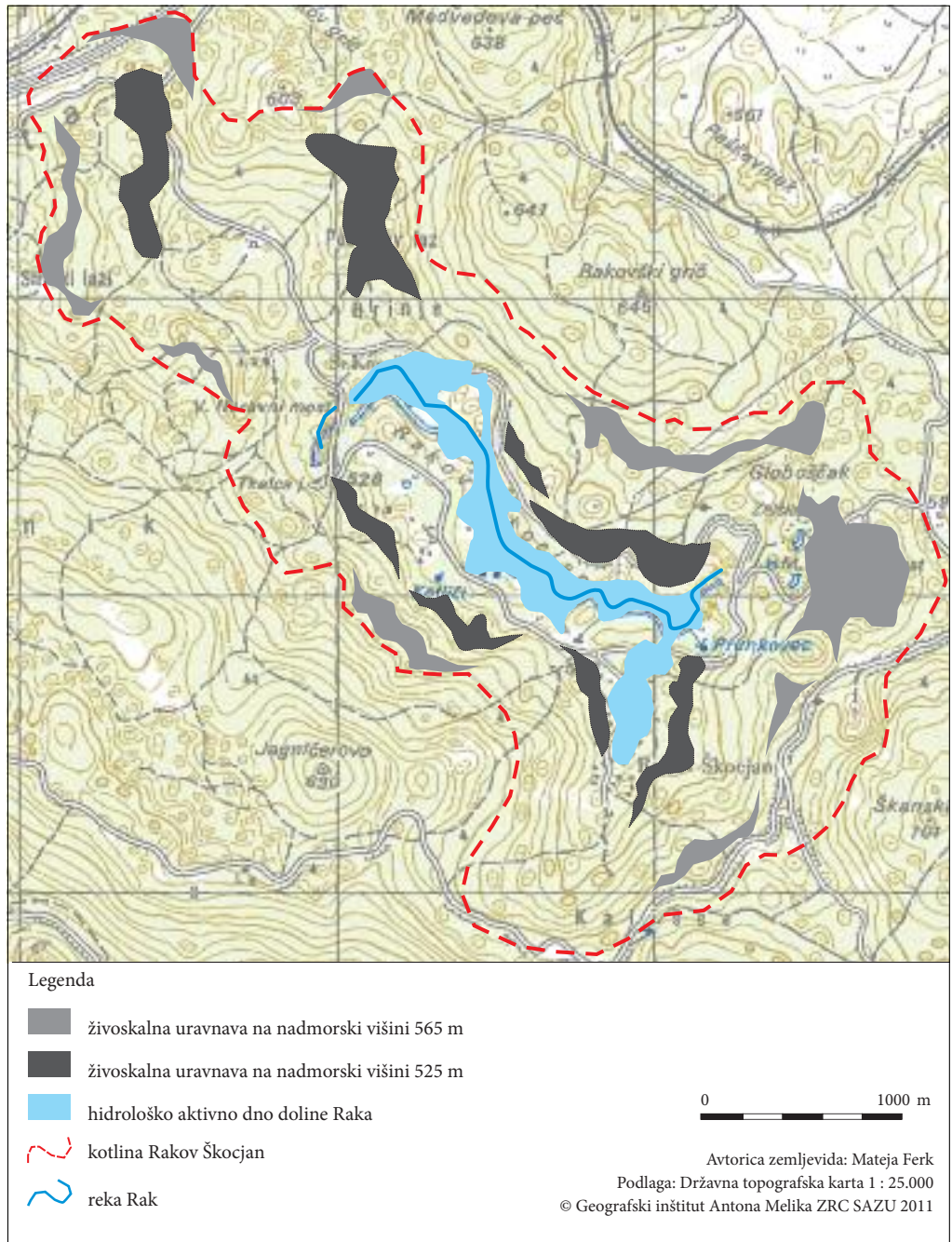


Slika 6: V ilovnati uravnavi v Podbojevem lazju so oblikovane sufozijske vrtače.

pritokov Raka. Za tem se hidrografska aktivno dno doline, razširi na povprečno 200 m in je najširše v osrednjem delu in na območju Farovke, kjer je okoli 300 m široko. Struga Raka je tudi v tem delu oblikovana v živoskalni matični podlagi. Na obeh straneh struge je oblikovana obsežna naplavna ravnica, ki seže do nadmorske višine 515 m, najvišje poplave pa v današnjih hidroloških razmerah običajno sežejo do nadmorske višine 510 m. Pobočja v tem delu doline so v glavnem enakomerno oddaljena od Raka, skalnata in položna. Izviri stranskih pritokov se nahajajo v do 30 m dolgih zatrepih, ki so oblikovani na prehodu dna doline v pobočja. Dolina se zaključi pod 35 m visoko steno, skozi katero teče Rak pod Velikim naravnim mostov v udornico Škocjanska jama, na koncu katere ponika v Tkalco jamo.

V severozahodnem delu kotline Rakov Škocjan je oblikovana kotanja Podbojev laz, ki jo od doline Raka ločuje pregib, oblikovan v živoskalni podlagi, na nadmorski višini 535 m. Kotanja je okoli 1 km dolga in 250 m široka. V najnižjem delu je oblikovana uravnava, ki je povprečno 150 m široka. Dno je relativno uravnano na nadmorski višini 515 m. V Podbojevem lazju se ne pojavlja površinsko tekoča ali stoječa voda. Dno je v celoti oblikovano v ilovnatem sedimentu. V osrednjem delu uravnave in na prehodu v pobočja so oblikovane do 5 m globoke in do 15 m široke sufozijske vrtače. Prehod med ilovnatim dnom in položnimi živoskalnimi pobočji kotanje je blag.

V pobočjih kotline, nad najvišjim nivojem piezometra, se pojavljajo živoskalne uravnave v obliki teras na dveh izrazitejših nivojih; na nadmorskih višinah okoli 525 m in 565 m. Najbolj izrazite živoskalne uravnave so oblikovane na nadmorski višini okoli 525 m. V celotnem obodu doline Raka je oblikovana skoraj neprekinjena živoskalna uravnava na nadmorski višini od 520 do 530 m, ki predstavlja izrazito teraso v pobočjih doline. Pojavljajo pa se tudi v severnem in vzhodnem delu Podbojevlega laza. Uravnave na nadmorski višini okoli 525 m so zelo izrazite in dobro ohranjene, saj predstavljajo jasno stopnjo oziroma horizontalno deformacijo pobočij kotline. V živoskalnih uravnava so oblikovane plitve vrtače in številne škraplje. Na teh uravnava se v vrtačah in posameznih manjših zaplatah pojavlja ilovnat sediment. Ob robovih uravnava so oblikovane manjše polkrožne, zatrepom podobne, zajede v višje



Slika 7: Živoskalne uravnave v pobočjih kotline Rakov Škocjan.

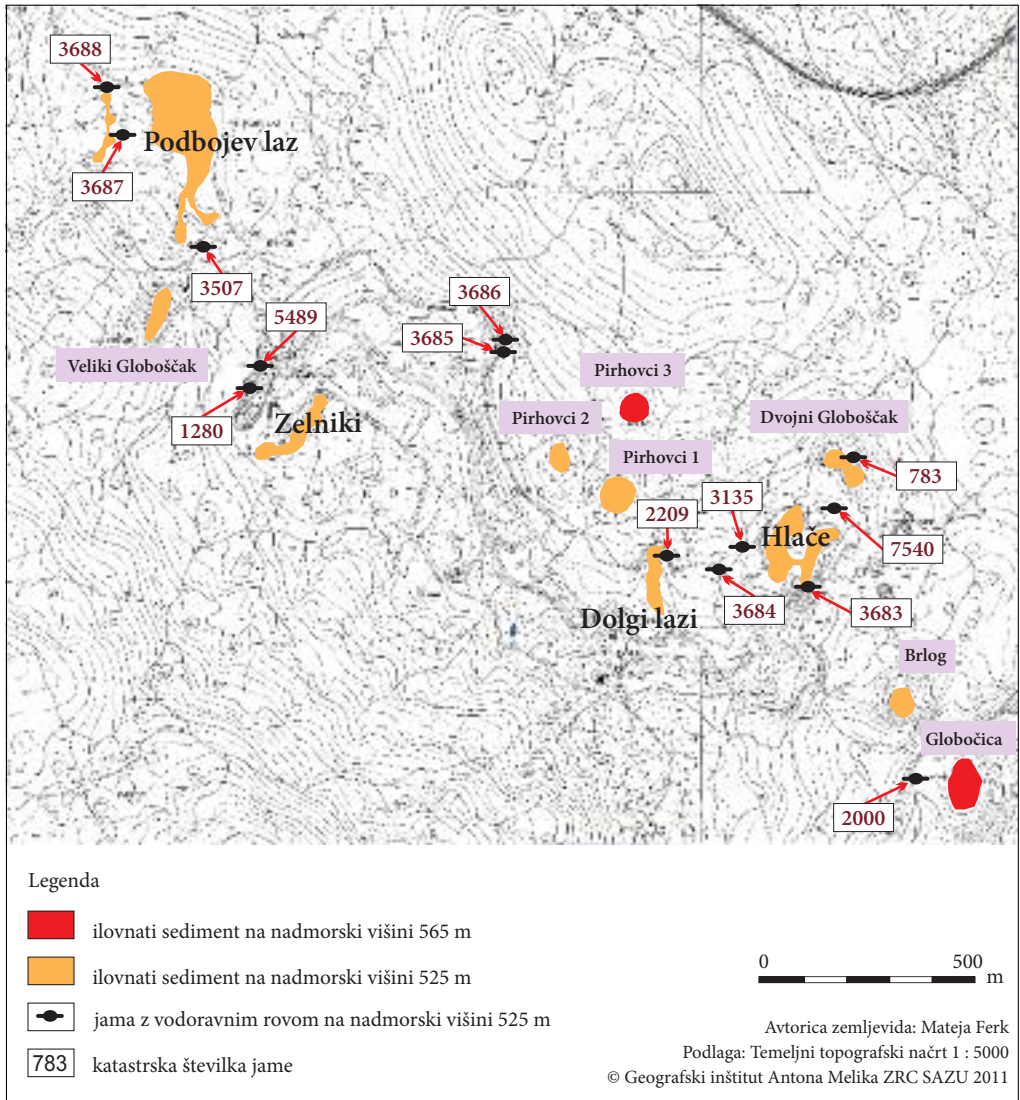


pobočje, ki so do 10 m dolge in od 5 do 30 m široke. Najvišje živoskalne uravnave so fragmentirane, vendar se pojavljajo v celotnem obodu kotline na nadmorski višini od 560 do 570 m. Živoskalne uravnave na tem nivoju so manj izrazite, saj so intenzivno zakrasele ter razčlenjene s številnimi vrtačami in škrapljami. V vrtačah in plitvih poglobitvah na uravnava je mestoma še ohranjen ilovnat sediment, vendar ga je mnogo manj kot na uravnava na nivoju 525 m. Ob robovih uravnava se ponekod pojavljajo zatrepom podobne, polkrožne zajede v višje pobočje, ki so do 50 m dolge in od 10 do 50 m široke. Granulometrične analize ilovnatnega sedimenta, ki je ohranjen v posameznih manjših zaplatah na živoskalnih uravnava na nadmorski višini okoli 525 m in 565 m, so pokazale, da prevladujejo frakcije grobega in drobnega melja ter glin. Petrografske analize so pokazale, da sediment med drugim vsebuje tudi karnijske oolitne boksitne prodnike in črne rožence.

Razen manjših zatrepnih dolin so v kotlini oblikovane tudi podolgovate kotanje v obliki jarkov, ki so zapolnjene z ilovnatim sedimentom. V dolini Raka se nahajajo na območjih Hlače, Dolgi lazi in Zelniki. Izrazita, podolgovata jarka pa sta oblikovana tudi v južnem in osrednjem delu Podbojevega laza.

- Na območju Hlače, ki se nahaja severno od izvira Raka iz Zelskih jam, sta oblikovana vzporedna, podolgovata jarka na nadmorski višini 530 do 525 m, ki potekata v smeri sever–jug. Zahodni jarek je 140 m dolg in povprečno 70 m širok. Dno jarka je v celoti zapolnjeno z ilovnatim sedimentom. Vzhodni jarek je 160 m dolg in povprečno 50 m širok. Dno jarka je v celoti zapolnjeno z ilovnatim sedimentom. Spodnja dela jarkov sta povezana s 30 m dolgim in 20 m širokim prečnim jarkom, na nadmorski višini 525 m, čigar dno je prav tako zapolnjeno z ilovnatim sedimentom. Na vzhodnem pobočju vzhodnega jarka se mestoma pojavljajo ostanki že močno razpadle sige, ki je izpostavljena zmrzalnemu prepevanju. 15 m severno od začetnega dela vzhodnega jarka v podzemlju začenja rov neaktivne vodne jame, Carske jame pri Globoščaku (katastrska številka 7540) (Kataster jam 2010), ki poteka v smeri sever–jug.
- V Dolgih lazih, ki se nahajajo v severovzhodnem pobočju doline Raka, je oblikovan podolgovati jarek na nadmorski višini od 528 do 510 m in poteka v smeri sever–jug. Jarek je 160 m dolg in povprečno 60 m širok. Dno jarka je v celoti oblikovano v ilovnatem sedimentu. V vzhodnem pobočju začetnega dela jarka se nahaja vhod v neaktivno vodno jamo, Jamo pod cesto v Rakovem Škocjanu (katastrska številka 2209) (Kataster jam 2010).
- Na območju s toponimom Zelniki, ki se nahaja vzhodno od stranskega, neaktivnega vhoda v Tkalco jamo, je oblikovan podolgovati jarek na nadmorski višini od 527 do 520 m in poteka v smeri jugozahod–severovzhod. Jarek je 150 m dolg in povprečno 40 m širok. Dno jarka je zapolnjeno z ilovnatim sedimentom. Začetni del jarka, ki je bil oblikovan pred stranskim vhodom v Tkalca jamo in kjer so na površju razkriti tudi ostanki razpadajoče sige, je v dolžini 30 m v celoti deformiran z nasipom za cesto.
- V južnem delu Podbojevega laza je oblikovan podolgovati jarek na nadmorski višini okoli 515 m in poteka v smeri jug–sever. Jarek je 250 m dolg in povprečno 20 m širok. Z ilovnatim sedimentom zapolnjeno dno jarka ni povsem ravno, saj ga prekinjajo do 30 m dolga in do 10 m visoka nasutja iz podornih blokov različnih velikosti.
- Tudi v zahodnem delu Podbojevega laza je oblikovan podolgovati jarek, na nadmorski višini 510 do 515 m, ki poteka v smeri jug–sever. Sestavlja ga izrazito podolgovata 120 m dolga kotanja, z uravnanim ilovnatim dnom na nadmorski višini 510 m in krajši odseki jarkov, ki se nadaljujejo še 150 m proti severozahodu, prav tako zapolnjeni z ilovnatim sedimentom na nadmorski višini 515 m. V severnem delu kotanje se nahaja vhod v neaktivno vodno jamo, Jamo pri Podbojevem lazu (katastrska številka 3687) (Kataster jam 2010). Okoli 10 m severno od razčlenjenega nadaljevanja jarka se nahaja manjša udornica, ki je v Katastru jam Jamarske zveze Slovenije (2009) registrirana kot Brezno ob Matil-dini cesti (katastrska številka 3688).

Granulometrične analize ilovnatnega sedimenta, ki zapolnjuje dna podolgovatih jarkov v dolini Raka in Podbojevem lazu, so pokazale, da prevladujejo frakcije drobnega melja in glin. Petrografske analize so pokazale, da sediment vsebuje karnijske oolitne boksitne prodnike in črne rožence.



Slika 8: Ilovnate zapolnitve v kotlini Rakov Škocjan.

V zaledju živoskalnih uravnjav ali jarkov zapolnjenih z ilovnatim sedimentom na nadmorski višini okoli 525 m so oblikovane udornice Brlog, Dvojni Globoščak, Pirhovci 1 in 2 v dolini Raka ter Veliki Globoščak v Podbojevem laz. Vse udornice imajo relativno uravnana dna v ilovnatem sedimentu na nadmorskih višinah od 520 do 525 m. Pobočja udornic so stenasta, ponekod aktivna. Uravnatežena pobočja se ne pojavljajo v nobeni izmed navedenih udornic (Stepišnik 2006). Pod stenami so oblikovana melišča. V zaledju živoskalnih uravnjav na nadmorski višini okoli 565 m sta oblikovani udornici Globočica in Pirhovci 3. Globočica ima ilovnato uravnano dno oblikovano na nadmorski višini 575 m. Pobočja udornice so v pretežni meri uravnatežena ali aktivna (Stepišnik 2006). Udornica Pirhovci 3 ima relativno uravnano dno v ilovnatem sedimentu na nadmorski višini 560 m. Pobočja udornice so pretežno aktivna,

delno tudi uravnotežena (Stepišnik 2006). Granulometrične analize ilovnatnega sedimenta, ki zapolnjuje dna udornic, so pokazale, da prevladujejo frakcije drobnega melja in gline. Petrografske analize so pokazale, da sediment vsebuje karnijske oolitne boksitne prodnike in črne rožence.

### 3.2 Speleološke značilnosti kotline Rakov Škocjan

V kotlini Rakov Škocjan je 57 jamskih objektov. Od tega je 27 neaktivnih vodnih jam, ki so nastale v freatični ali epifreatični coni in so v današnjih hidroloških razmerah izključene iz hidrološke funkcije. Približno polovica neaktivnih vodnih jam ima uravnana dna jamskih rovov v trdni kamnini ali ilovnatem sedimentu na nadmorskih višinah okoli 525 m. V vzhodnem, izvornem delu doline Raka so to Anžetova jama (katastrska številka. 2000), Ledenica v Globoščaku (katastrska številka. 783), Carska jama pri Globoščaku (katastrska številka. 7540), Okno (katastrska številka. 3683), Pajkovka (katastrska številka. 3135), Brezno pri Pajkovki (katastrska številka. 3684) in Jama pod cesto v Rakovem Škocjanu (katastrska številka. 2209). V ponornem delu doline Raka se nahajata Jami 1 (katastrska številka. 3685) in 2 nad Farjevko (katastrska številka. 3686) ter Frenkova jama (katastrska številka. 5489) in Spodmol pri Škocjanu (katastrska številka. 1280). V Podbojevem lazju pa so Jama pri Malem Globoščaku (katastrska številka. 3507), Jama pri Podbojevem lazju (katastrska številka. 3687) in Brezno ob Matildini cesti (katastrska številka. 3688) (Kataster jam 2010). Ohranjeni so različno dolgi odseki horizontalnih jamskih rovov. V krajših delih neaktivnih vodnih jam je primarne jamske oblike že povsem preoblikovalo zmrzalno preperevanje. Deli genetsko freatičnih ali epifreatičnih jam, ki so v današnjih hidroloških razmerah neaktivne, se pojavljajo tudi v zaledju živoskalnih uravnjav na nadmorski višini 565 m. Na jugovzhodni in vzhodni strani kotline so oblikovane Velika Volčja jama (katastrska številka. 3504), Milojkina jama (katastrska številka. 3285), Brlog pod Javorniško cesto (katastrska številka. 3475) in Metkina jama (katastrska številka. 3133) (Kataster jam 2010), ki imajo dna rovov uravnana v trdni kamnini ali ilovnatem sedimentu na nadmorskih višinah okoli 565 m. Prevladujejo zgolj kratki odseki nekdanjih jamskih rovov, ki sta jih odlaganje sige in intenzivno zmrzalno preperevanje že močno preoblikovala. V jamah ni ohranjenih primarnih jamskih oblik. Granulometrične analize ilovnatnega sedimenta, ki je ohranjen v neaktivnih vodnih jamah v dolini Raka in Podbojevem lazju, so pokazale, da prevladujejo delci grobega in drobnega melja ter gline. Petrografske analize ilovnatnega sedimenta pa so pokazale, da sediment vsebuje karnijske oolitne boksitne prodnike in črne rožence.

## 4 Morfogeneza kotline Rakov Škocjan

Kotlina je oblikovana ob treh izrazitih prelomih v dinarski smeri, območje pa prečkajo še številni manjši prelomi in razpoke. Zgostitev tektonskih pojavov na majhnem območju predstavlja oviro podzemnemu pretoku vod. Na območju kotline Rakov Škocjan voda sicer odteka tudi podzemno, vendar je kamnina do te mere pretrta, da je onemogočeno oblikovanje večjih podzemnih kanalov, ki bi lahko prevajali vso dotočno vodo. Prelomi, ki so oblikovani na preučevanem območju, delujejo do neke mere kot zaporni prelomi (Šušteršič in sodelavci 2001; Šušteršič 2002). Kamninski masiv v katerem je oblikovana kotlina, deluje glede na hidrološke razmere in značilnosti podtalnice, kot akvitarid (Ford in Williams 2007, 103), saj prevaja vodo, vendar je gibanje vode skozi masiv oteženo. Zaradi tega prihaja krajevno do dvignjenega piezometričnega nivoja in vode cono delno prečkajo površinsko, pri čemer se je oblikovalo širše uravnano dno na piezometričnem nivoju.

V hidrološko aktivnem dnu doline Raka je oblikovana naplavna ravnica do nadmorske višine 510 m, ki je ob višjih piezometričnih nivojih poplavljenjena. Naplavne ravnice na nadmorski višini okoli 515 m, pa najvišji znani piezometrični nivoji ne dosežejo več. Kljub temu lahko sklepamo, da naplavna ravnica spada v recentno razvojno fazo doline in bi bila ob ekstremnih poplavljenjih lahko poplavljenjena, saj je razlika med nivojema naplavnih ravnin premajhna, da bi nakazovala na različne razvojne faze. V ilovnatem

sedimentu uravnano dno Podbojevega laza najvišji piezometrični nivoji ne dosežejo več, vendar številne sufozijske vrtače kažejo na aktivni vodni tok v podzemlju in spiranje ilovnatnega sedimenta v podzemlje. Rezultati granulometričnih analiz kažejo, da se je sediment, ki gradi oba nivoja naplavne ravnice v dolini Raka in zapolnjuje dno kotanje v Podbojevem laz, odlagal iz stoječe poplavne vode. Rezultati petrografskih analiz so pokazali, da gre v vseh primerih za alohton sediment, ki je značilen za porečje Cerknjščice.

V pobočjih kotline Rakov Škocjan so oblikovane živoskalne uravnave v obliki teras. Ker je edini poznan mehanizem uravnavanja površja v krasu uravnavanje na piezometričnem nivoju, lahko sklepamo, da so bile živoskalne terase v pobočjih kotline oblikovane z uravnavanjem dna kotline na nivoju piezometra v starejših razvojnih fazah. To pomeni, da se je že v začetnih razvojnih fazah kotline, v njej pojavljala površinsko tekoča voda. Polkrožne zajede ob robovih uravnava so najverjetneje ostanki nekdanjih zatrepov, v katerih so se nahajali izviri. Na uravnavanje dna kotline na višjem piezometričnem nivoju v starejših razvojnih fazah, kaže tudi ujemanje nadmorskih višin teras, ki jih lahko uvrstimo v dva izrazitejša nivoja oziroma dve razvojni fazi. Morfološke značilnosti teras nakazujejo, da pripadajo višje terase starejši razvojni fazi kotline, nižje terase pa mlajši. Pregib na nadmorski višini 535 m med dolino Raka in Podbojevim lazom pa nakazuje, da sta bili kotanji v mlajši razvojni fazi kotline z dnem uravnanim na nadmorski višini okoli 525 m že morfološko ločeni. Ker ni oblikovanih teras na nadmorskih višinah okoli 565 m v pobočjih nad pregibom med dolino Raka in Podbojevim lazom, ni mogoče sklepati o tem, ali sta bili kotanji tudi že v starejši razvojni fazi morfološko ločeni ali pa je imela kotlina enotno dno. Rezultati granulometričnih analiz so pokazali, da se je ilovnat sediment, ki je krajevno ohranjen na živoskalnih uravnava, odlagal iz stoječe ali počasi tekoče vode. To potrjuje domnevo, da se je v preteklih razvojnih fazah oblikovalo uravnano dno kotline na piezometričnem nivoju. Rezultati petrografskih analiz kažejo, da je ilovnat sediment, ki je ohranjen na obeh nivojih uravnava značilen za porečje Cerknjščice, kar pomeni, da so bile smeri pretakanja vode v preteklih razvojnih fazah podobne današnjim.

V kotlini Rakov Škocjan so tudi jarkom podobne podolgovate kotanje. V dolini Raka so podolgovati jarki zapolnjeni z ilovnatim sedimentom v povprečju oblikovani na nadmorski višini 524 m, v Podbojevem laz pa na nadmorski višini okoli 515 m, zaradi česar sklepamo, da so bili aktivni v mlajši razvojni fazi kotline z dnem uravnanim na nadmorski višini okoli 525 m. Morfografske in morfometrične analize jarkov so pokazale, da enotna interpretacija vseh jarkov ni mogoča, saj so se razvili iz različnih morfoloških oblik, ki so se razlikovale tudi v svojih hidroloških funkcijah:

- Morfološke in morfometrične značilnosti jarkov na območju Hlač nakazujejo, da sta jarka delovala kot pritočna kanala, ki sta dovajala večje količine vode v dolino Raka. Čeprav je Carska jama pri Globoščaku najverjetneje ostanek jamskega rova po katerem je na območje Hlač pritekala voda iz smeri udornice Dvojni Globoščak, je nemogoče z gotovostjo trditi, ali sta jarka ostanka zatrepov, v katerih so se nahajali izviri, ali gre za brezstropi jami, ki sta nekoč delovali kot del pritočnega jamskega sistema. Ostanki sige v pobočju jarka sicer nakazujejo, da gre za dele podzemnega rova, vendar so količine premajhne in preslabo ohranjene za zanesljivo razlago.
- Jarek v Dolgih lazih je po svojih morfoloških značilnostih tipična zatrepna dolina, ki se nadaljuje v horizontalno podzemno jamo (Jama pod cesto v Rakovem Škocjanu). Domnevo, da je jarek zatrepna dolina in ne brezstropa jama, so potrdile tudi morfometrične analize, saj dimenzije jamskih rovov in jarka niso primerljive in ne kažejo na genetsko povezanost. Poleg tega na podlagi lege jarka in današnjih hidroloških značilnosti sklepamo, da so se v starejši razvojni fazi kotline v začetnem delu jarka nahajali izviri.
- Na podlagi morfoloških in morfometričnih značilnosti jarka v Zelnikih ter lege v ponornem delu doline oziroma neposredno pred stranskim vhodom v Tkalca jamo domnevamo, da je jarek ostanek ponorne jame, ki je odvajala večje količine vode iz doline Raka po rovih, nad katerimi je nastala Škocjanska udornica, proti severu oziroma Podbojevemu laz. Ker se siga nahaja zgolj v antropogeno preoblikovanem delu jarka, ne morem z gotovostjo trditi ali gre za brezstropo jamo ali je jarek oblikovala površinsko tekoča voda.

- Na podlagi morfoloških značilnosti jarka v južnem delu Podbojevega laza, sklepamo, da gre za brezstropo jamo, ki ji je denudacija delno odstranila strop, delno pa se je porušil v jamski rov pod njim. Zato dno jarka ni uravnano, ampak je mestoma prekinjeno z nasutji podornih blokov, za katere domnevamo, da so ostanki porušenega jamskega stropa. Morfometrične značilnosti in orientacija jarka v prostoru nakazujejo, da je prevajal večje količine vode med Velikim Globoščakom in Podbojevim lazom. Smer pretakanja vode ni določljiva, možno pa je, da se je smer tudi spreminjala.
- Na podlagi morfoloških in morfometričnih značilnosti začetnega dela jarka v zahodnem delu Podbojevega laza, kjer je oblikovana kotanja, podzemnega nadaljevanja te kotanje v neaktivno vodno jamo, značilnosti severnega dela jarka, ki se zaključijo tik pred udornico, ter nadmorskih višin posameznih odsekov jarka, sklepamo, da gre za dva genetsko nepovezana jarka brezstropih jam, ki sta nastala iz plitvo pod površjem potekajočih jam. Glede na lego delov brezstropih jam v zahodnem delu Podbojevega laza, sklepamo, da so prevajale vodo v smeri proti severu.

Rezultati granulometričnih analiz sedimenta, ki zapolnjuje jarke v dolini Raka in Podbojevem laz, so pokazali, da se je sedimentacija vršila iz počasi tekoče do stoječe vode. To kaže na nakazuje na višji piezometrični nivo v preteklih razvojnih fazah kotline. Rezultati petrografskih analiz so pokazali, da je mineraloška sestava sedimenta značilna za porečje Cerknjščice, kar pomeni, da se hidrološka funkcija kotline, v smislu smeri prevajanja vode znotraj Notranjskega podolja, v preteklih razvojnih fazah kotline ni bistveno spreminjala.

Na podlagi morfoloških značilnosti udornic, ki imajo dna v ilovnatem sedimentu uravnana na nadmorski višini okoli 525 m, sklepamo, da pripadajo mlajši razvojni fazi kotline kot udornici, ki imata dna uravnana na nivoju okoli 565 m. Morfometrične značilnosti vseh udornic pa kažejo, da so nastale nad aktivnimi jamskimi rovi, kjer je vodni tok sproti odnašal podorno gradivo izpod udornic. Rezultati granulometričnih analiz so pokazali, da se je sediment, ki zapolnjuje dna udornic odlagal iz stoječe vode, kar nakazuje na višji piezometrični nivo v preteklih razvojnih fazah kotline. Rezultati petrografskih analiz nakazujejo, da gre v vseh primerih za alohton sediment, ki je značilen za porečje Cerknjščice.

Na podlagi speleoloških analiz je bilo ugotovljeno, da se nadmorske višine dnov jamskih rovov, ki so oblikovani bodisi v trdni kamnini bodisi uravnani v ilovnatem sedimentu, ujemajo z izrazitejšima razvojnima fazama kotline, ki sta bili ugotovljeni že pri živoskalnih uravnavah in ilovnatih zapolnitvah v kotlini. V krajših delih neaktivnih vodnih jam je primarne jamske oblike že povsem preoblikovalo zmrzalno preperevanje, zato ni mogoče zanesljivo razložiti smeri toka vode, ki je jame oblikovala. Speleološke analize daljših ohranjenih odsekov jamskih rovov, so pokazale, da so bile jame preoblikovane v več fazah, saj je prihajalo do velikih nihanj piezometričnega nivoja, kjer so se smeri pretakanja vode znotraj posameznega jamskega sistema tudi spreminjale. Na podlagi rezultatov granulometričnih analiz je mogoče sklepati, da se je sediment, ki je ohranjen v neaktivnih vodnih jamah na obeh nivojih, tako v dolini Raka kot Podbojevem laz, odlagal iz počasi tekoče ali stoječe vode na piezometričnem nivoju. Rezultati petrografskih analiz so v vseh vzorčenih primerih pokazali, da so bile smeri pretakanja vode v obeh razvojnih fazah kotline podobne današnjim. Sklenemo lahko, da je sicer lahko prihajalo do sprememb hidrološke vloge ožjega območja znotraj kotline, medtem, ko se hidrološka vloga kotline v hidrološkem sistemu kraške Ljubljane ni spreminjala.

## 5 Sklep

Območje kotline Rakov Škocjan je močno tektonsko razčlenjeno. Kotlina je oblikovana ob prelomih in razpoklinskih conah v dinarski smeri. Geneza kotline je vezana na položaj prelomov in prelomnih con, ki delujejo kot akvitard in povzročajo krajevno dvignjen piezometrični nivo. Morfografske analize so pokazale, da se je kotlina oblikovala postopno, s počasnim upadanjem piezometričnega nivoja, pri čemer je bilo spuščanje piezometra dovolj počasno, da se je v kotlini obdržala površinsko tekoča voda. Tako je kotlino že v preteklih fazah razvoja oblikovala in preoblikovala površinsko tekoča voda.

V pobočjih kotline, nad hidrološko aktivnim dnom, so v dveh izrazitejših nivojih oblikovane živo-skalne uravnave v obliki teras, na podlagi katerih sta bili ugotovljeni dve starejši razvojni fazi kotline. Nižje oziroma mlajše terase so oblikovane na nadmorskih višinah okoli 525 m, višje oziroma starejše terase pa na nadmorskih višinah okoli 565 m. Teraso so najverjetneje ostanki uravnane dna kotline, ki se je oblikovalo na piezometričnem nivoju v starejših razvojnih fazah. Prostorska razporeditev teras na obeh nivojih kaže na dvodelnost kotline, ujemanje nadmorskih višin teras pa na hidrološko povezanost doline Raka in Podbojvega laza že v preteklih razvojnih fazah kotline.

Sedimentološke analize ilovnatnega sedimenta, ki se pojavlja v posameznih površinskih kraških oblikah (podolgovati jarki, brezstropne jame, udornice) v dolini Raka in Podbojevem lazu, so pokazale, da gre v vseh primerih za alohtono gradivo, ki se je odlagalo iz počasi tekoče ali stoječe poplavne vode na piezometričnem nivoju in je značilno za porečje Cerknishčice.

Speleološke analize kažejo, da so neaktivne vodne jame v starejših razvojnih fazah kotline delovale kot izvirne ali ponorne jame v epifreatični coni. Rezultati sedimentoloških analiz ilovnatnega sedimenta, ki je ohranjen v horizontalnih jamskih rovih, se povsem ujemajo z rezultati analiz površinskega sedimenta. To pomeni, da so bile smeri pretakanja vode in s tem hidrološka funkcija kotline, kot člena v hidrološkem sistemu kraške Ljubljane, v vseh prepoznavnih razvojnih fazah kotline, podobne današnjim. Spreminjala se je zgolj prostorska razporeditev izvirov in ponorov v kotlini, ki je povzročila izredno pestrost kraških pojavov na majhnem območju.

## 6 Viri in literatura

- Buser, S., Grad, K., Pleničar, M. 1967: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000, list Postojna. Zvezni geološki zavod. Beograd.
- Čar, J., Gospodarič, R. 1984: O geologiji krasa med Postojno, Planino in Cerknico. *Acta carsologica* 12. Ljubljana.
- Ferk, M. 2009: Morfogeneza kotline Rakov Škocjan. Diplomsko delo, Oddelek za geografijo Filozofske fakultete. Ljubljana.
- Ford, D., Williams, P. 2007: *Karst Hydrology and Geomorphology*. Chichester.
- Gams, I. 2004: *Kras v Sloveniji v prostoru in času*. Ljubljana.
- Gospodarič, R., Kogovšek, J., Luzar, M. 1983: Hidrogeologija in kraški izviri v Rakovem Škocjanu pri Postojni. *Acta carsologica* 11. Ljubljana.
- Habič, P., Gospodarič, R. 1987: *Man's impact in Dinaric karst*. Ljubljana.
- Kataster jam Jamarske zveze Slovenije. Jamarska zveza Slovenije. Ljubljana, 2010.
- Kunaver, P. 1922: *Kraški svet in njegovi pojavi*. Ljubljana.
- Kunaver, P. 1961: *Cerkniško jezero*. Ljubljana.
- Kunaver P. 1966: *Rakov Škocjan*. Ljubljana.
- Stepišnik, U. 2006: *Udornice na Slovenskem krasu*. Doktorsko delo, Oddelek za geografijo Filozofske fakultete. Ljubljana.
- Šerko, A. 1949: *Kotlina Škocjan pri Rakeku*. *Geografski vestnik* 20-21. Ljubljana.
- Šušteršič, F. 1994: *Reka sedmerih imen: s poti po notranjskem krasu*. Logatec.
- Šušteršič, F. 2002: Collapse dolines and deflector faults as indicators of karst flow corridors. *International Journal of Speleology* 31-1. Bologna.
- Šušteršič, F., Čar, J., Šebela, S. 2001: *Zbirni kanali in zaporni prelomi*. *Naše jame* 43. Ljubljana.

## 7 Summary: Morphogenesis of Rakov Škocjan Karst Basin

(translated by the author)

Rakov Škocjan Karst Basin is situated in a small karst plain in the north-western part of Notranjsko Podolje between karst poljes of Planina, Unec-Rakek, Cerknica and the Javorniki Hills. The basin consists of two smaller depressions: Rak Valley in the southeast and the basin of Podbojev Laz in the northwest.

The research is based on detailed morphographic mapping, collecting of morphometric data, speleological analyses, and laboratory analyses of loamy sediment. On basis of collected data and accomplished analyses the morphochronological and morphogenetic development of the study area was defined.

The tectonic evolution of the basin caused a locally higher piezometric level. Although the fractured rock allows formation of underground canals, the canal capacity is too small to conduct all subsurface water. Tectonic characteristics had principal influences on the basin development.

Rocky terraces in two levels were identified on the slopes of the basin. The higher ones were formed at the elevations between 550 and 570 m above sea level. They appear in all parts of the basin slopes although they are dissected by deep grykes and dolines. Some fine-grained sediment appears in rare patches. These terraces are probably the oldest morphologic remnants of previous development stages of the Rakov Škocjan Basin when a relatively flattened basin floor was formed at the elevation 565 m. Therefore the basin was formed by surface water flow yet in the oldest preserved development stage.

The lower terraces were formed at elevations between 520 m and 530 m. They are very significant in the slopes of Rak Valley, but the appearance in Podbojev Laz is limited to the north-western part of the depression. These terraces are very distinct although they are dissected by some grykes and dolines. Fine-grained sediment is preserved in the dolines. In the hinterland of the terraces few collapse dolines can be found. The collapse dolines have flattened floor on the elevation of about 525 m with loamy sediment. In the rim of the whole basin also inactive epiphreatic caves are situated, with sediment fills at the altitudes of approximately 525 m. In the younger development stage a flattened floor on the elevation around 525 m was formed. However, due to the morphology of the higher terrain which is at the elevation of 535 m between the Rak Valley and Podbojev Laz, the basin floor in the younger development stage was probably already divided in two different parts. Nevertheless, Rakov Škocjan was also in this development stage formed by surface water flow.

In present hydrological conditions the same morphological features are being formed in the Rak Valley as in previous development stages.

The research revealed that the basin was formed progressively with gradual decrease of the piezometric level. Moreover, the dynamics of the water level decrease was sufficiently low; consequently the water did not sink into karst but remained on the surface.

Analyses of loamy sediment revealed that the main water course in the wider region of Notranjsko Podolje did not change essentially in the past, although the spring and ponor locations in Rakov Škocjan Basin have changed.

