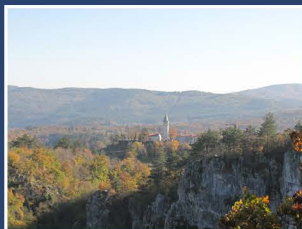


Udornice v Sloveniji

Uroš Stepišnik

E-GeograFF
1





E-GeograFF **1**

Udornice v Sloveniji

Uroš Stepišnik

Ljubljana 2017

E-GeograFF 1

Udornice v Sloveniji

Avtor: Uroš Stepišnik

Urednik: Marko Krevs

Recenzenta: Karel Natek, Blaž Komac

Kartografija in fotografije: Uroš Stepišnik, Tanja Koželj

Lektoriranje: Kristina Pritekelj

Založila: Znanstvena založba Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani

Izdal: Oddelek za geografijo, Univerza v Ljubljani

Za založbo: Roman Kuhar, dekan Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani

Prvi izdaja, elektronska izdaja

Oblikovanje in prelom: Natisni.si

Izid publikacije so finančno podprli oddelek za geografijo Filozofske fakultete in Javna agencija za knjigo Republike Slovenije.

Publikacija je brezplačna.

Publikacija je dostopna na: <https://e-knjige.ff.uni-lj.si>

DOI: 10.4312/9789612379841

Delo je ponujeno pod licenco Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (priznanje avtorstva, deljenje pod istimi pogoji).



Kataložni zapis o publikaciji (CIP) pripravili
v Narodni in univerzitetni knjižnici v Ljubljani

COBISS.SI-ID=292824064

ISBN 978-961-237-984-1 (pdf)

Udornice v Sloveniji

Uroš Stepišnik



E-GeograFF
1

KAZALO

1	UVOD	7
2	NASTANEK UDORNIC	9
2.1	OBLIKOVANJE UDORNIC ZARADI KOROZIJSKEGA SPODJEDANJA	11
2.2	OBLIKOVANJE UDORNIC ZARADI MEHANSKEGA SPODJEDANJA	13
3	PREOBLIKOVANJE UDORNIC	15
3.1	POBOČJA UDORNIC	16
3.2	DNA UDORNIC	25
3.2.1	DNA Z AKTIVNIM VODNIM TOKOM	26
3.2.2	DNA, ZAPOLNJENA S POBOČNIM MATERIALOM	26
3.2.3	DNA, URAVNANA Z ILOVNATIM MATERIALOM	27
4	GEOMORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI UDORNIC V SLOVENIJI	31
4.1	UDORNICE NA KRASU	33
4.1.1	UDORNICE NA DIVAŠKEM KRASU	35
4.1.2	UDORNICE NA SEŽANSKEM IN TRŽAŠKEM KRASU	40
4.1.3	UDORNICE V TABORSKIH IN GABRŠKIH BRDIH	44
4.1.4	UDORNICE SEVERNO OD DIVAŠKEGA PRELOMA	46
4.2	UDORNICE V MATARSKEM PODOLJU	50
4.2.1	UDORNICE V ZALEDJU RELIKTNIH VRŠAJEV PRI SLOPAH IN RODIKU	51
4.2.2	UDORNICE V OKOLICI KOZINE IN HRPELJ	54
4.2.3	UDORNICE V ZALEDJU SLEPIH DOLIN BREZOVICA IN ODOLNA	56
4.2.4	UDORNICE V ZALEDJU SLEPE DOLINE ODOLINA IN ZATREPNIH PONOROV HOTIČNE, ... SLIVARSKEGA POTOKA TER MOČILNIKA	58
4.2.5	UDORNICE V ZALEDJU ZATREPNEGA PONORA MOČILNIK IN SLEPE DOLINE JEZERINA	59
4.2.6	UDORNICE V ZALEDJU SLEPIH DOLIN JEZERINA IN MALE LOČE	61
4.3	UDORNICE MED PIVŠKO KOTLINO IN KOŠANSKO DOLINO	63
4.3.1	UDORNICE NA SLAVENSKEM RAVNIKU	65
4.3.2	UDORNICE NA GREBENU MLEČNIKA IN OSOJNICE	67
4.4	UDORNICE V POREČJU KRAŠKE LJUBLJANICE	69
4.4.1	UDORNICE V ZALEDJU IZVIROV LJUBLJANICE	70
4.4.2	UDORNICE MED LOGAŠKIM POLJEM IN ZALEDJEM IZVIROV LJUBLJANICE PRIVRHNIKI	73
4.4.3	UDORNICE NA POKOJŠKI PLANOTI	77
4.4.4	UDORNICE NA LANSKEM VRHU	78
4.4.5	UDORNICE NA LOGAŠKEM RAVNIKU	80
4.4.6	UDORNICE NA BEGUNJSKEM RAVNIKU	83
4.4.7	UDORNICE MED PIVŠKO KOTLINO IN PLANINSKIM POLJEM	84
4.4.8	UDORNICE MED CERKNIŠKIM IN PLANINSKIM POLJEM	88
4.4.9	UDORNICE MED LOŠKIM IN CERKNIŠKIM POLJEM	94
4.5	UDORNICE V ZALEDJU IZVIROV KRKE	93
4.5.1	UDORNICE PRI MALIKOVCU	95
4.5.2	UDORNICE V ZALEDJU IZVIROV KRKE	95
4.6	UDORNICE V ZAHODNI SUHI KRAJINI	96
4.7	UDORNICE JUŽNO IN VZHODNO OD KOČEVSKEGA POLJA	99
4.8	UDORNICE V BELI KRAJINI	101
5	SKLEP	104
6	VIRI IN LITERATURA	106
7	SEZNAM PREGLEDNIC	113
8	SEZNAM SLIK	114
9	STVARNO KAZALO	116

I UVOD

Na zemeljskem površju se pogosto pojavljajo zaprte globeli, čeprav so lahko povsem različnega nastanka in v različnih okoljih. Lahko nastajajo s tektonskim pogrezanjem, vulkanizmom, vetrno, rečno in ledeniško erozijo ter akumulacijo, ali pa jih posredno oziroma neposredno oblikuje korozija na topnih kamninah. Na kraškem površju poznamo mnogo različnih zaprtih kraških globeli. Najmanjše in najbolj značilne zaprte globeli na slovenskem krasu so vrtače. Večje globeli, ki naj bi bile v tlorisu bolj nepravilnih oblik, imenujemo uvale. Večje globeli od uval imenujemo kraška polja (Cvijič, 1893; Gams, 1964). Udornice so po definiciji kraške globeli, ki so nastale z udori stropov nad podzemnimi votlinami. Po tem procesu se udornice tudi imenujejo. V slovenski strokovni literaturi se ime udornica običajno uporablja za tiste zaprte globeli, ki med okoliškimi vrtačami izstopajo po velikosti ali imajo strma oziroma stenasta pobočja (Mihevc, 2001).

Udornice so površinske kraške depresijske oblike različnih oblik in velikosti, katerih nastanek povezujemo s točkastim vertikalnim odnašanjem kamnine v podzemlje bodisi z nenadnim udorom ali podiranjem nad jamskim prostorom bodisi s postopnim mehanskim ali korozijskim odnašanjem kamnine nad aktivnimi jamskimi rovi (Stepišnik, 2001; Mihevc 2001), sam udor stropa nad podzemskim prostorom pa lahko zaradi omejene velikosti jamskih dvoran pogojuje le nastanek manjših udornic. Nastanek in razporeditev večjih globeli, ki jih slovenska strokovna literatura prav tako imenuje udornice, sta vezana na specifične hidrološke procese na območjih koncentriranih podzemskih tokov, nihanja piezometričnega nivoja v podzemlju, na večjo agresivnost ali erozivnost vodnih tokov ali kombinacije teh dejavnikov.

Udornice so različnih dimenzij in oblik. Mejne dimenzije oziroma razmejitev po velikosti ni točno določena, zato se pri klasifikaciji zaprtih globeli poleg razdelitve po velikosti opiramo tudi na morfologijo globeli. Nekatere udornice kljub majhni velikosti, zaradi katere bi jih opredelili kot vrtače, lahko zaradi strmih ali stenastih pobočij uvrstimo med udornice.

Preoblikovanje udornic je rezultat součinkovanja mnogih geomorfni procesov. Po odstranitvi mase z udorom ali postopnim spodjedanjem, ki oblikuje globel, so najaktivnejši pobočni procesi. Dinamika in obseg pobočnih procesov je odvisna predvsem od mehanskih lastnosti kamnine, ki je pogojena predvsem z njenimi litološkimi in tektonskimi značilnostmi. Na preoblikovanje udornic deluje še mnogo drugih procesov, ki so vezani predvsem na hidrološke, speleološke in geološke ter klimatske značilnosti lokalnega kraškega območja. Posledica součinkovanja mnogih procesov so različne oblike in dimenzije udornic. Udornice so torej poligenetske in polimorfne oblike, ki nastajajo z različnimi procesi odnašanja mase ter s specifičnimi procesi eksogenega preoblikovanja, značilnimi za okolje, kjer se nahajajo.

Domačini na Krasu imenujejo udornice *doli*, medtem ko *doline* imenujejo manjše globeli, ki jih strokovna literatura navaja kot vrtače. V Matarskem podolju je najpogostejše imenovanje udornic *dol*, v južnem delu pa *dolac*. Na Notranjskem domačini nekatere udornice imenujejo *koliševke* ali *koleševke*, redkeje *kukave*, največkrat pa kar *doline* ali *doli*. Ime *dolina* in *dol* se uporablja tudi za večje globeli (npr.: Babni dol, dolina Raka, Planinska dolina, Loška dolina ipd.). Na Dolenjskem in v Beli krajini udornice imenujejo *doli* ali *doline*.

V slovenski strokovni literaturi naletimo na različne izraze, ki se nanašajo na kraške globeli udornega nastanka. *Slovenska kraška terminologija* (Gams, 1973) navaja *udornico* kot pogosto ime za *udorno vrtačo*, lahko tudi *udorno dolino*. Uporablja se tudi izraze *koleševka* ali *koliševka*, za katero *Slovenska kraška terminologija* (Gams, 1973) pravi, da je več deset metrov globoka in široka globel, običajno s skalnim, prepadnim pobočjem in z vidnim dnom. Po prevladujočem mnenju so *koliševke* udornega nastanka. Habič (1963) je med *koliševke* štel vse globoke udornice s prepadnimi ali zelo strmimi pobočji, ki se v dneh ne nadaljujejo v podzemne rove. Dna so zasuta s podornim skalovjem, gruščem ali preperelino, ki tvorijo ravno ali lijakasto dno. Ime *kukava* je v slovenski kraški literaturi predstavljeno kot ljudsko ime za vrtačo. Habič (1963) je med *kukave* štel vse udornice, ki imajo v dnu dostop do podzemnih rovov. Šušteršič (1973) predlaga termin *kukava* za povečane udornice in *konte*. Za poimenovanje različnih oblik udornic predlaga Šušteršič (1984) izraze *udorno brezno*, *udornica* in *globoščak*, ki naj bi opredelili različno razvojno stopnjo udornic.

Etimološko beseda *koliševka* izvira iz korena *kal*, torej iz imena *kališevka*. Tako se na starejšem kartografskem gradivu pojavi beseda *kališevka* namesto zapisa *koliševka*. Beseda *kukava* pa etimološko ni dokončno pojasnjena. Najverjetneje izvira iz praslovanske besede *kukava*, ki pomeni »osamljen, odmaknjen kraj«, oziroma iz pridevnika *kúkaven*, ki pomeni "beden, žalosten".

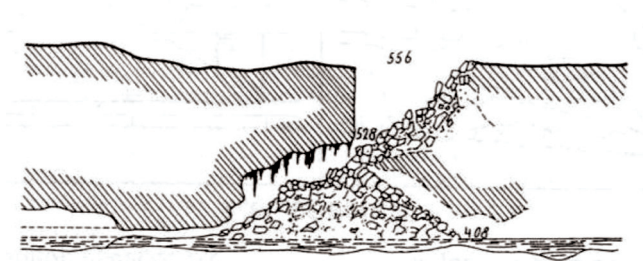
Izraz udornica se je začel uporabljati v slovenski strokovni literaturi v šestdesetih letih kot termin, prirejen splošnemu pojmu centrične globeli, domnevno nastale s podorom stropa nad kraško votlino. Do danes je skoraj v celoti izpodrinil izraza *udorna vrtača* in *udorna dolina*, ki sta pomensko enaka, dobesedno pa sta prevoda nemškega termina *die Einsturzdoline* (Šušteršič, 1984). V hrvaški strokovni kraški terminologiji udornico imenujejo *provalja* in *urušna ponikva*, v srbski *salomna vrtača*, v makedonski *vrtača s voden tek*, v angleški *karst window*, *collapse sinkhole*, *collapse doline*, *shakehole* in *natural well*, v francoski *dolines d'effondement*, v nemški *die Einsturzdoline* (Gams, 1973; Sweeting, 1972), v kitajski pa *tiankeng* (Waltham, 2005).

2 NASTANEK UDORNIC

Udornice so zaprte centrične globeli na krasu. Njihov nastanek povezujemo s točkastim navpičnim odnašanjem kamnine v podzemlje bodisi z nenadnim udorom ali podiranjem nad jamskim prostorom bodisi s postopnim mehanskim ali korozijskim odnašanjem kamnine nad aktivnim jamskim rovom (Stepišnik, 2004).

Udor stropa je najstarejša razlaga nastanka vseh udornic (cv: Cvijić, 1893). Danes najbolj razširjene definicije udornic izhajajo iz ugotovitve Cramerja (1941): »Udornica lahko kaže očitne zveze s spodaj ležečo jamo in je kot takšna potem brez nadaljnega razpoznavna" (Summerfield, 1996; Jennings, 1985; Ford, Williams, 1989).

Slika 1:
Cvijićeva risba
Črne jame
(Cvijić, 1893)



Habič (1963) je raziskoval udornice, ki po prostornini močno presegajo prostornine največjih jamskih dvoran. Opiše njihovo odvisnost od podzemnih vodnih tokov in zaključi, da je nastanek velikih udornic mogoč le, če obstaja v globini pomemben vodni tok, ki učinkovito odstranjuje porušeno kamnino. Pri tem mora biti geološka struktura v višini piezometra ali pod njim ugodna za koncentracijo vodnih tokov in nastanek večjega kanala; strop kanala mora biti ravno toliko neodporen, da se polagoma kruši, dokler dvorana ne zazija na površje; vodotok v globini pa mora biti tako močan, da vztraja tudi potem, ko podorni material zasuje prvotni kanal (Šušteršič, 1968). Večjega deleža prostornine udornic ne moremo pripisovati izključno rušenju jamskih stropov nad dvoranami, temveč je moral biti material odnesen naknadno, ko se je proces udiranja zaključil. Kasneje Šušteršič (1998) razdeli terminologijo udornic glede na nastanek. Za udornice, ki so nastale z udorom, uporabi tîrmin *udornica*, za večje udornice, ki so nastale s postopnim odnašanjem materiala, njihova prostornina pa presega velikost največjih jamskih dvoran na območjih, kjer se nahajajo, pa uporabi tîrmin *tumor*.

Gams (1974) meni, da podorni material v jamski votlini filtrira jamsko vodo tako, da se naplavina odlaga pred njim in v njem. V usedlih organskih sedimentih oksidira organska snov in nastaja ogljikova kislina, kar pospešuje raztapljanje podornega

materiala in s tem poglobljanje udornic. Ugotavlja, da je osnova za oblikovanje udornic korozija, ker mora izvotliti votlino, da se vanjo podre porušena gmota. Doda tudi, da je malo verjetno, da udornice nastajajo z nenadnimi udori, saj bi v tem primeru v jamah našli temu primerno velike podobne bloke.

Ford in Williams (1989) sta opisala tri mehanizme nastanka udornic: rušenje jamskega stropa, zniževanje površja in umik vzgonske podpore vode zaradi znižanja piezometričnega nivoja, kar poveča efektivno težo jamskega stropa, preseže nosilnost oboka in povzroči rušenje. V praksi lahko le prvi opisan mehanizem povzroči nastanek večjih udornic.

Čar (1986, 2001) ugotavlja, da čim bolj je neko ozemlje tektonsko pretrto, tem večji bo učinek korozije in vse večje bo mehansko odnašanje materiala. Lahko je že pri sorazmerno majhni prostornini kraških votlin dosežena mehanska nestabilnost krovnine. V močnejših porušenih conah nastajajo manjše udornice, večje udornice lahko nastajajo v razpokanih conah, največje pa v tektonsko manj poškodovanih kamninah, kjer so prisotne le šibkejšje razpoklinske cone. Ugotovil je še, da je presečišče dveh različnih razpoklinskih sistemov ugodno za nastanek udornic. Šušteršič (2002) poveže nastanek udornic z mesti, kjer prebijajo podzemne vode določene prelome. Te prelome imenuje *zaporni prelomi*, kanale, ki nastajajo zaradi oviranega pretakanja skozi prelomno cono, pa *zbirne kanale*. Točkasto pretakanje koncentriranih vodnih tokov *zbirnega kanala* skozi *zaporni prelom* povzroči točkasto spodjedanje materiala in posledično oblikovanje udornic.

Na osnovi obsežnih speleoloških raziskav Kačne jame in okolice Mihevc (2001) ugotovi, da je oblikovanje večjih jamskih dvoran, iz katerih lahko nastanejo udornice, vezano na pretakanje vode skozi tektonsko zdrobljeno cono ob nihanju piezometričnega nivoja.

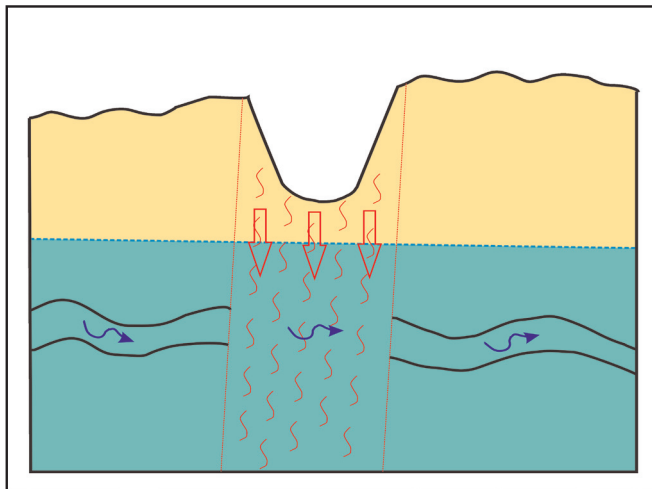
Opazovanja Gospodariča (1976) v Planinski jami so potrdila, da ima material, ki zapolnjuje spodnje dele glavnih rogov, izvor v podornem materialu Planinske koliševke. Okoli 80 % vsega podornega materiala je bilo erodiranega in ponovno sedimentiranega v sami jami. Prišel je do zaključkov, da je najpomembnejši proces točkastega odnašanja materiala pod udornicami erozija materiala, nedvomno pa material odnaša tudi v obliki raztopine.

Oblikovanje manjših udornic je dogodek, pri katerem se z enim udorom oblikuje celotna oblika, tj. manjša udornica. Oblikovanje večjih udornic je veliko bolj kompleksno. Nedvomno deluje cela vrsta procesov, ki postopno odnašajo material in oblikujejo večje udornice. Ker so procesi odnašanja materiala v večji meri vezani na epifreatično in freatično cono, je njihovo intenziteto skoraj nemogoče spremljati v naravi. Prav to je najverjetnejši vzrok za odsotnost podrobnih raziskav o dinamiki oblikovanja večjih udornic v naravi.

2.1 OBLIKOVANJE UDORNIC ZARADI KOROZIJSKEGA SPODJEDANJA

Gabrovšek (2005, cv: Stepišnik, 2006) je simuliral dinamiko oblikovanja udornic izključno s korozijskim odnašanjem materiala z aktivnim vodnim tokom. Predvidel je hipotetični slučaj, da udornice nastajajo nad pretrto cono preloma, skozi katero teče vodni tok. V prelomni coni je opredelil podorni material, ki se enakomerno siplje, prav tako se značilnosti vodonosnikov pod udornicami ne spreminjajo (slika 2).

Slika 2:
Skica simulacije
nastanka udornice izključno s
korozijskim spodjedanjem



Pri modeliranju merimo spremembo mase, ki je odvisna od spremembe koncentracije Ca^{2+} ionov (Δc), pretoka (Q), molske mase (M) in časa (t):

$$m[g] = \Delta c[\text{mol} / l] \cdot Q[l / s] \cdot M[g / \text{mol}] \cdot t[s]$$

Prostornina je koeficient med maso in gostoto:

$$V[\text{cm}^3] = \frac{m[g]}{\rho[g / \text{cm}^3]}$$

S programom *Karsim*, ki je program za modeliranje razvoja zgodnjih kraških vodonosnikov (Gabrovšek, 2000), je bila simulirana dinamika razvoja udornic. Ker nam vodonosniki pod udornicami niso dostopni, ne poznamo njihovih osnovnih značilnosti. Zato je v simulaciji predviden obseg prelomne cone, skozi katero se pretaka voda pod udornicami, 20 x 40 metrov. Glede na to, da ne poznamo velikosti kanalov, ki so oblikovani v delu vodonosnikov pod udornicami (velikost kanalov med podornim materialom je odvisna od velikosti materiala, ki se posipa v udornice), je bilo izdelanih več različnih modelov simulacije razvoja udornic.

V prvem primeru je bil simuliran kraški vodonosnik s pretokom 0,001 m^3/s in s širino kanalov pod udornico 0,1 centimeter. Modeliranje kaže, da je sprememba prevodnosti,

ki je odvisna od koncentracije Ca^{2+} ionov, $10 \mu\text{S}/\text{cm}$. Razlika v masi je 170 kg a^{-1} , razlika v prostornini pa $0,07 \text{ m}^3\text{a}^{-1}$.

V drugem primeru je bil simuliran kraški vodonosnik s pretokom $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ in s širino kanalov pod udornico 1 centimeter. Modeliranje kaže, da je sprememba prevodnosti $0,15 \mu\text{S}/\text{cm}$. Razlika v masi je 335 kg a^{-1} , razlika v prostornini pa $0,139 \text{ m}^3\text{a}^{-1}$.

V tretjem primeru je bil simuliran kraški vodonosnik s pretokom $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ in s širino kanalov pod udornico 2 centimetra. Modeliranje kaže, da je sprememba prevodnosti $0,05 \mu\text{S}/\text{cm}$. Razlika v masi je 342 kg a^{-1} , razlika v prostornini pa $0,149 \text{ m}^3\text{a}^{-1}$.

Simulacija korozije pod udornicami kaže, da je sprememba prevodnosti, s katero posredno merimo vsebnost ionov Ca^{2+} v vodi, manjša od $10 \mu\text{S}/\text{cm}$. Ker niti najpodrobnejše meritve, ki jih lahko opravimo z obstoječimi napravami za merjenje prevodnosti, nam ne omogočajo zaznavanja tako majhnih sprememb prevodnosti (Gabrovšek, 2005), torej simulacije korozije pod udornicami niso preverljive v naravi. Iz enačbe, ki je bila osnova modeliranja, lahko razberemo, da je sprememba prostornine kamnine premosorazmerna času in pretoku vode. Za vsak simuliran primer, ki nam ponazarja hipotetični vodonosnik, lahko ugotovimo hitrost odnašanja glede na različne pretoke. To empirično ugotovitev moramo upoštevati tudi pri interpretaciji simulacij korozije pod udornicami. Izključiti moramo rezultate simulacije, ki je upoštevala širino kanalov 1 milimeter; saj bi v tem primeru šlo za velikost kanalov, ki se pojavljajo v medzrnskem vodonosniku, iz terenskih opazovanj v jamah pa vemo, da so podorni bloki v zdobljenih območjih prelomov večji.

Vrednosti korozije pod udornicami lahko apliciramo na primere udornic iz slovenskega krasa, pri čemer upoštevamo le podatke, ki jih dobimo iz simulacij, kjer je bila predvidena velikost kanalov pod udornicami 1 in 2 centimetra. Udornica Risnik na Divaškem krasu leži ob rovih Kačne jame. Srednji letni pretok v rovih pod udornico je $8,3 \text{ m}^3/\text{s}$ (Mihevc, 1997), prostornina udornice pa $1,4 \text{ Mm}^3$. Čas, v katerem bi nastala udornica v simuliranih pogojih ob širini kanalov 1 centimeter, je 182 ka, ob širini kanalov 2 centimetra pa v 566 ka. Velika Drnulca pri Vrhnikih ima prostornino $4,1 \text{ Mm}^3$. Kadar se pod njo pretaka večina vod iz porečja kraške Ljubljane, znaša srednji letni pretok pod udornico $38 \text{ m}^3/\text{s}$ (Gospodarič, 1976). Udornica bi v primeru simuliranih pogojev pri širini kanalov 1 centimeter nastala v 117 ka, pri širini kanalov 2 centimetrov pa v 372 ka.

Simulacije korozije pod udornicami kažejo, da je kljub velikim pretokom pod udornicami korozijsko spodjedanje relativno počasno, večja udornica na slovenskem krasu lahko nastane v času od 150 do 500 ka. Hkrati pa moramo poudariti, da model ne temelji na terenskih meritvah in je tako le simulacija predvidenih procesov korozije pod udornicami.

2.2 OBLIKOVANJE UDORNIC ZARADI MEHANSKEGA SPODJEDANJA

Poleg korozijskega nastanka udornic je treba izpostaviti erozijski vidik nastanka, ki do zdaj ni bil podrobneje obravnavan. Šušteršič (1973) ugotavlja, da mehansko odplavljanje grušča pod udornicami ni prisotno, saj v nobeni znani podorni dvorani ni vodnih tokov. Vsi nadaljnji pristopi, ki upoštevajo postopno večanje udornic s spodjedanjem, upoštevajo le korozijo. Habič (1984) opozarja na hidrološko funkcijo nekaterih podorov na krasu in navaja primere s Postojnskega krasa. Zanika dotedanje prepričanje, da sifoni zajezujejo podzemne vode in omejujejo pretočne sposobnosti krasa (Habič, 1973; Habič, 1984). Ugotavlja, da so sifoni res ozka grla, ki so lahko nastali kot posledica podorov. Podori prisilijo vodo, da si išče novih poti pod njimi in ob njih. Tako nastajajo obtočni sifoni. Dokler voda skalnih rogov ne razširi dovolj, pred podori zastaja in gladina naraste do prelivnega roba (Habič, 1984).

V območju podorov je zaradi zastajanja vode lokalno dvignjen piezometer. To pomeni, da je v območju podora zelo velik padec vode na enoto razdalje, saj gladina vode na relativno kratki razdalji med začetkom in koncem podora upade za nekaj metrov. Takšni primeri so dostopni v naravi, na primer Martelov podor v Postojnski jami predstavlja ob visokih vodah zaježitev, tako da se vode prelivajo preko vrha podora v Kraigherjevo dvorano, kjer je nivo vode šest metrov nižji (Habič, 1984). Velik gradient je lahko tudi v območju udornice Bukovnik na Divaškem krasu, kjer je nivo podzemske Notranjske Reke v sifonu pod udornico 154 metrov, medtem ko se na odtočni strani pojavi le nekaj 10 metrov nad morjem v jami Kanjeduce pri Sežani.

Ob visokem gradientu je transportna sposobnost vode večja, saj je odvisna od kinetične energije vode (Stepišnik, 2001):

$$\omega_k = \frac{\rho v^2}{2}$$

$$\omega_p = \rho gh$$

Kjer je ω_k specifična kinetična energija (kinetična energija na enoto prostornine, W_k/V), ω_p specifična potencialna energija (potencialna energija na enoto prostornine, W_p/V), ρ gostota vode, v hitrost vode, g zemeljski pospešek in h višina (razlika med zajezeno vodo za podorom in nivojem vode za podorom).

Gradient skupaj s pretokom vpliva na specifično kinetično energijo vode in posledično na erozijo. Večja, kot je specifična kinetična energija, večja je intenziteta erozije podornega materiala. Same udornice povzročijo s sipanjem materiala v vodonosnike lokalni dvig piezometra in večanje gradienta v podoru pod njimi. Na razvoj udornic vpliva tudi regionalni gradient, ki ga opredeljujejo pretočne razmere kraških vodonosnikov. Največji gradient se pojavlja v ponornih delih krasa, kjer se piezometrični nivo najhitreje spušča. V teh delih krasa so udornice najštevilnejše. Tudi lokalni gradienti, ki jih bodo povzročili nasuti posipni materiali izpod udornic, bodo večji. Večji gradient se pojavlja tudi v izvirnih delih krasa in tudi tukaj je lokalno večja gostota udornic (Stepišnik, 2003).

Poleg večjega gradienta je pomemben tudi pretok vode, saj se z njim večja erozijska moč vode. Tako zasledimo večino udornic na območjih, kjer imajo večji koncentrirani vodni pretoki večji gradient. V primeru razpršenega vtekanja vode v kras, kjer so pretoki razpršeni, se kljub velikemu gradientu vode udornic ne oblikujejo. Tako ni udornic na raztočnih kraših, kjer padavinska voda razpršeno vteka v podzemlje in se zbira v večje koncentrirane tokove šele pod freatičnim nivojem, ki je navadno le relativno malo dvignjen nad iztokom iz kraškega vodonosnika. Kljub lokalnim koncentriranim pretokom vodonosnika ni potrebnega gradienta, ki bi vplival na povečano erozijo v podzemlju.

Ob nastanku udornic oziroma procesu zasipanja podornega materiala v vodonosnike se spremenijo hidrološke razmere v vodonosnikih. Voda ima v območju podora večjo specifično kinetično energijo, zato erodira material iz podora. Habič (1984) opisuje rov na odtočni strani Martelovega podora kot erozijsko poglobljen rov, kjer je nasut podorni material. Gospodarič (1976) izvor proda v Planinski jami pripisuje nastanku Planinske koliševke in posledičnega sipanja materiala v jamo.

Iz navedenega lahko zaključimo, da je material pod udornicami lahko tudi erodiran oziroma mehansko odnešen. Dinamika mehanskega spodjedanja v jamskem rovu je odvisna od intenzitete rušenja jamskega stropa in sipanja materiala izpod udornic v vodonosnike, od višine gradienta v območju podora pod udornicami, od pretoka vode, ki se pretaka pod udornicami, in od razpoložljivosti jamskih prostorov na odtočni strani udornic, kamor material odteka.

3 PREOBLIKOVANJE UDORNIC

Dosedanja literatura (cv: Ford, Williams, 1989) navaja, da je oblika udornic odvisna predvsem od njihove starosti. V mlajši fazi naj bi bile udornice strme, na pobočjih pa naj bi močno prevladovale stene. Površinski procesi jih še niso imeli časa preoblikovati, zato so v tlorisu nezaobljene oblike. Dna udornic so zapolnjena z velikimi podornimi bloki. Meja med pobočji in okolico je ostra. Sčasoma, z razvojem udornic, stene izginjajo in se večja delež melišč. Kadar so v pobočjih udornic bolj kompaktni skladi nad manj kompaktnimi, se stene ohranijo dlje časa (Gams, 2000; Šušteršič, 2000). V zadnji fazi razvoja udornic opazujemo samo še blaga pobočja, v katerih se že oblikujejo različni površinski kraški pojavi, obod udornic je blag, dna pa so uravnana. Šušteršič (1998) je ugotovil, da celotna kotanja udornic leži nižje kot že denudirani jamski kanali, nad katerimi so udornice nastale.

Šušteršič (1984) je na podlagi oblikovanosti pobočij klasificiral udornice glede na obliko in z obliko opredelil njihovo razvojno stopnjo. Mlade nepreobražene udornice je poimenoval udorna brezna, za udornice v srednji fazi razvoja je ohranil poimenovanje udornice, stare udornice pa je poimenoval globoščaki. Šušteršič (2000) kasneje udornice in procese v njih klasificira na podlagi splošne teorije sistemov na zaprte ali odprte sisteme glede na sistemski odtok. Predstavil je nekaj primerov razvoja udornic v dinamičnem površju. Končni rezultat razvoja udornic, ko denudacija zniža površje toliko, da na površju ostane komaj zaznavna globel, ki ima dno pod nivojem nekdanjega živoskalnega dna jamske dvorane, je *fantomska* udornica. Prostornine udornic so odvisne od okoliščin, v katerih se je sistem zaprl.

Mihevc (2001) je na primeru Divaškega krasa ugotovil, da se speleološki pojavi na več načinov odražajo na kraškem površju. Kadar je prisoten proces podiranja podzemnih votlin, nastajajo udornice, medtem ko je za nastanek drugih oblik poglaviten proces korozije. Oblikovanost udornic je močno odvisna od tektonskih značilnosti območja. Na primeru Velike Jeršanove doline na Postojnskem krasu sta Čar in Šebela (2000) ugotovila povezavo med razvejano oblikovanostjo udornic in tektonsko-strukturno zgradbo območja. Jarkaste zajede v pobočjih interpretirata kot deformacije ob tektonsko bolj zdrobljenih območjih.

Če povzamemo literaturo, imajo v mlajši fazi udornice lijakasto dno, prepadne stene in ostro mejo med pobočji in okolico. Njihova oblika je pogosto preslikava zasutih jamskih prostorov na površju. Sčasoma jih površinski procesi preoblikujejo v kotanjasto obliko z ravnim dnem, meliščnimi pobočji ter zaobljenim prehodom pobočij v okolico. Njihov tloris je v tem obdobju največji. Med oblikovanjem na udornice deluje vertikalna kemična denudacija, zato se udornice znižujejo skupaj z okolico. V pozni fazi na blagih pobočjih udornic ne prevladujejo več mehanski pobočni procesi, temveč nastanejo nove kraške oblike: vrtače, škraplje in korozijski žepi. Dna

so uravnana in so lahko prekrita z izdatnejšimi količinami alohtonega materiala, ki se je nabral s stekanjem s pobočij ali zaplavljanjem dnov udornic. Na koncu naj bi od udornic ostale le še majhne, v površju komaj zaznavne globeli.

Rezultati terenskega proučevanja udornic na slovenskem krasu kažejo na drugačen razvoj oblik udornic, kot ga navaja dosedanja literatura. Zato so v nadaljevanju sistematično obravnavani procesi, ki so aktivni v udornicah po njihovem nastanku. Procesi na pobočjih udornic so v veliki meri vezani na preperevanje in transport karbonatnih kamnin, v katerih udornice nastajajo. Prisotne so tudi zaplate ilovnatnega materiala različnega izvora, na katerih je transport mase različen od okoliškega. Dna udornic se prav tako oblikujejo na več načinov. Oblika dnov udornic je rezultat razmerja med dinamiko premeščanja mase v dno in iz dna. Pri oblikovanju dnov je pomembna tudi vrsta materiala v dnu.

3.1 POBOČJA UDORNIC

Udornice so centrične globeli na krasu. Kadar ni prišlo do akumulacije ilovnatnega materiala v njihovih dneh, jih gradijo izključno karbonatna pobočja. Pobočja segajo od obodov udornic do dnov. Razumevanje razvoja kraških pobočij je ključno za razumevanje razvoja udornic v času. Literatura, ki bi sistematično obravnavala problematiko razvoja pobočij v kraškem geomorfnem sistemu, je redka.

Razvoju pobočij v času je bila posvečena večina geomorfoloških raziskav do druge polovice dvajsetega stoletja (Chorley, Kennedy, 1971; Carson, Kirkby, 1972; Kirkby, 1978; Summerfield, 1996). Izdelanih je bilo mnogo geomorfoloških modelov, ki so obravnavali predvsem oblikovanja pobočij, med katerimi so najbolj znani modeli Davisa, Pencka in Kinga. Davis je razvil model zniževanja pobočij, pri katerem prihaja do zmanjševanja naklonov pobočij v času. Zgornji del pobočij postaja konveksen, spodnji pa konkaven. Končni rezultat razvoja pobočij je ravnina oziroma peneplen. Penckov model nadomeščanja pobočij predvideva zmanjševanje stenastih in strmih pobočij, saj jih od spodaj navzgor zamenjujejo položnejša pobočja, ki so praviloma konkavna. Končnega stadija razvoja pobočij ne definira, saj svoj model aplicira na območja tektonskega dvigovanja v Andih in Alpah. Kingov model vzporednega umika pobočij razlaga razvoj pobočij brez spremembe naklona zgornjih delov pobočij, ker se le-ta vzporedno umikajo nazaj, preperelina se kopiči le v spodnjih delih pobočij, ki so konkavni. Pod pobočji se oblikujejo pedimenti (cv: Summerfield, 1991). Ti klasični modeli razvoja pobočij niso temeljili na detajlnem proučevanju pobočij in ne dajejo podrobnejših informacij o dinamiki razvoja posameznih vrst pobočij, so pa postavili osnovo za nadaljnjo proučevanje pobočij. Kasnejša literatura (Carson, Kirkby, 1972; Kirkby, 1978; Anhert, 1987; Anderson, Richards, 1987) navaja razvoj pobočij v času kot funkcijo litoloških in mehanskih značilnosti kamnine in vrste procesov na pobočjih. Pobočja se vzporedno umikajo le v primeru, kadar mehanske lastnosti stene ostanejo nespremenjene, hkrati pa je prisoten aktiven proces odnašanja akumulacijskega dela pobočij. Spremembe v mehanski trdnosti kamnine ali pa klime povzročijo spremembo oblike pobočij. Vzporeden umik pobočij je pogost tudi pri pobočjih, ki imajo v zgornjem delu mehansko bolj odporne kamnine

kot v spodnjem. V tem primeru se bo vzporeden umik končal z denudacijsko odstranitvijo bolj odporne kamnine. Ko se bo dinamika odstranjevanja spodnjih delov pobočij zaključila, se začne zniževati, material intenzivneje prepereva in naklon pobočij se zmanjšuje (Summerfield, 1998).

Geomorfni procesi v udornicah so v prvi vrsti odvisni od naklonov pobočij v njih. Hkrati so odvisni tudi od mehanskih lastnosti kamnine, ki v udornicah niso homogene kljub enaki vrsti kamnine. Tudi zaplate ilovnatnega materiala v pobočjih vplivajo na vrsto pobočnih procesov. Z razumevanjem dinamike in obsega delovanja določenih procesov v udornicah lahko sklepamo o načinu njihovega razvoja. Hkrati pa je potrebno upoštevati, da so pobočja v udornicah centrična. Material se iz vseh pobočij koncentrirano akumulira na relativno majhni površini, zato pobočij udornic ne smemo obravnavati kot navadnih linearnih pobočij. Najpomembnejši geomorfni procesi, ki so prisotni na pobočjih udornic, so udor in/ali postopno poglobljanje s spodjedanjem, preperevanje matične kamnine, skalni odlomi, akumulacija pobočnega materiala in polzenje tal.

Udor je proces, s katerim nastajajo manjše udornice in po katerem se udornice imenujejo. Nastane s porušitvijo statičnega ravnovesja stropa jamske dvorane, čemur sledi udor oziroma porušitev jamskega stropa. V trenutku porušitve nastane kvalitativna sprememba, saj podzemski oblika preide v površinsko kraško obliko. Od udara dalje procesi v obliki niso omejeni le na speleološke procese, saj začnejo v površinski obliki delovati vsi eksogeni geomorfni procesi, ki delujejo tudi na površju. Spremeni se tudi poimenovanje oblik, saj vse jamske stene in dele ohranjenega stropa po udoru imenujemo in obravnavamo kot kraška pobočja.

Postopnemu spodjedanju pripisujemo nastanek večjih udornic. Proces spodjedanja je aktiven le v primeru, če je pod udornicami aktiven vodni tok, ki spodjeda maso, ki prihaja iz udornic. Od dolžine trajanja tega procesa je odvisna velikost udornic, od dinamike pa geomorfološke oblike in nakloni v njih. Kadar je odnašanja oziroma spodkopavanje materiala izpod udornic intenzivnejše od mehanskega preperevanja pobočij, se oblikujejo stene.

Kamnina s preperevanjem prehaja v transportibilno obliko. V pobočjih udornic prevladujeta dve vrsti preperevanja: mehansko in kemično. Mehansko preperevanje povzroča razpad kamnine na manjše kose, ki jih različni transportni dejavniki in težnost lažje odnašajo v spodnje dele pobočij. Intenziteta mehanskega preperevanja vpliva na debelino prepereline na pobočjih udornic, le-ta pa na intenziteto preperevanja. Prevladujoč način na kraškem površju je kemično preperevanje oziroma korozija. Kamnina se raztaplja in odnaša v raztopini. Intenziteta korozije kraškega površja je ob enakih pogojih premosorazmerna specifičnemu odtoku padavinske vode (Gams, 2004).

Z mehanskim preperevanjem stena razpada na manjše dele, ki se krušijo in transportirajo v spodnje dele pobočij udornic pod vplivom gravitacije. Proces imenujemo skalni odlom. Material se kopiči v spodnjih delih pobočij kot melišče ali kot večji podorni bloki. Predvsem v manjših udornicah je potrebno ločiti skalne odlome od udara. Sicer gre za enak mehanizem premeščanja mase, a udor pogojuje nastanek manjših udornic, skalni odlomi pa so proces, ki je aktiven v površinski obliki, torej tudi v velikih udornicah.

Kopičenje materiala je prisotno v vseh delih udornic, ki se nahajajo pod stenastimi pobočji oziroma strmimi skalnatimi pobočji. Akumulira se preperelina, ki je pod stenami navadno odložena kot melišče in podorni bloki, v drugih delih pobočij pa jo pokriva prst. Intenzivnost pobočnih procesov v meliščih je odvisna od debeline melišč in od naklona (Scheidegger, 1974). Akumulirana preperelina, ki jo prekriva prst, je lahko podvržena počasnemu premeščanju mase po pobočju navzdol.

Polzenje tal je prisotno v delih pobočij udornic, ki jih prekrivajo ilovnate zaplate. Za polzenje tal je značilno relativno počasna dinamika, kjer preperelina polzi proti spodnjim delom pobočij.

Osnovne oblike pobočij udornic so: stena, melišče, pobočje z blagimi pobočnimi procesi, ki jih v nadaljevanju imenujem *aktivna pobočja*, ter uravnoteženo pobočje. *Aktivna pobočja* so deli pobočij udornic, kjer so aktivni pobočni procesi polzenja tal oziroma prepereline vzporedno s pobočjem navzdol. Območja, kjer pobočni procesi niso več prisotni in na njih prevladuje kemična denudacija, v nadaljevanju imenujem *uravnotežena pobočja*, saj se na njih vzpostavi ravnovesje med intenziteto sil, ki delujejo na maso vzporedno s pobočjem navzdol, in silami, ki zavirajo to premikanje.

Kaufman (2003) predlaga modeliranje pobočnih procesov v krasu s pomočjo linearne difuzijske enačbe na pobočju. Pri tem modeliranju predpostavimo, da se pobočni material enakomerno sipa:

$$\left(\frac{\partial h_i}{\partial t}\right) = \kappa_D \nabla^2 h_i$$

Kjer je dh_i sprememba višine matične kamnine in sedimentnega pokrova, κ_D konstanta, ki se imenuje difuzivnost, in ∇^2 drugi tridimenzionalni parcialni odvod.

Po Beaumontu (cv: Kauffman, 2003) je:

$$\kappa_D = u_d h_d$$

Kjer je h_d debelina prepereline in u_d hitrost premeščanja preperelega materiala.

Če enačbo linearne difuzije na pobočju apliciramo na posamezen profil pobočja, vse temelji na dveh predpostavkah, da se v enoti časa prostornina na koordinati x v intervalu Δx zmanjša za razliko toka (Δj) po pobočju v smeri x :

$$\Delta j = j(x + \Delta x) - j(x)$$

to je:

$$\Delta j = -\frac{\Delta V}{\Delta t} = -\frac{s \Delta x \Delta h}{\Delta t} \text{ (ali) } \frac{\Delta j}{\Delta x} = -\frac{s \Delta h}{\Delta t}$$

Kjer je s širina pobočja, tok ($j(x)$) pa je sorazmeren strmini in širini pobočja:

$$j(x) = -sD \frac{\Delta h}{\Delta x} \quad \text{tg}(\alpha) = \frac{\Delta h}{\Delta x} = \frac{h(x + \Delta x) - h(x)}{\Delta x}$$

Kjer je D konstanta, ki določa plazovitost. Iz teh dveh enačb dobimo:

$$\frac{\Delta j}{\Delta x} = -\frac{s\Delta h}{\Delta t} = -sD \frac{\Delta}{\Delta x} \left(\frac{\Delta h}{\Delta x} \right) \quad \text{ali} \quad \frac{\Delta h}{\Delta t} = D \frac{\Delta}{\Delta x} \left(\frac{\Delta h}{\Delta x} \right)$$

Ker so intervali neskončno majhni, zapišemo to kot:

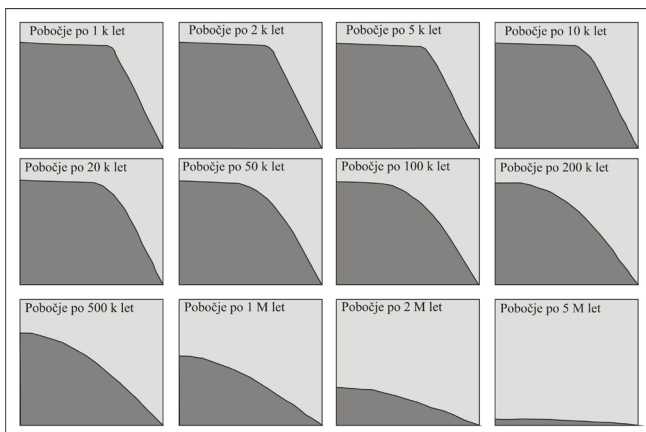
$$\frac{\partial h}{\partial t} = D \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} ; D[m/s]$$

V dveh razsežnostih, ko je $h(x,y)$ in imamo tok tudi v smeri osi y , je enačba:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = D \left(\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} \right)$$

Razvoj pobočij s pomočjo linearne difuzijske enačbe je bilo modelirano. Pri modelu je bilo predvideno začetno hipotetično pobočje, ki predstavlja poenostavljen profil strme udornice, ki poteka iz okolice do njenega dna. Rezultat razvoja pobočij izključno z linearno difuzijsko enačbo na pobočju prikazuje grob približek razvoja udornic, če bi v njih delovali le procesi mehanskega preperevanja matične kamnine na preperelino, ki bi se homogeno sipala (slika 3). Glede na to, da je difuzijska konstanta (D), ki opredeljuje časovno dinamiko procesa, določena eksperimentalno ob določenih pogojih, ni najbolj primerna za aplikacijo na pobočjih udornic. Zato je čas, ki ga opredeljuje modeliranje, primeren le za relativno primerjavo. Pomanjkljivost aplikacije difuzijske enačbe na razvoj pobočij je tudi v tem, da pobočni material oziroma preperelina ni enakomerno sipka.

Slika 3:
Modeliranje razvoja pobočja z
linearno difuzijsko enačbo



Aplikacija linearne difuzije na razvoj pobočja kaže, da pobočje iz prvotnega stanja preide v izrazito konvexno pobočje. S časom se pobočje znižuje, konvexnost pobočja pa ostaja. Končni rezultat razvoja pobočij izključno s sipanjem materiala po pobočju je uravnavna.

Na popolnoma drugačen način preperevajo pobočja izključno pod vplivom vertikalne kemične denudacije oziroma korozije padavinske vode, ki je najpomembnejši proces preperevanja kraškega površja. V tem primeru deluje na pobočje odtekanje materiala v vertikalni smeri (Anhert, 1978; Gams, 1998). Hitrost zniževanja je v času linearna in lahko zapišemo:

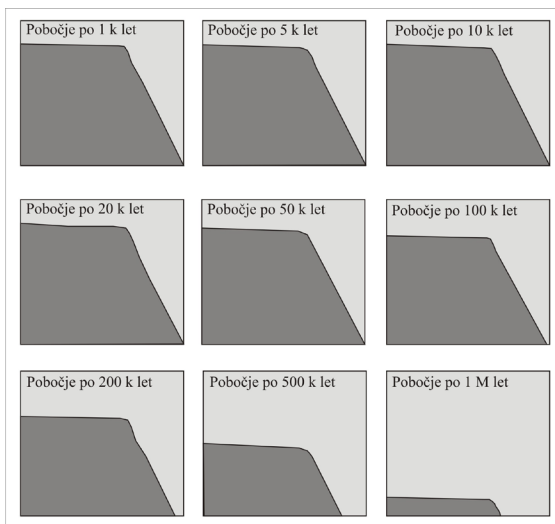
$$h = h_0 - at$$

Kjer je h višina pobočja, h_0 začetna višina pobočja, a denudacijska stopnja in t čas.

Modeliranje enakih pobočij, kot pri prejšnjem primeru, izključno s procesom vertikalne kemične denudacije nam kaže, da se pobočja enakomerno vertikalno znižujejo (slika 4). Torej proces ne vpliva na spremembo oblik pobočij, pač pa le na enakomerno zniževanje celotnega površja, oblika pobočij pa se ohrani.

Slika 4:

Modeliranje razvoja pobočja pod vplivom vertikalne kemične denudacije.



Procese na pobočjih udornic lahko v grobem razčlenimo na procese odtekanja mase po pobočju ter procese vertikalne kemične denudacije. Oboje lahko izpeljemo z enačbo:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = D \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} - a$$

Kjer je $D \frac{\partial^2 h}{\partial x^2}$ zniževanje pobočja v času zaradi difuzijskega odtekanja materiala po pobočju in a vertikalna denudacijska stopnja.

Tudi iz enačbe je razvidno, da je sprememba višine pobočja v času ($\frac{\partial h}{\partial t} = D \frac{\partial^2 h}{\partial x^2}$) odvisna od naklona pobočja ($tg(\alpha) = \frac{\Delta h}{\Delta x}$). Vertikalna kemična denudacija (a) je ob enakih zunanjih pogojih enaka na enoto površine. Iznose vertikalne kemične denudacije (a) dobimo z meritvami na terenu. Oblika pobočij bo odvisna od intenzitete obeh delujočih procesov.

Odnášanja prepereline vzporedno s pobočjem navzdol, ki je intenzivnejše od vertikalne kemične denudacije ($D \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} < a$), je mogoče v primeru, kadar je naklon pobočja velik; prevladuje proces odtekanja prepereline vzporedno s pobočjem navzdol. Oblikuje se konkavno pobočje. Večja dinamika pobočnih procesov od vertikalne kemične denudacije je prisotna tudi v primeru, kadar je denudacijska stopnja površja zelo majhna. Kljub majhnim naklonom pobočij prevladuje odtekanje mase vzporedno s pobočjem v obliki prepereline. Ta dinamika je prisotna v območjih z zavrtim vertikalnim kemičnim preperevanjem, kot je npr. aridno območje.

Intenzivnejša vertikalna kemična denudacija od odtekanja prepereline vzporedno s pobočjem navzdol ($D \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} > a$) je mogoča v primeru, da je naklon pobočja majhen, zato je odtekanje prepereline vzporedno s pobočjem navzdol zanemarljivo. Prevladuje zniževanje površja zaradi vertikalne kemične denudacije. Ob zelo majhnih naklonih bo celotna mehanska preperelina kemično preperela in situ, torej proces mehanskega odtekanja prepereline vzporedno s pobočjem ne bo aktiven. Večja intenziteta vertikalne kemične denudacije od odtekanja prepereline s pobočjem navzdol je mogoča tudi v primeru zanemarljivega mehanskega preperevanja matične kamnine. Na pobočju bodo delovali le procesi vertikalnega kemičnega zniževanja. Zdi se, da bi lahko na ta način pojasnili oblikovanost tropskih humidnih kraških območij, kjer je proces zmrzalnega preperevanja odsoten. Udornice v teh območjih imajo kljub različni starosti v pobočjih velik delež sten.

Na območju slovenskega krasa deluje intenzivno preperevanje pobočij in odtekanje prepereline vzporedno s pobočjem navzdol ter intenzivna kemična denudacija. Do določenega naklona bo na pobočjih prevladovalo mehansko preperevanje in odtekanje prepereline vzporedno s pobočjem navzdol. Ta proces iz poljubnih začetnih oblik pobočij oblikuje konveksne oziroma parabolične oblike pobočij. Ko se zmanjša naklon pobočij, začne prevladovati vertikalna kemična denudacija. Ob zmanjševanju naklona vsa mehanska preperelina odteče v raztopini, tako da mehansko odtekanje prepereline ni več prisotno. Vertikalna kemična denudacija povzroča frontalno zniževanje pobočja na enoto površine. Ta proces ohranja obliko pobočij.

Sprememba klime povzroča spremembo intenzitete mehanskega in kemičnega preperevanja v udornicah, od intenzitete preperevanja pa je odvisno, kakšna oblika paraboličnega pobočja se bo razvila. Manj, kot je mehanskega preperevanja v udornicah, bolj bodo pobočja strma, in večje, kot bo mehansko preperevanje, bolj bodo položna. Položnejše pobočje, ki nastane zaradi intenzivnejšega mehanskega preperevanja v hladnejši klimi, ne bo postalo bolj strmo s procesi, ki so povezani s klimatskimi otoplitvami, saj v toplejših klimah prihaja do intenzivnejšega vertikalnega kemičnega preperevanja, ki ohranja obliko pobočij. Torej je oblika pobočij le odraz intenzivnosti procesov v določenih klimatskih pogojih. Iz tega lahko zaključim, da imajo udornice, ki so se uravnotežile v klimatskih okoljih, ki so pogojevali intenzivnejše mehansko

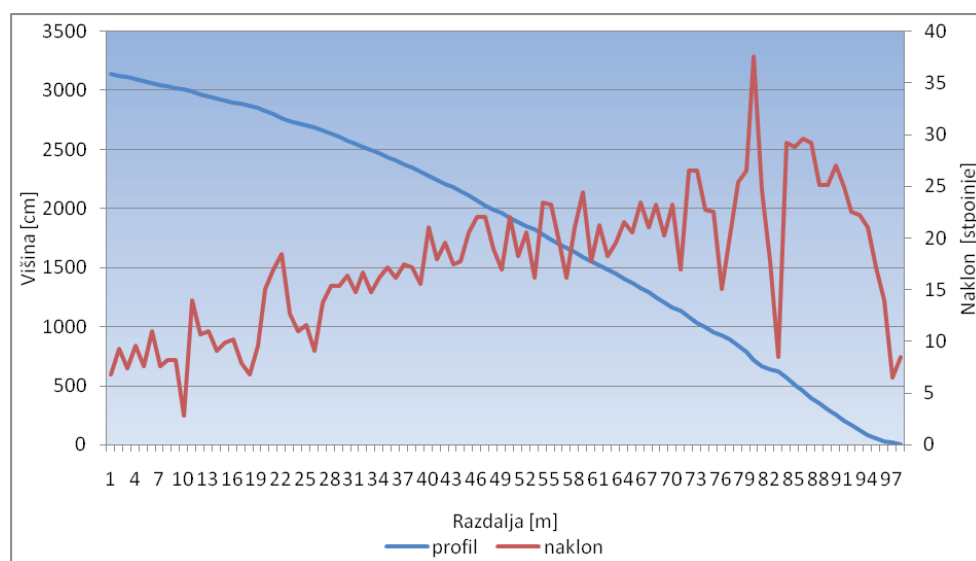
preperevanje, uravnotežena pobočja manj strma, kot udornice, ki so se uravnotežile v milejših klimatskih okoljih.

Natančno merjenje profilov pobočij udornic na slovenskem krasu, ki je bilo opravljeno v štiridesetih različnih udornicah, kažejo podobne oblike pobočij, kot sem jih dobil s pomočjo modeliranja. Močno preoblikovana pobočja udornic imajo konveksna pobočja od oboda do dna. Ob dnu so navadno oblikovani krajši odseki konkavnega pobočja, ki ga oblikuje akumulacija pobočnega materiala. Maksimalni naklon teh uravnoteženih pobočij je do 30 stopinj.

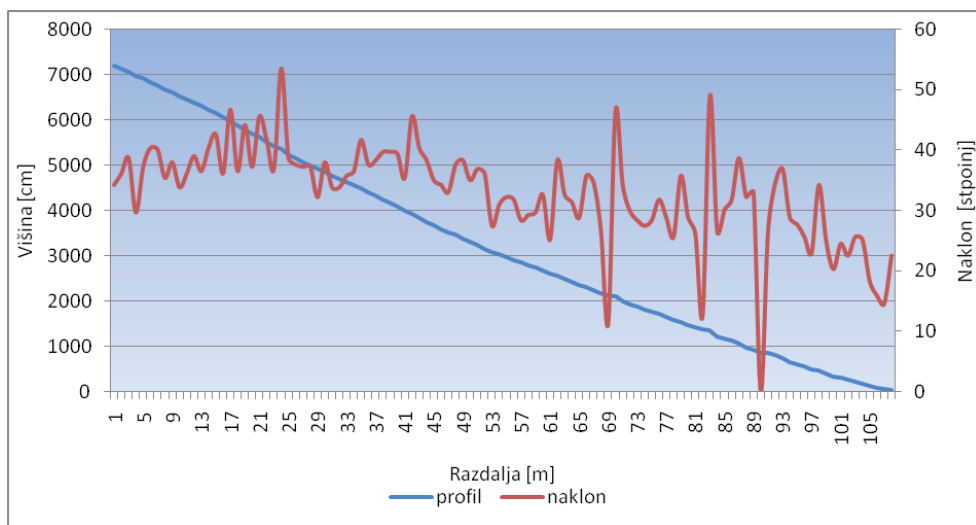
Udornice, ki niso močno preoblikovane s pobočnimi procesi, imajo drugačne oblike pobočij. Iz začetne oblike udornic, ki jo lahko poenostavljeno opišemo z valjem, se postopoma razvijajo v manj strma in posledično konveksna pobočja. Začetna oblika udornic je konkavna, saj so pod stenami manj strma melišča. Tudi ob odsotnosti sten je oblika še vedno konkavna in zaradi polzenja pobočnega materiala navzdol počasi postaja vedno bolj konveksna.

Če povzamemo dosedanje ugotovitve modeliranja razvoja pobočij udornic, imajo udornice ob nastanku oziroma nastajanju lijakasta dna, ki jih prekrivajo melišča in večji podorni bloki, prepadne stene in ostre meje med pobočji in okolico. Ko dinamika preperevanja pobočij prevlada nad odnašanjem materiala s spodjedanjem pod udornicami, se delež sten v njih začne zmanjševati na račun pobočij, ki jih prekrivajo melišča in drobnejša preperelinska frakcija. Preperelina s pobočij polzi proti spodnjim delom pobočij. Na pobočjih, kjer je dinamika polzenja tal majhna, prevladuje vertikalna kemična denudacija oziroma korozija pobočij in vertikalni odtok padavinske vode. V dnu udornic se kopiči preperelina, dna pa so uravnana in niso oblikovana kot lijak. Z razvojem

Slika 5: Profil konveksnega uravnoteženega pobočja v udornici Veliki dol pri Avbrju, azimut 265 stopinj



Slika 6: Profil konkavnega aktivnega pobočja v udornici Velika Drnulca, azimut 20 stopinj



udornic stene izginejo oziroma v celoti preperijo, kasneje izginejo tudi melišča pod njimi. Na dovolj nagnjenih pobočjih, ki jih prekriva preperelina, prevladujejo pobočni procesi. Na pobočjih z manjšim naklonom, kjer polzenje tal ni več izrazito, prevladuje vertikalna kemična denudacija. Ko se premeščanje mase v pobočjih zaradi majhnega naklona zmanjša do te mere, da postane zanemarljivo, je na vseh pobočjih prisotna le kemična denudacija. Kemična denudacija ne premešča mase v spodnje dele udornic in posledično ne zmanjšuje naklona pobočij. Proces je usmerjen vertikalno in deluje z enako dinamiko na vsa pobočja udornic hkrati, kar pomeni, da se naklon pobočij ohranja, pobočja udornic pa se vertikalno znižujejo. Na teh pobočjih se oblikujejo škraplje, redkeje manjše zaprte globeli, ki spominjajo na vrtače.

Udornice nastajajo na pretrtih prelomnih conah (Šušteršič, 1998; Čar, Šebela, 2000; Šušteršič, 2000; Šušteršič, 2002), zato mehanske lastnosti kamnine v njih niso homogene. V bolj pretrtih delih pobočij je mehansko preperevanje intenzivnejše. V teh delih je intenzivnejša dinamika umika pobočij. Z mehanskim preperevanjem se kamnini povečuje specifična površina, zato je bolj preperela kamnina podvržena intenzivnejšemu kemičnemu preperevanju, kar še dodatno prispeva k dinamiki preoblikovanja pobočij. Različna tektonska pretrtost pobočij bo povzročila heterogeno dinamiko procesov preperevanja in posledično neenotno obliko pobočij udornice. V tektonsko manj pretrtih območjih udornic se bodo stene ohranile dlje časa, saj bo dinamika preperevanja manjša. V tektonsko bolj pretrtih pobočjih udornic je dinamika preperevanja intenzivnejša in stene hitreje preidejo v melišča in nato v uravnotežena pobočja.

V pobočjih udornic se pogosto nahajajo zaplate ilovnatega materiala. Najpogosteje nastanejo z razpadom jamskih rogov v pobočjih udornic, ko se ilovnato polnilo presedimentira na pobočja udornic. Nastanejo lahko tudi z razpadom žepov ilovice, ki so prisotni v močnejših pretrtih conah. Poglavitna lastnost, ki ločuje ilovnata pobočja od ostalih karbonatnih pobočij, je vododržnost oziroma majhna možnost infiltracije (Hrovat, 1953). Voda po ilovici ne odteka

navpično v podzemlje, pač pa površinsko oziroma vzporedno s pobočjem proti dnu udornic. Na pobočjih zato ne pride do polzenja materiala, katerega mehaniko je mogoče opisati z difuzijsko enačbo. Na teh pobočjih je površinsko tekoča voda glavni preoblikovalec oziroma transportni dejavnik.

Po Scheideggerju (1974) lahko preoblikovanje pobočij z erozijo vode modeliramo na podlagi predpostavk, da voda teče po pobočju s stalno hitrostjo (v), ter nosi s seboj določeno količino materiala na prostorninsko enoto (c). Hitrost vode je premosorazmerna količini materiala, ki ga nosi s seboj:

$$v \approx c$$

Hitrost vode je premosorazmerna naklonu površja (S), preko katerega teče:

$$v \approx S \qquad S = -\frac{\partial y}{\partial x}$$

Nato vpeljemo koordinate x (horizontalne), y (vertikalne) in čas (t). Upoštevamo, da doseže voda prvotno ravno površje v točki $x = 0$ z začetno hitrostjo $v = 1$. Sprememba višine y v pobočju se bo zgodila zaradi spremembe odnašanja mase z vodo:

$$\frac{\partial y}{\partial t} \approx -\frac{\partial (vc)}{\partial x}$$

Hitrost je premosorazmerna naklonu, zato je:

$$\frac{\partial y}{\partial t} \approx -\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2$$

Diferenciramo po x :

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t \partial x} \approx -\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \qquad \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 = -S^2$$

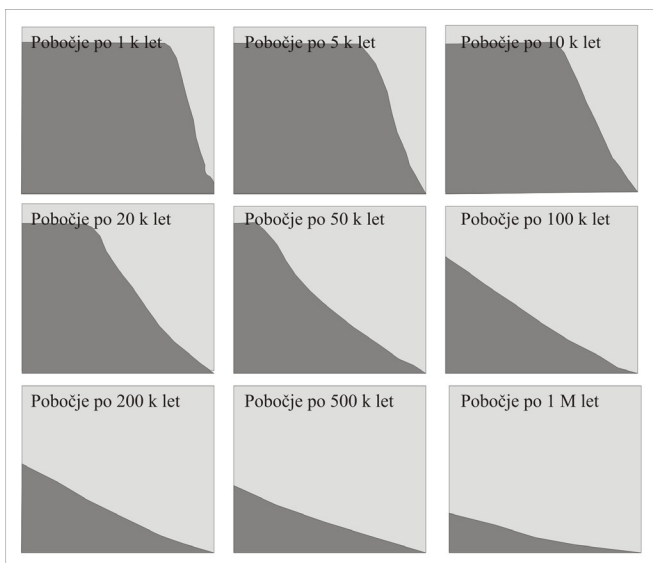
Če zapišemo drugače (je S naklon):

kjer je a konstanta.

$$\frac{\partial S}{\partial t} = a \frac{\partial^2 S^2}{\partial x^2}$$

Rezultati modeliranja so pokazali, da se z erozijskimi procesi razvije izrazito konkavno pobočje. Na vrhu pobočja je količina vode majhna in narašča po pobočju navzdol. V spodnjem delu hitrost vode upade, ker pa je količina transportiranega materiala premosorazmerna hitrosti vode, bo voda v spodnjem delu odlagala material. Proces erozije oblikuje konkavno pobočja.

Slika 7:
Model erozijsko
preoblikovanega pobočja



V udornicah so ilovnata pobočja, ki jih je izoblikovala vodna erozija, bolj poglobljena od pobočij, ki so jih oblikovali procesi polzenja prepereline vzporedno s pobočjem proti dnu. Razlika nastane prav zaradi različnega procesa preoblikovanja pobočij, tako so v konveksna kraška površja vrezani konkavni erozijski jarki. Pod erozijskimi jarki se oblikujejo manjši vršaji, zato ker se naklon pobočja zmanjša; posledično se zmanjša tudi hitrost vode in sposobnost prenašanja materiala.

3.2 DNA UDORNIC

Dna udornic so rezultat procesov v udornicah. Proces spodjedanja, zaradi katerega so nastale udornice, poteka v dneh udornic. Prav tako se v dneh akumulira material iz pobočij in okolice udornic, tako da lahko na podlagi oblikovanosti dnov sklepamo na procese v višjih delih udornic. Literatura, ki obravnava dna udornic, je redka. Najpogosteje se deli udornice na stare in mlade (Ford, Williams, 1989). Mlade udornice imajo v dnu melišča in dostop do jamskih rovov, nad katerimi so udornice nastale. Stare udornice naj bi imele v dnu akumulirano preperelino s pobočij. V poročilu Inštituta za raziskovanje krasi iz Postojne o kraških oblikah na trasi avtoceste med Vrhniko in Postojno (Gospodarič, 1976) so opredeljeni tudi tipi dnov udornic na obravnavanem območju. Delijo jih na udornice s skalovjem v dnu, udornice s humusom in ilovico v dnu, udornice z gladkim konkavnim pretežno ilovnatim dnom ter udornice z vhodi v jamske rove v njihovem dnu. Stepišnik (2001) je sistematično proučeval dna udornic nad Postojnskim jamskim sistemom. Ugotovil je, da so tam dna udornic zapolnjena in uravnana z ilovnatim materialom, ki je bil odložen iz poplavne vode, ki je zapolnjevala dna udornic. Dna udornic, ki so zapolnjena s poplavno ilovico, ležijo na enaki nadmorski višini kot poplavna ilovica v rovih Postojnskega jamskega sistema. Kadar je več udornic hkrati zapolnjenih s poplavno ilovico na isti nadmorski višini, naj bi bile verjetno zapolnjene ob istih poplavnih fazah. Ugotovil je, da so ilovnate uravnave v dneh udornicah razporejene v petih različnih nivojih, katerih oblikovanje je

bilo vezano na posamezne faze. Štirje poplavni nivoji so vidni tudi v jamskih rovih, kjer se na isti nadmorski višini nahajajo uravnave poplavne ilovice. Na podlagi geomorfološke analize ilovnatih uravnjav v udornicah pri Vrhniku (Stepišnik, 2003) je bilo ugotovljeno, da so uravnave nastale zaradi odlaganja materiala iz poplavnih voda v njihovih dneh. Višina epifreatične cone kontrolira odtok iz krasa, ki je na robu Ljubljanskega barja na nadmorski višini 297 metrov.

Na podlagi terenskega proučevanja večjih udornic na slovenskem krasu (Stepišnik, 2006) je bilo ugotovljeno, da je v dneh udornic lahko več različnih procesov, ki oblikujejo različne oblike dna. V aktivnih udornicah, pod katerimi prihaja do spodjedanja, je v kamninski preperelini v dnu lijakasta globel. Kadar je iz dna odneslo vso preperelino, ki je nastala v pobočju, se v dnu udornice pojavi vodni tok. Če proces spodjedanja ni več prisoten, dno postaja vedno manj stožčasto, blago in zapolnjeno s preperelino. Na preperelini se lahko akumulira ilovnat material, ki prihaja v dno udornic kot polnilo razpadlih jamskih rogov ali s poplavno vodo, ki sega v dno udornic.

3.2.1 DNA Z AKTIVNIM VODNIM TOKOM

Udornice nastajajo zaradi procesa spodjedanja materiala z aktivnim vodnim tokom pod njihovimi dni. Spodjedanje materiala poteka toliko časa, kolikor vztraja vodni tok pod njimi. Kadar je spodjedanje materiala pod dni udornic intenzivnejše kot akumulacija pobočnega materiala v dneh udornic, se bodo udornice poglobljale. Kadar odnese celoten pobočni material, ki se kopiči v dneh udornic, je v dneh udornic viden aktivni vodni tok. Poleg tega je pomembna tudi globina vodnega toka pod površjem. Plitveje, kot je vodni tok pod površjem, hitreje nastajajo tovrstne udornice. Prav zato so take udornice v bližini ponorov ali izvirov, kjer je vodni tok v bližini površja. Aktivni vodni tok je v dneh udornic na slovenskem krasu prisoten le v udornicah v Rakovem Škocjanu in v dveh udornicah nad Škocjanskimi jamami.

3.2.2 DNA, ZAPOLNJENA S POBOČNIM MATERIALOM

Ves pobočni material, ki nastaja v dneh udornic, se na različne načine transportira proti dnom udornic. V dneh udornic se akumulira in ustvarja različne oblike. Kadar je pod dni udornic aktiven proces spodjedanja materiala, bo v dneh udornic viden posipni stožec. Takšne kotanje lijakaste oblike, ki jih gradijo melišča in imajo navadno premer okoli 20 do 30 metrov in globino do 10 metrov, so kazalec, da je pod udornicami še prisoten proces spodjedanja.

Ob odsotnosti aktivnega procesa spodjedanja pod udornicami iz dnov ne odnaša več prepereline. Preperelina se zato kopiči v dneh udornic in sčasoma se oblikujejo blaga dna, ki jih prekrivajo drobnejše preperelinske frakcije, na katerih je navadno razvita debelejša prst.

Ilovnat material lahko priteka s spiranjem zaplat ilovnatega materiala s pobočij v dno. Sestavljajo ga različne frakcije. Ob dnu pobočja, v manjših vršajih, ki so navadno prisotni pod ilovnatimi zaplatami, s katerih se vrši spiranje, se najprej odlaga večja frakcija, v spodnjih delih in v dnu pa je najbolj prisotna drobna frakcija.

3.2.3 DNA, URAVNANA Z ILOVNATIM MATERIALOM

Spodjedanje v udornicah poteka v aktivnih jamskih kanalih v freatični, občasno tudi v epifreatični coni. Ob dvigu piezometričnega nivoja so lahko dna udornic poplavljeni. Kadar so dna udornic pod spodnjo mejo epifreatične cone, so trajno poplavljeni. V teh udornicah so jezera. V Sloveniji je samo ena udornica te vrste in je poplavljena do oboda. To je Črno jezero pri Podpeči. Večja gostota udornic z jezerom v dnu je v okolici Imotskega polja v osrednjem delu Anatolije v Turčiji, kjer se imenujejo *obuk*, in na Jukatanu, kjer imajo udornice ime *cenote*.

Veliko več udornic je poplavljenih le ob dvigu piezometričnega nivoja. Tako so dna udornic ojezerjena le občasno. Kadar voda s seboj prenaša netopen lebdeč tovor, se v dnu udornic odlaga, saj je voda stoječa. Ob vsaki poplavi se bo odložila plast ilovnatga materiala, tako kot se dogaja ob poplavah v jamskih sistemih. Tako se v udornicah akumulira material iz poplavnih vod, ki ustvarja obsežna uravnana dna. Kadar ni lebdečega tovara v vodi, ki občasno ojezeri dna udornic, se material v dneh udornic ne bo odlagal.

Slika 8:
Grogarjev dol ob
višjem nivoju piezometra
(Stepišnik, 2000)



Voda na krasu ima zaradi gradienta oziroma nižje erozijske baze specifično potencialno energijo (ω_k):

$$\frac{\rho v^2}{2} = \rho gh$$

$$\omega_k = \frac{\rho v^2}{2}$$

$$\omega_p = \rho gh$$

Kjer je ω_k specifična kinetična energija (kinetična energija na enoto prostornine, $W_k V$), ω_p specifična potencialna energija (potencialna energija na enoto prostornine, $W_p V$), ρ gostota vode, v hitrost vode, g zemeljski pospešek in h višina (nad erozijsko bazo oziroma relativna višinska razlika med ponorom in izvirom).

Z gibanjem vode proti izviru se specifična potencialna energija vode (W_p) pretvarja v specifično kinetično energijo (W_k), le-ta pa se pretvarja v delo (A), ki ga opravlja vodni tok. Ločimo tri glavne tipe vodnih tokov, ki se pojavljajo med izvirom in ponorom in so odvisni od pretočnih razmer v podzemlju.

Prvi tip predstavlja vodni tok, katerega voda premaguje silo trenja (F_{tr}) zaradi oblikovanosti jamskega rova, porablja energijo za erozijo in lomljenje delcev iz jamskih sten (E_{pr}), premaguje silo upora delcev, ki jih nosi s seboj (F_u), in s tem opravlja delo za transport delcev, ki jih nosi s seboj:

$$F_{tr} = k_{tr} Fg$$

$$E_{pr} = \frac{F \Delta l}{2} = \frac{k (\Delta l)^2}{2}$$

$$F_u = \frac{c \rho v^2 S}{2}$$

$$Wp = Wk + A$$

$$A = F_{tr} S + E_{pr} + F_u S$$

Kjer je F_{tr} sila trenja, k_{tr} koeficient upora, Fg sila teže, E_{pr} prožnostna energija, F sila, ki povzroča deformacijo, Δl maksimalna sprememba dolžine pred deformacijo, F_u sila upora (za delce v turbulentnem toku), c koeficient upora ($c = 1,1$ za ploščo, pravokotno na tok, $c = 0,2$ za kroglo), ρ gostota tekočine, v relativna hitrost vode in S ploščina največjega profila telesa, ki je pravokoten na smer tekočine.

Drugi tip predstavlja voda, ki porablja energijo za premagovanje upora zaradi oblikovanosti struge (F_{tr}) in za transport nanosa (F_u), kinetična energija pa je premajhna, da bi erodirala strugo (E_{pr}):

$$A = F_{tr} S + F_u S$$

Tretji tip predstavlja voda, ki nima dovolj energije za transport nanosa (F_u), zato porablja energijo samo za gibanje (W_k) in premagovanje sile trenja struge (F_v); transportirani material se odlaga.

$$A = F_v s$$

Energija vode, s katero opravlja delo med transportom, je odvisna od specifične kinetične energije. Zaradi nehomogenosti kraški vodonosnik ob visokih vodah ne more sproti odvajati vse vode. To vpliva na dvig piezometra in lokalno vpliva na zmanjšanje specifične potencialne energije. Zaradi višjega piezometra se aktivirajo tudi jamski kanali v občasno zaliti in neprežeti coni. Ker je ploščina prereзов vseh aktivnih kanalov po dvigu piezometra (S_2) večja od ploščine vseh kanalov pred dvigom piezometra (S_1), hitrost vode upade:

$$S_1 v_1 = S_2 v_2$$

$$S_1 < S_2 \Rightarrow v_1 > v_2$$

Kjer je S_1 ploščina prereзов vseh kanalov pravokotno na smer toka pred dvigom piezometra, S_2 ploščina prereзов vseh kanalov pravokotno na smer toka po dvigu piezometra, v_1 hitrost vode pred dvigom piezometra in v_2 hitrost vode po dvigu piezometra.

Ob višjih nivojih piezometra se v povprečju zmanjša hitrost vode skozi jamske kanale; v aktivnih kanalih se hitrost vode poveča, ostale kanale pa zapolni stoječa voda. Navadno tako stanje v naravi opisujemo kot poplave v podzemlju. Zaradi manjše hitrosti voda nima energije za transport tovora, torej bo suspendiran material odlagala. V glavnem kraškem prevodniku, kjer so navadno večje hitrosti vodnih tokov, ob upadu hitrosti voda odlaga prodne in peščene frakcije. V višjih delih jamskega sistema, ki niso več aktivni kraški prevodniki in kamor vode sežejo le občasno, bo hitrost vode zelo majhna. Tu se bo zaradi manjše hitrosti vode odlagala finejša frakcija, predvsem glinena in meljasta frakcija. Tovrstni sediment zapolnjuje jame kot poplavna ilovica. Kadar so dna udornic pod spodnjo mejo epifreatične cone, poplavne vode občasno segajo v njihova dna in jih ojezerijo. Hitrost vode v dneh udornic je majhna, iz nje se bo odlagal lebdeč tovor na enak način kot v jamskih rovih, torej poplavna ilovica, v kateri prevladujejo delci velikosti gline in melja. Posledično se odlaga poplavna ilovica na isti nadmorski višini v jamskih rovih in v udornicah. Kadar poplavne vode zapolnijo več sosednjih udornic hkrati, se oblikujejo ilovnate uravnave na istih nadmorskih višinah (Stepišnik, 2001; Stepišnik, 2003). Dinamiko odlaganja poplavne ilovice je bila podrobneje proučena v Tominčevi jami, ki je del Škocjanskih jam. V poplavni ilovici, ki zapolnjuje rov, sta ohranjeni kulturni plasti iz železne in bronzaste dobe (Gospodarič, 1984). Med kulturnima plastema je meter debela sterilna poplavna ilovica, ki je bila odložena pred 1.500 in 500 leti. V tem rovu je bila hitrost odlaganja poplavne ilovice 1 meter na tisoč let (Gospodarič, 1984). Seveda pa je dinamika odlaganja suspendiranega materiala iz stoječe vode pogojena s pogostnostjo poplav, trajanjem poplav, količino suspendiranega materiala v vodi in od velikosti frakcij.

V več udornicah na slovenskem krasu so bili izmerjeni profili električne upornosti tal, da bi se ugotovila podtalna zgradba dna udornic. Za meritve je bil uporabljen merilec električne upornosti tal SuperSting R1/IP. Uporabljena je bila metoda dipol–dipol, ki se je izkazala za najbolj primerno,

največkrat z razdaljami med elektrodami 5 metrov. Predhodna uporaba te geofizikalne metode na slovenskem krasu je pokazala, da električna upornost karbonatne matične kamnine presega 1000 ohm-m. Prst in mehansko preperela matična kamnina ima upornost med 200 in 1000 ohm-m, ilovnat material pa ima vrednosti električne upornosti manjše od 150 ohm-m (Stepišnik, 2009).

Debelina ilovnatih zapolnitev v udornicah je različna. Meritve profilov električne prevodnosti tal v dneh udornic kažejo dva tipa ilovnatih zapolnitev v udornicah. Udornice na ponornem ali izvirnem krasu, ki segajo ali pa so segale pod nivo poplavnih vod, imajo v dnu več deset metrov debele nanose poplavne ilovice. Ker je globina uporabljene metode v idealnih pogojih do 38 metrov, točne globine ilovnatih zapolnitev še ne poznamo. Druga vrsta ilovnatih zapolnitev pa predstavljajo le nekaj metrov globoki ilovnati nanosi, pod katerimi so skoraj ravna živoskalna dna udornic. Prvi tip zapolnitev je posledica sedimentacije suspendiranega materiala iz poplavnih vod, saj se dna navadno nahajajo v bližini epifreatične cone. Mehanizem nastanka zapolnitev drugega tipa nikakor ne morejo biti poplavne vode, saj je piezometrični nivo globoko pod površjem. Izvor ilovnatnega materiala lahko največkrat pripišemo pobočnim procesom, točneje eroziji zaplat ilovnatnega sedimenta na pobočjih udornic. Te zaplate nastanejo z razpadom jamskih rovov, ki jih zapolnjuje ilovnat sediment v pobočjih udornic. Vsekakor pa ne smemo izključiti možnosti eolske sedimentacije drobnih frakcij v dneh udornic.

Vsi vzorci ilovnatih sedimentov iz uravnav v udornicah imajo podobno mineralno sestavo peščene frakcije. V njih najdemo kremen, rdeči roženec, sljudo, bobovec, limonit. To so tipični alohtoni minerali, ki imajo izvor v flišnih zaledjih, od koder vode vtekajo v podzemlje. Ilovnat material, ki zapolnjuje dna udornic, je relativno netopen in slabo prepusten. Padavinska voda na ilovnatih tleh se pretaka površinsko, del vode pa odteka skozi ilovnato preperelino (Gunn, 1981). Hitrost vode, ki erodira ilovnat material, mora imeti hitrost najmanj od 0,2 m/s do 1 m/s. Ker pa v dna udornic navadno ne priteka nobena druga voda razen padavinske, tukaj ni koncentriranih površinskih tokov, ki bi presegali kritično erozijsko hitrost in spirali poplavno ilovico iz dnov udornic. Torej se ilovnate uravnave v dneh udornic ohranjajo dolgo časa, hkrati pa so zaščitene pred erozijo tudi z vegetacijo.

4 GEOMORFOLOŠKE ZNAČILNOSTI UDORNIC V SLOVENIJI

V nadaljevanju so obravnavane geomorfološke značilnosti 332 velikih udornic iz različnih delov slovenskega krasa. Vse udornice so bile podrobno morfografsko in morfometrično analizirane na podlagi terenskega dela in analize dostopnega kartografskega gradiva. Del morfometričnih analiz je bil opravljen s pomočjo meritev električne upornosti tal z napravo SuperSting RI/IP z namenom ugotoviti zgradbo udornic pod površjem, predvsem globino ilovnatih sedimentov, ki se pojavljajo v njih. Opravljene so bile tudi številne granulometrične analize ilovnatih vzorcev z namenom ugotovitve okolja, v katerem so se ti sedimenti odlagali. V nadaljevanju so osnovne geomorfološke značilnosti udornic opisane morfološko in procesno:

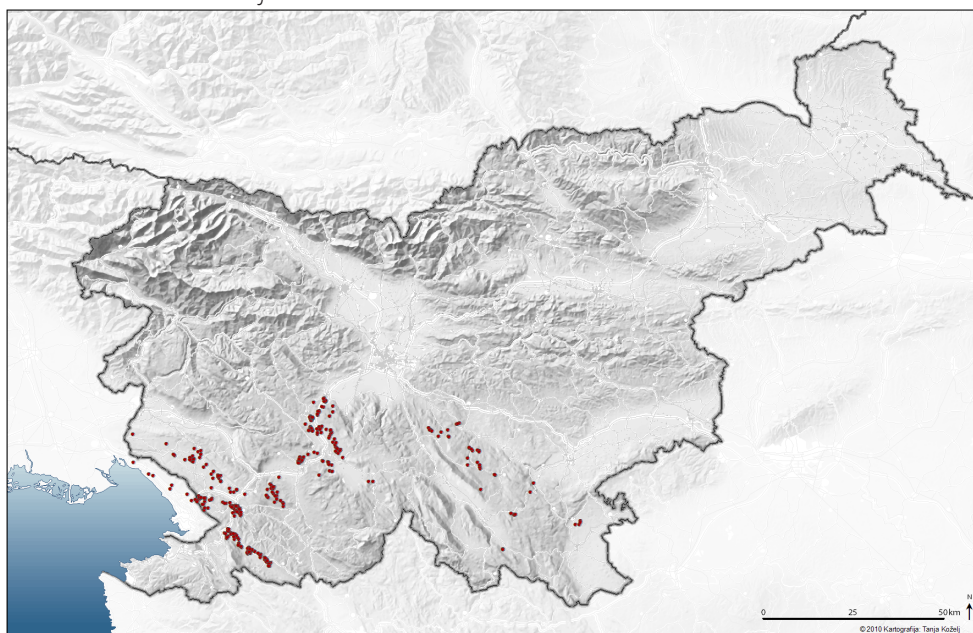
- Stene oziroma stenasto pobočje so vse oblike, kjer je razgaljena živoskalna podlaga. Za stene je značilno, da je dinamika pobočnih procesov veliko večja od dinamike preperevanja pobočij. Naklon sten je navadno nad 60 stopinj.
- Melišča se najpogosteje nahajajo pod stenami ali deli udornic, kjer je močnejše preperevanje živoskalne podlage. Sestavljajo jih kamninski bloki različnih velikosti. V udornicah so bili izmerjeni nakloni melišč med 35 in 40 stopinjami, medtem ko imajo izjemoma naklon tudi do 47 stopinj.
- Aktivna pobočja v udornicah so vsa pobočja, kjer se vidi sledove mehanskega pobočnega premeščanja mase. Pod to kategorijo se uvrščajo pobočja z mnogimi procesi, ki jih je mogoče identificirati posredno: nagnjena drevesa, nestabilni kamninski bloki v plitvi prsti ipd. Nakloni pobočij te vrste so navadno nad 20 stopinj, najpogosteje nad 30 stopinj, in so odvisni od procesov v udornicah in mehanskih lastnosti matične kamnine.
- Uravnotežena pobočja so vsa pobočja, na katerih procesi mehanskega pobočnega premeščanja mase ne delujejo oziroma se pojavljajo v zanemarljivo majhnem obsegu. Na teh pobočjih ne najdemo sledov pobočnih procesov, na površju so zaobljeni kosi kamnine, ki so že dlje časa na istem mestu pod vplivom korozije padavinske vode. Na teh pobočjih večkrat najdemo večje zaobljene skalne bloke. Morda so to le podorni bloki in ne izdanek matične kamnine, a so že dlje časa izpostavljeni površinski denudaciji na istem mestu, zato so pokazatelj neaktivnosti pobočnih procesov. Ta pobočja imajo naklone do 25 stopinj, redkeje do 30. Naklon je odvisen od mehanskih lastnosti kamnine in od intenzivnosti preperevanja, saj bi intenzivnejše preperevanje kamnine povzročilo delovanje mehanskih pobočnih procesov pri malo večjih naklonih. Uravnotežena pobočja so bila poimenovana

zato, ker je na njih vzpostavljeno ravnotežje med mehanskim in kemičnim preperevanjem, tako da material ne odteka mehansko po pobočju, ampak odteka v obliki raztopine.

- Erozijski jarki največkrat nastanejo na pobočjih udornic, kjer so večje zaplate ilovnatega materiala. Izvor ilovice je največkrat polnilo razpadajočega jamskega rova v pobočju udornic. Erozijski jarki se oblikujejo zato, ker so ilovnate zaplate neprepustne za padavinsko vodo. Na njih se voda pretaka površinsko in z linijskim vrezovanjem vodnih curkov oblikuje erozijske jarke. Ilovnat material se spira proti dnom udornic, zato je praviloma pod vsakim erozijskim jarkom večji ali manjši vršaj, ki se oblikuje v dnu.
- Dna udornic so različnih oblik in velikosti. V njih se akumulira material iz pobočij udornic ali material, ki v udornice prihaja v obliki suspendiranega materiala iz podzemske vode. Večkrat se v dneh udornic pojavljajo uravnave, ki jih gradi ilovnat material. Te uravnave so različnih oblik, največkrat niso povsem uravnane in so v celotnem ali le v delu dna nagnjene do 2,5 stopinje.

Geomorfološke značilnosti udornic v Sloveniji so opisane sistematično po območjih, kjer se nahajajo. Opisana območja so zaključene prostorske enote, ki so opredeljene z reliefnimi in hidrološkimi značilnostmi ali z zaključeno skupino udornic, ki imajo skupne geomorfološke značilnosti. Opis udornic po skupinah ni namenjen klasifikaciji ali tipizaciji udornic, pač pa sistematičnemu pregledu udornic v Sloveniji. Pri vsakem območju so opisane osnovne značilnosti krasa, ki so pomembne za nastanek ali razvoj udornic, nato sledi skupen pregled značilnosti vseh udornic na območju. Pri opisu območij so podani tudi opisi geomorfoloških značilnosti posameznih udornic, ki so najbolj tipične za skupino udornic na opisanem območju.

Slika 9: Udornice v Sloveniji

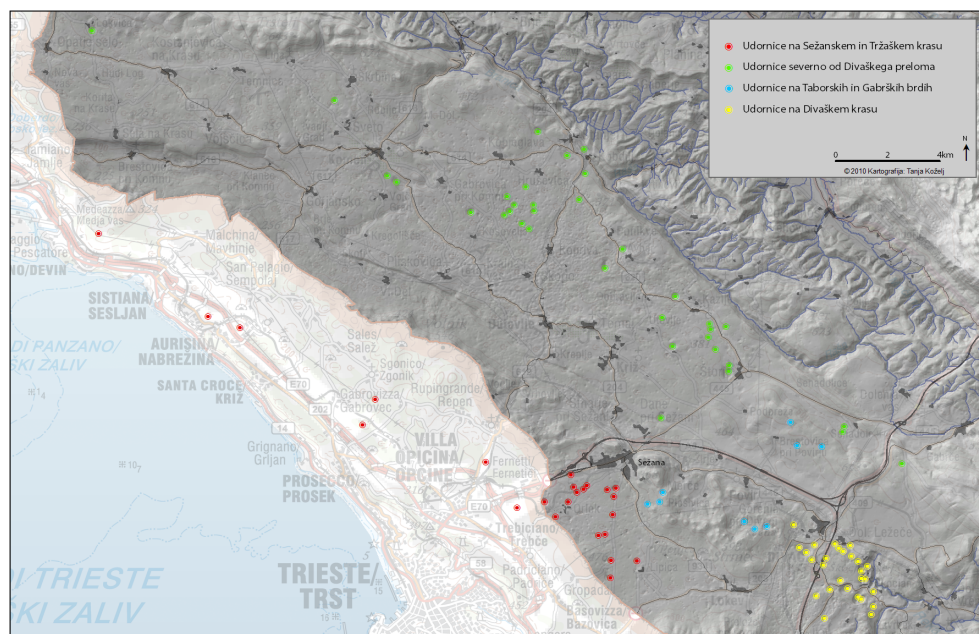


4.1 UDORNICE NA KRASU

Kras obsega apnenčasto in dolomitno pokrajino, ki na jugozahodu meji na flišno tržaško sinklinalo in na Tržaški zaliv, na severu na rečne naplavine Soče ter Vipave, na severovzhodu na flišno območje, ki sega iz Vipavske doline do vrha Trsteljskih brd, in na vzhodu na flišne Brkine ter Matarsko podolje in pogorje Slavnika (Habič, 1991; Gams, 2004). V geološkem smislu je Kras antiklinala iz krednih apnencev in dolomitov, ki se dviguje med dvema sinklinalama. V južni sinklinali leži Tržaški zaliv, v severovzhodni pa flišna Vipavska dolina. Najstarejši spodnjekredni apnenci so v osi sinklinale na območju Taborskih brd.

O nastanku planote Kras je bilo napisanih več razlag. Po nekaterih teorijah naj bi bila pred fluvialno fazo morska faza, ki je oblikovala abrazijske nivoje. V predkraški fazi naj bi čez planoto tekle površinske reke vse do pliocena. Čez Kras naj bi tekla Notranjska Reka oziroma Paleotimava, na jugu naj bi pritekala reka iz Podgrajskega podolja, ki je oblikovala Bazoviško-Nabrežinski ravnik. V pontiku naj bi začela Paleotimava ponikati in omogočila razvoj pravega krasa (D'Ambrosi, 1960, 1963, 1966, 1967; D'Ambrosi, Legnani, 1965). Tudi slovenski geomorfologi so pripisovali razvoj krasa površinskim tokovom (Melik, 1960; Radinja, 1966, 1968, 1974, 1986). Potrditev fluvialne predkraške faze so videli v najdbi nekarbonatnih prodnikov (Radinja, 1966, 1967, 1974; D'Ambrosi, Legnani, 1965). V naslednji fazi naj bi potoki, ki so pritekali s preostalih flišnih krp na obrobni vzpetinah, v podnožju izdelali manjše kotanje in ponorne jame. Razmere naj bi bile podobne današnjim razmeram v Matarskem podolju. Pravo zakrasevanje naj bi se začelo ob koncu pliocena (Maucci, 1953, 1955). Danes tečejo potoki z območja vipavske flišne sinklinale samo še na majhen delček Krasa – v Senožeško podolje (Radinja, 1972). Površje v

Slika 10: Udornice na Krasu



okoliskem flišu je bilo znižano predvsem v pleistocenu (Radinja, 1974). Habič (1984) relief Krasa opredeljuje predvsem z vidika tektonike. Novejše raziskave površja in sedimentov na Krasu ne potrjujejo fluvialne predkraške faze, ki bi oblikovala kraško površje (Mihevc, 1996; Mihevc, 1999) in bi pojasnila nastanek ravnikov na Krasu. Oblike, ki so jih tolmačili kot ostanke fluvialne faze na Krasu, Mihevc (1999) razloži kot denudirane jamske prostore.

Kras lahko v grobem hidrografskega opišemo kot kraško zaledje izvirov Timave, ki izvira v več močnejših izviri pri Štivanu. Ob tem je potrebno upoštevati, da na Kras podzemsko pritekajo tudi vode iz območja Slavskega ravnika. Največji alogeni pritok je Notranjska Reka, ki ponira na jugovzhodnem delu Krasa. Manjši alogeni pritoki so tudi v Senožetskem podolju in iz Brkinov. Talna voda vteka v Kras tudi iz prodnih nanosov Soškega polja (Habič, 1990).

Udornice so razporejene po celotnem območju Krasa. Največje zgostitve udornic so na Divaškem krasu, v zaledju ponorov Notranjske Reke ter v okolici Sežane. Nekaj manjših zgostitev udornic je tudi na severnem delu Krasa južno od Kobjeglave, okoli Sežane ter na območju med Kazljami in Štorjami.

Glede na geomorfološke značilnosti lahko udornice na Krasu razdelimo na tri skupine:

- Udornice na Divaškem krasu v zaledju ponorov Notranjske Reke. Na tem območju je množica udornic z različnimi vrstami pobočij. Preoblikovane udornice imajo blaga, uravnotežena pobočja, sveže, nepreoblikovane udornice pa stenasta in strma pobočja, pod njimi pa so melišča. Pobočja ostro preidejo v obsežne ilovnate uravnave v dneh. Skupne značilnosti te skupine so uravnana dna na isti nadmorski višini. Domnevno so jih dosegale poplavne vode, ki so odlagale lebdeči tovor. Globine ilovnatih zapolnitev v dneh udornic lahko presegajo nekaj 10 metrov.
- Druga skupina udornic so udornice na Nabrežinskem ravniku oziroma na območju med Taborskimi brdi in izviri Timave. Oblikovanost udornic je odvisna od njihove starosti. Nekaj udornic, v katerih dlje časa delujejo procesi preoblikovanja, ima uravnotežena pobočja. V dneh imajo navadno obsežne ilovnate uravnave. Večina udornic je manj preoblikovanih in kažejo lego nad recentnimi tokovi podzemeljske Notranjske Reke. Pobočja so precej stenasta, pod stenami so melišča, ki proti dnu prehajajo v ilovnate uravnave. Uravnave niso tako obsežne kot v udornicah v zaledju ponorov Notranjske Reke. V pobočjih udornic so mnogi erozijski jarki. Globina ilovnatih polnil v dneh udornic presega nekaj 10 metrov.
- V tretjo skupino udornic štejemo vse udornice, ki ležijo na severovzhodni strani Divaškega preloma. Vse udornice v tej skupini so močno preoblikovane, saj nimajo stenastih pobočij. Njihova pobočja so uravnotežena, na mnogih so razvite škraplje, redkeje so na pobočjih tudi vrtače. V pobočjih udornic so erozijski jarki, v katerih se spira ilovnat material proti dnom. Dna udornic so navadno obsežne ilovnate uravnave. Geoelektrične meritve ilovnatih uravnave kažejo, da je debelina ilovnatega materiala v dneh le nekaj metrov, pod njimi pa se nahaja živoskalno dno. Torej so te udornice skledaste kotanje z ravnimi dnomi v živoskalni podlagi, ki imajo dna zapolnjena z ilovnatim materialom.

Območje leži v bližini stika z eocenskimi fliši. Osrednji del območja gradijo zgornjekredni plastoviti apnenci. Proti jugu prehajajo v zgornjekredne alveolinsko-numulitne apnenice, nato v kredne in paleocenske plastovite in ploščaste apnenice, ki preidejo v paleocenski plastovit miliolidni apnenec. Severno od Divače poteka močan normalni prelom, ki se imenuje Divaški prelom (Pleničar et al., 1965).

Na območju Divaškega krasa leži 27 večjih udornic. Vse se nahajajo južno od Divaškega preloma. Največja gostota udornic je v okolici jamskega sistema Škocjanske jame-Kačna jama.

Topographic map of the Udonice na Divaškem krasu area. The map shows the karst landscape with numerous caves marked by red dots and labeled in Slovenian. Key locations include Divača, Udonice, and the Udonice na Divaškem krasu area. The map includes a scale bar (0 to 0.8 km) and a north arrow in the top right corner.

Le dve udornici se nahajata neposredno nad znanimi jamskimi rovi in sežeta do vodnega toka. Ostale ležijo ob jamskem sistemu ali pa se jamski rovi pod udornicami zaključijo.

Preglednica 1: Udornice na Divaškem krasu

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Bukove doline	384	104	49	820.045
Gorenjski Radvanj	381	158	49	1.927.540
Divaški Radvanj	353	205	82	5.399.848
Dol pri Radvanju	435	90	25	319.856
Risnik	366	112	72	1.402.558
Rašišlovca	459	123	26	617.879
Dol v Druškovcu	415	122	33	753.626
Ledenica dol	425	122	35	814.940
Dol v Škali	434	90	19	234.078
Vokrotnik	429	111	36	693.601
Robidnik	431	123	17	388.934
Bušljevec	433	67	20	137.500
Mali dol	391	184	44	2.346.322
V dolu	424	118	24	509.640
Dol Globočak	353	232	67	5.676.833
Zadnji dol	432	126	11	262.889
Lesendol	420	170	38	1.697.347
Jablanac	416	129	37	957.798
Dol Sokolak 2	357	195	64	3.773.400
Velika dolina	271	128	129	3.307.067
Dol Sokolak I	350	177	63	3.091.571
Dol Lisična	345	164	80	3.359.274
Mala dolina	354	92	42	551.752
Sapendol	366	155	43	1.612.298
Dol v Bleke	425	64	30	194.530
Dol Gospojček	411	107	27	474.353
Dol Dršivnik	359	99	36	554.233

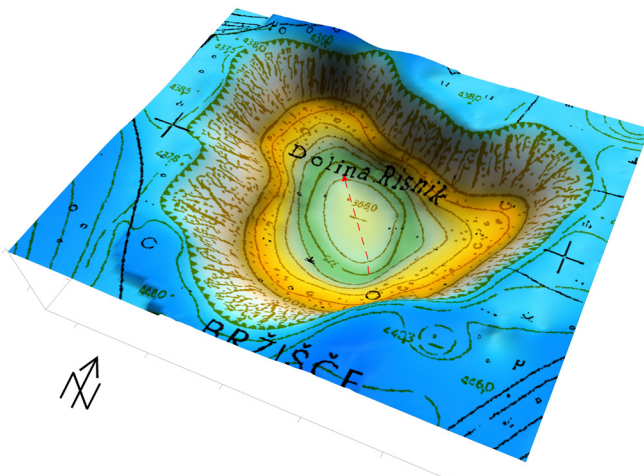
Razvoj Škocjanskih jam in udornic nad njimi sta proučevala Gams (1983) in Gospodarič (1984). Predpostavila sta, da so udornice nastale v štirih različnih fazah s spreminjanjem toka Notranjske Reke v podzemlju. V prvi razvojni fazi naj bi nastal severni niz udornic med Jablancem in Robidnikom, v drugi razvojni fazi naj bi nastale udornice južno od današnjih Škocjanskih jam, v tretji fazi naj bi Reka odtekala pod udornicama Sapendol in Lisična, četrta faza pa je današnje stanje.

Razvoj udornic nad Škocjanskimi jamami in Kačno jamo sta podrobneje proučila tudi Gospodarič (1985) in Mihevc (2001). Mihevc ugotavlja, da so udornice zaradi geološke strukture razporejene v dva niza. Severni niz poteka od udornice Sapendol do udornice Krgunce, južni niz pa poteka od udornice Sokolak do Gorenjskega Radvanja. Za oba niza je značilno, da poteka daljša os udornic v smeri niza. Za severni niz so značilne plitve udornice z dni na nadmorski višini med 410 in 430 metri. Za južni niz pa je značilno, da nimajo izrazito ravnih dnov ter da so bolj strme od severnega niza. Za nekatere udornice je značilna izrazita podaljšanost v smeri sever-jug, kar je posledica v tej smeri potekajočih razpoklinskih con.

Udornice na Divaškem krasu v grobem delim v štiri skupine, ki delno ustrezajo Gamsovim razvojnim stopnjam (1983) in Mihevčevi delitvi (2001). Prvo skupino predstavljajo udornice z aktivnim odnašanjem v njihovih dneh, kamor se uvrščata Velika in Mala dolina ter pogojno tudi Risnik in Lisična. Slednji se nahajata v bližini znanega aktivnega jamskega sistema, imata velik delež sten v pobočjih, v dneh pa so manjše zaplate ilovnatnega materiala. Izvor ilovnatnega materiala lahko pri obeh udornicah najdemo v pobočjih, kjer razpadajo jamski rovi z ilovnatim polnilom. Na podlagi preoblikovanosti pobočij obe udornici uvrščam med malo preoblikovane, kjer se je odnašanje pod udornicama glede na ostale udornice v območju končalo najkasneje.

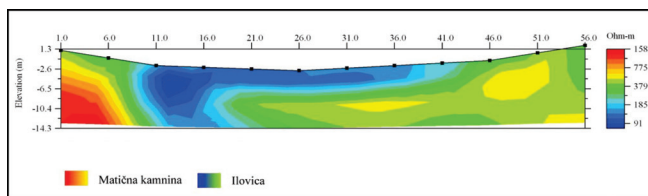
Zaradi strmih stenastih pobočij lahko udornico Risnik uvrstimo v prvo skupino. Kljub temu da dno prekriva zaplata ilovnatnega materiala, kar kaže na odsotnost recentnega aktivnega odnašanja mase v njenem dnu, lahko na podlagi njene morfologije sklepamo, da se je odnašanje mase zaključilo nedavno. Zaradi lege ob prometnicah in velikega deleža sten je najznamenitejša udornica na Krasu. Nekoč so jo, zaradi mnogih sten in melišč, imenovali Grižni dol (Mihevc, 2000). Leži 400 metrov južno od Divače. Njen povprečni premer je 220 metrov, povprečna globina pa 72 metrov. Prostornina udornice je $1,4 \text{ Mm}^3$. Vsa pobočja udornice so stenasta, pod njimi pa se nahajajo melišča, ki segajo do njenega dna. V zahodnem pobočju udornice je pod steno v meliščih stožčasta globel. To ni aktivni del udornice, pod katerim bi bilo aktivno spodjedanje materiala, pač pa melišče odteka v jamski rov, ki se je odprl v steni. Vrh rova je viden v steni ob dnu globeli. V dnu udornice je ilovnata uravnava na nadmorski višini 366

Slika 12: Udornica Risnik
z označeno smerjo
geoelektričnega profila



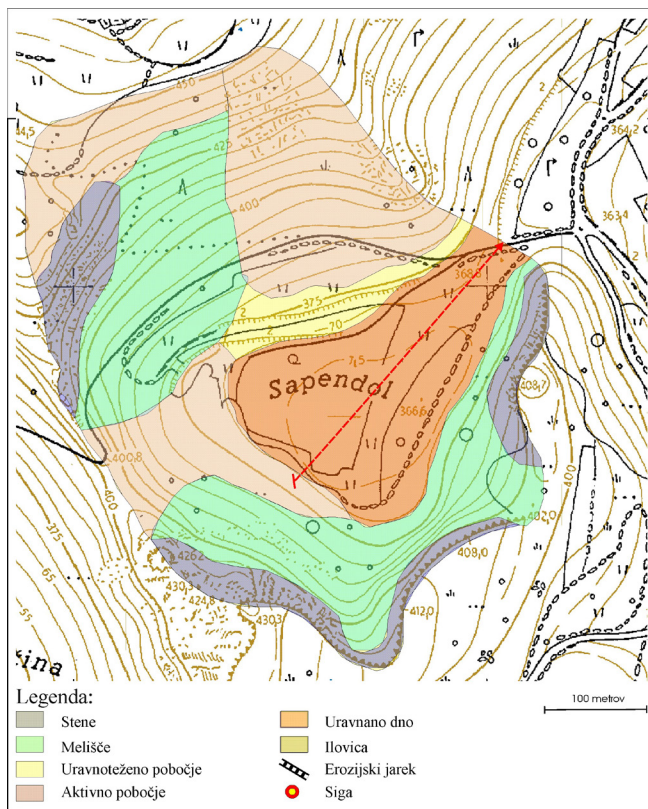
metrov. Premer ilovnate uravnave je okoli 40 metrov. Izvor ilovnatega materiala je lahko v severovzhodnem pobočju, kjer so med meliščem manjše zaplate ilovice in sige, kar pomeni, da v tem delu pobočja razpada jamski rov, ki je zapolnjen z ilovico (Mihevc, 2001).

Slika 13:
Geoelektrični profil
preko Risnika



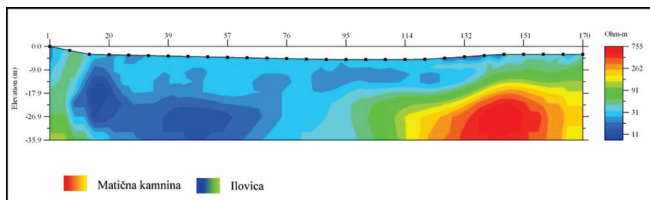
V drugo skupino se uvršča skupina udornic, ki ležijo južno od jamskega sistema Škocjanskih jam in Kačne jame. Začenjajo se z dolom Drčivnik na vzhodu in zaključujejo z Divaškim Radvanjem na zahodu. Skupne so jim velike prostornine. Imajo pretežno uravnotežena pobočja, le redko se v pobočjih pojavljajo območja polzenja tal. V tej skupini udornic sta stenasta le Drčivnik in Sapendol. Nadmorske višine dnov te skupine udornic padejo v dve skupini. Prva skupina obsega udornice z dnom na nadmorski višini med 350 in 353 metri, kamor spadajo Zahodni Sokolak, Globočak in Radvanj. V skupino udornic z višjimi dno, na nadmorski višini 357 do 359 metrov, pa spadata vzhodni udornici: Vzhodni Sokolak ter Drčivnik.

Slika 14:
Geomorfološka karta
Sapendola z označeno smerjo
geoelektričnega profila



Udornica Sapendol, ki je tipičen primer udornice, ki jo lahko uvrstimo v drugo skupino, leži pol kilometra severno od vasi Škocjan. Daljši premer udornice je 344 metrov, krajši premer pa 270 metrov. Povprečna globina udornice je 43 metrov, prostornina pa 1,61 Mm³. Udornica ima skoraj vsa pobočja stenasta, pod njimi pa segajo porasla melišča vse do njenega dna. Severni del dna se odpira v fosilno slepo dolino, ki se končuje pod Gradiščem. Ker je udornica odprta proti severu, dno ni bilo zaščiteno proti burji, zato so jo poimenovali Sapendol (Peric, 1999). Prehod med pobočji in dnom udornice je izrazit. Dno udornice je obsežna ilovnata uravnava na nadmorski višini 366 metrov. Premer uravnave je okoli 230 metrov.

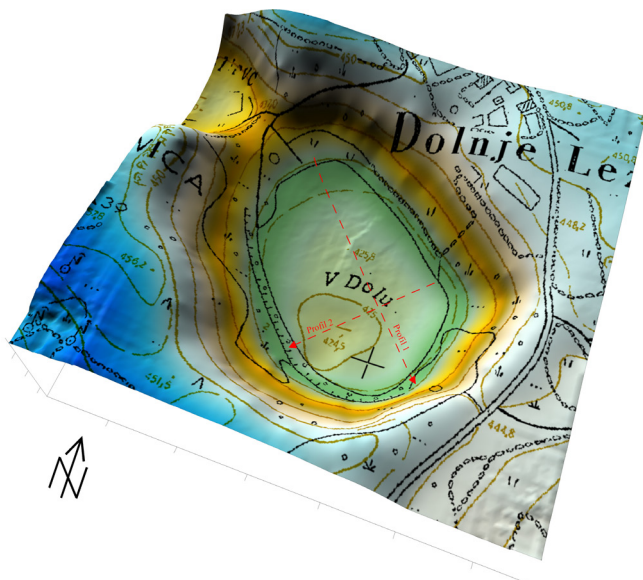
Slika 15:
Geoelektrični profil preko
Sapendola



V tretjo skupino spadajo udornice, severno od Škocjanskih jam, od Jablanca do Robidnika. Vse imajo uravnotežena pobočja, redko manjše stene, ter velika uravnana ilovnata dna. Gams (1983) je to skupino udornic na podlagi nadmorskih višin dnov in oblikovanosti pobočij uvrstil v prvo fazo razvoja udornic na Divaškem krasu. Dna udornic niso na enaki nadmorski višini, saj imajo severozahodne udornice Robidnik, Bušljevec in Lazni dol dna na nadmorski višini med 431 in 433 metri, medtem ko imata udornici Lesendol in Jablanc na jugovzhodu dna na nadmorski višini med 416 in 420 metri.

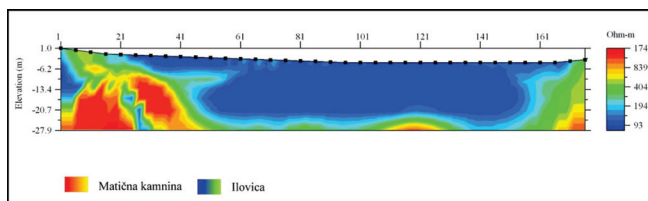
Tipični primer udornice iz tretje skupine je Lazni dol, ki leži 1100 metrov severozahodno od udornice Sapendol in okoli 100 metrov južno od naselja Dolenje Ležee. Udornica je

Slika 16:
Lazni dol z označenimi smermi
geoelektričnih profilov



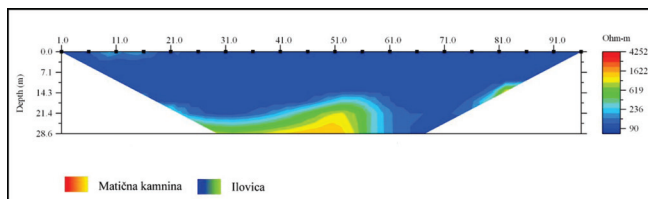
Slika 17:

Geoelektrični profil 1 preko
Laznega dola



Slika 18:

Geoelektrični profil 2 preko
Laznega dola



razpotegnjena v dinarski smeri. Daljši premer udornice je 280 metrov, krajši premer pa 220 metrov. Povprečna globina udornice je 24 metrov, prostornina pa je 0,5 Mm³. Vsa pobočja udornice so uravnotežena, ponekod so prekrita s škrapljami. Dno udornice zapolnjuje velika ilovnata uravnava z daljšim premerom okoli 220 metrov.

V četrto skupino lahko uvrstimo udornice, ki ležijo na južnem delu Divaškega krasa, v bližini ponorov potokov iz Brkinov. Z zahodnega dela Brkinov priteka na Divaški kras troje ponikalnic. Največja ponikalnica je Hudournik, ki ponira pod Danami. Zahodno od nje je še pred nekaj desetletji tekla Kačiški potok, a je danes od njega ostal le odsek na flišu pri Rodiku. Potok Golobert po kratkem toku po apnencih ponika v Mejamah, vzhodno od ponorov Hudournika. O tej skupini udornic piše Radinja (1967) in njihov nastanek povezuje s potoki iz Brkinov. Gams (1983) meni, da so te udornice nastale nad obsežnimi jamami, v katerih naj bi bila domnevna sotočja Notranjske Reke s potoki iz Brkinov. Mihevc (2001) ugotavlja, da je vsaj v zadnji aktivni fazi voda tekla proti jugu. V tej skupini udornic so le štiri udornice manjših dimenzij.

4.1.2 UDORNICE NA SEŽANSKEM IN TRŽAŠKEM KRASU

Območje, ki ga imenujemo tudi Nabrežinsko podolje, leži na jugovzhodni strani Divaškega preloma med Taborskimi brdi in izviri Timave. Na vzhodni strani se nad območjem dvigajo Taborski griči, ki v severozahodnem delu preidejo v Mavhinjsko-Volniške griče. Na jugovzhodu je območje omejeno s flišem. Geološko predstavlja območje jugovzhodno krilo antiklinale Krasa. Na severovzhodu se ob Divaškem prelomu nahajajo najstarejše kamnine, ki so spodnjekredni temno sivi apnenci in dolomitni apnenci. Proti jugu prehajajo v zgornjekredne temno sive apnence, ki se menjavajo s sivim rudistnim apnencem (Pleničar, 1965).

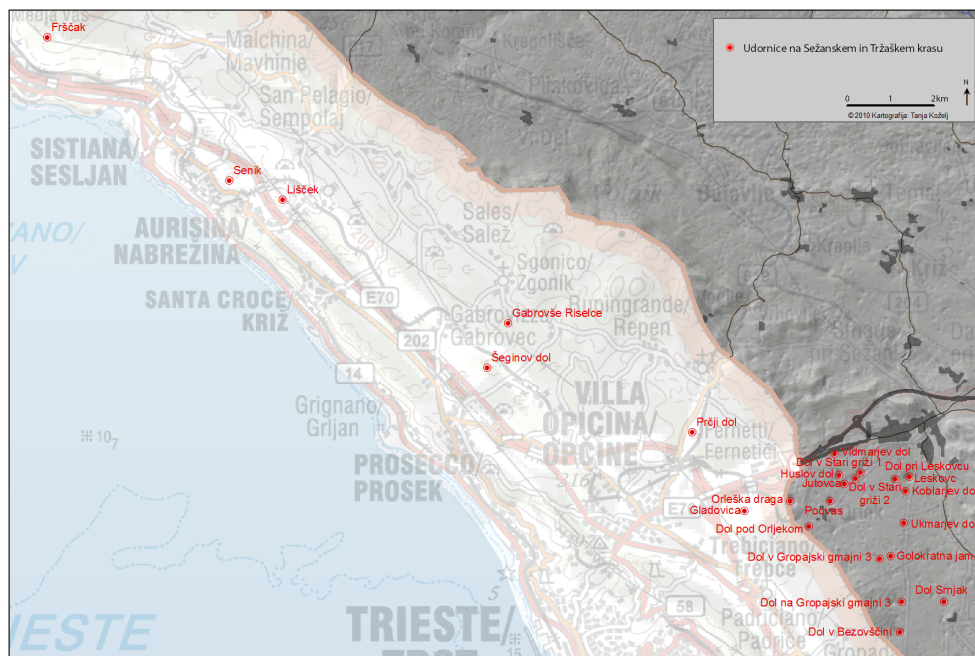
Hidrografsko je to območje podzemnega pretakanja Notranjske Reke proti izvirom Timave. Na podlagi štirih brezen, ki segajo do podzemnih tokov, vemo, da je piezometrični nivo na tem območju le nekaj metrov višji od izvirov Timave. Torej se na razdalji okoli 6 kilometrov, kolikor je od zaključnega sifona v Kačni jami do jame Kanjeduce, kjer je naslednji možni dostop do Notranjske Reke, piezometrični nivo zniža za več kot 150 metrov.

Na območju se nahaja 26 večjih udornic. Največja gostota udornic je v okolici Sežane, med katerimi je najprostornejša Orleška draga. Na Tržaškem krasu se nahaja tudi največja udornica na Krasu, ki ima prostornino 11,6 Mm³. To je udornica Senik, ki se nahaja med Sesljanom in Nabrežino. Večina udornic okoli Sežane ima strma stenasta pobočja, pod njimi pa so manjša melišča. V pobočjih, ki niso stenasta, so aktivni drugi pobočni procesi. Pobočja so uravnotežena le izjemoma. Izstopajo Dol na Gropajski gmajni, Ukmarjev dol in Vidmarjev dol, ki imajo vsa pobočja uravnotežena. V pobočjih udornic pri Sežani so pogoste zaplate ilovnatnega materiala, v katerih so razviti erozijski jarki. Dna vseh udornic zapolnjuje in uravnava ilovnat sediment (Rijavec, 2002).

Preglednica 2: Udornice na Sežanskem in Tržaškem krasu

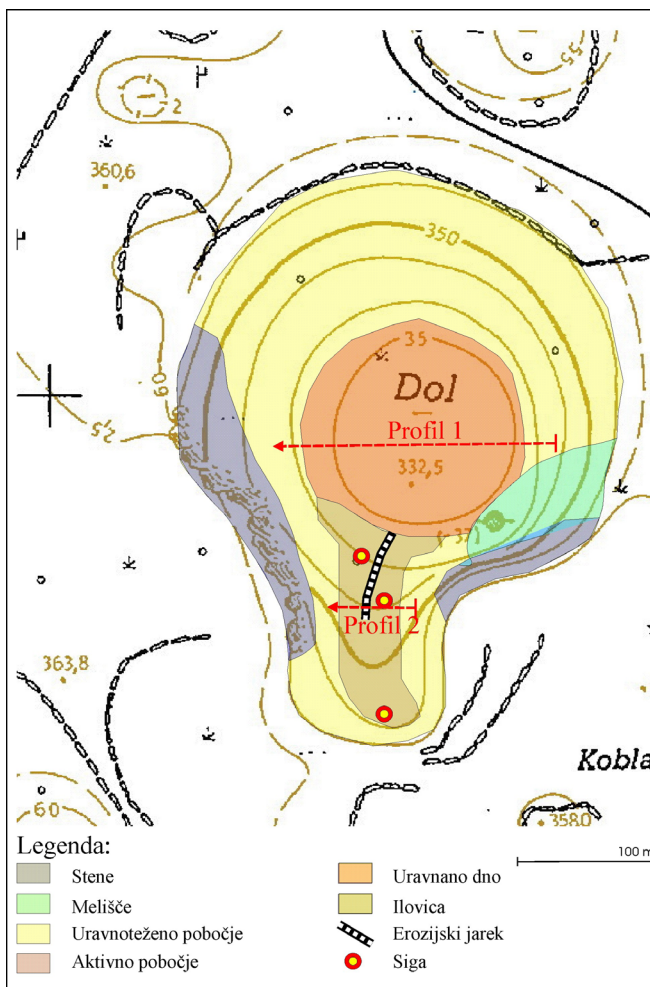
Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Orleška draga	264	164	79	3.326.598
Dol pod Orljekom	333	51	15	59.242
Podvas	297	108	48	883.521
Vidmarjev dol	328	93	25	331.065
Huslov dol	310	126	38	927.766
Jutovca	33	33	18256	598.709
Dol v Stari griži 2	332	60	23	130.062
Dol v Stari griži 1	333	65	20	129.414
Dol v Gropajski gmajni 3	344	60	26	147.027
Dol pri Leskovcu	332	99	28	428.896
Dol v Bezovščini	341	158	44	1.714.485
Dol na Gropajski gmajni 3	352	73	28	234.382
Ukmarjev dol	351	83	22	232.656
Koblarjev dol	323	90	37	470.768
Leskovec	303	135	50	1.422.328
Dol Srnjak	353	91	27	349.283
Čukov dol	350	77	5	46.566
Slinji dol	309	221	36	2.755.648
Dol pod Kalom	321	63	17	103.687
Dol pri Lokvici	160	143	45	1.435.364
Frščak	155	186	40	2.167.891
Senik	80	355	50	9.897.980
Lišček	95	273	50	5.842.778
Šeginov dol	196	240	44	3.981.026
Gabrovše Riselce	230	50	20	78.540
Prčji dol	280	123	20	471.435

Slika 19: Udornice na Sežanskem in Tržaškem krasu

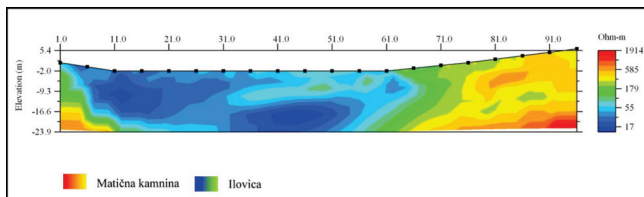


Sežanski dol leži 1200 metrov zahodno od Jutovce in okoli 600 metrov južno od Sežane in je tipičen primer udornice nabrežinskega podolja. Daljši premer znaša 230 metrov, krajši pa 166 metrov. Povprečna globina udornice je 28 metrov in prostornina $0,42 \text{ Mm}^3$. Severna in vzhodna pobočja udornice so povsem uravnotežena in v spodnjem delu blago preidejo v dno. Zahodna in južna pobočja so stenasta, pod njimi so na pobočjih, ki jih prekrivajo skalni bloki, v manjši meri prisotni pobočni procesi. V južno pobočje udornice se zajeda večji erozijski jarek. Nastal je na razpadlem jamskem rovu v pobočju udornice, ki je zapolnjen z ilovnatim materialom. V dnu udornice se erozijski jarek zaključi z neizrazitim vršajem. V steni južnega pobočja udornice se odpira jamski rov, ki se po nekaj metrih prevesi v 34 metrov globoko brezno. Dno udornice je na nadmorski višini 332 metrov in je uravnano z ilovnato uravnavo. Uravnano dno ima premer okoli 70 metrov.

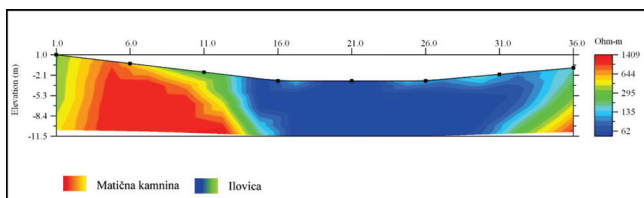
Slika 20: Geomorfološka karta Sežanskega dola z označenimi smermi geoelektričnih profilov



Slika 21:
Geoelektrični profil 1
preko Sežanskega dola



Slika 22: Geoelektrični profil 2
preko Sežanskega dola



4.1.3 UDORNICE V TABORSKIH IN GABRŠKIH BRDIH

Taborska brda se razprostirajo med Nabrežinskim podoljem na jugozahodu in Brestoviškem podoljem na severovzhodu ter med Divačo na jugovzhodu in Sežano na severozahodu. Gradijo jih spodnjekredni temno sivi apnenci in bituminozni dolomitizirani apnenci. Na njih se nahaja šest udornic. Razporejene so ob najvišjem slemenu Taborskih brd, v povprečju okoli 100 metrov nad okoliško planoto Kras. Udornice imajo blaga uravnotežena pobočja, redkeje se pojavljajo deli stenastih pobočij, pod katerimi se nahajajo večji podorni bloki in melišča. Dna so zapolnjena z večjimi zaplatami ilovnatnega sedimenta.

Gabrška brda ležijo med Brestoviškem podoljem in Senadolsko dolino. Brda so visoka do 590 metrov, kar je skoraj 200 metrov nad Brestoviškem podoljem in 150 metrov nad Senadolsko dolino. Gradijo jih paleocenski alveolinski in numulitni apnenci. Tu se nahajata dve manjši udornici z blagimi uravnoteženimi pobočji, v katerih se na zaplatah ilovnatnega sedimenta nahajajo tudi erozijski jarki, dni pa imata zapolnjena z ilovnatim sedimentom. Udornica Petnjak je stenasta udornica, zapolnjena s podornimi bloki in meliščem, ki je nastala z udorom nad jamskim prostorom, delno dostopnem v njenem dnu.

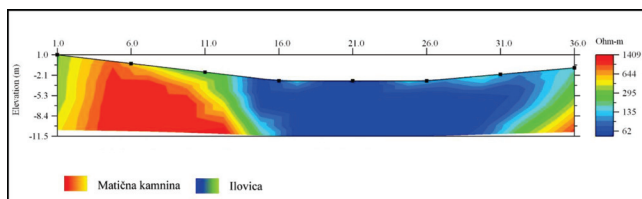
Lega udornic nedvomno potrjuje, da so nastale v neki povsem drugačni hidrogrfski situaciji, kakršna je danes. Zdi se popolnoma neverjetno, da bi udornice nastajale nad podzemskimi tokovi, ki danes tečejo 400 metrov in več nižje. To pomeni, da so udornice relativno stare, saj so morale nastati v drugačnih hidrogrfskih razmerah, ali pa lega udornic nakazuje dejstvo, da lahko nastajajo s spodjedanjem materiala skozi nekaj sto metrov visoko vadozno cono.

Preglednica 3: Udornice v Taborskih in Gabrških brdih

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Bestažovca	426	72	24	192.727
Dol Lipovnik	443	154	32	1.184.368
Udornica na Osojnici	420	37	25	52.317
Dol Marovec	463	116	35	742.974
Lipovnik	427	136	43	1.244.710
Petnjak	475	54	44	197.409
Dol Globočaj	426	161	19	771.215
Dol Gabrk	482	102	27	439.089

Tik nad Sežano, v Taborskih brdih, leži udornica Lipovnik. Daljši premer udornice meri 290 metrov, krajši premer meri 250 metrov. Povprečna globina udornice je 43 metrov, prostornina je 1,24 Mm³. Pobočja udornice so v zgornjem delu stenasta, pod njimi so na pobočjih prisotni podorni bloki. Pod stenami so na pobočjih aktivni različni pobočni procesi. Ob dnu so pobočja uravnotežena. Dno udornice je uravnano z ilovnatim materialom na nadmorski višini 427 metrov. Premer uravnanega dna je 140 metrov.

Slika 25:
Geoelektrični profil preko
Lipovnika



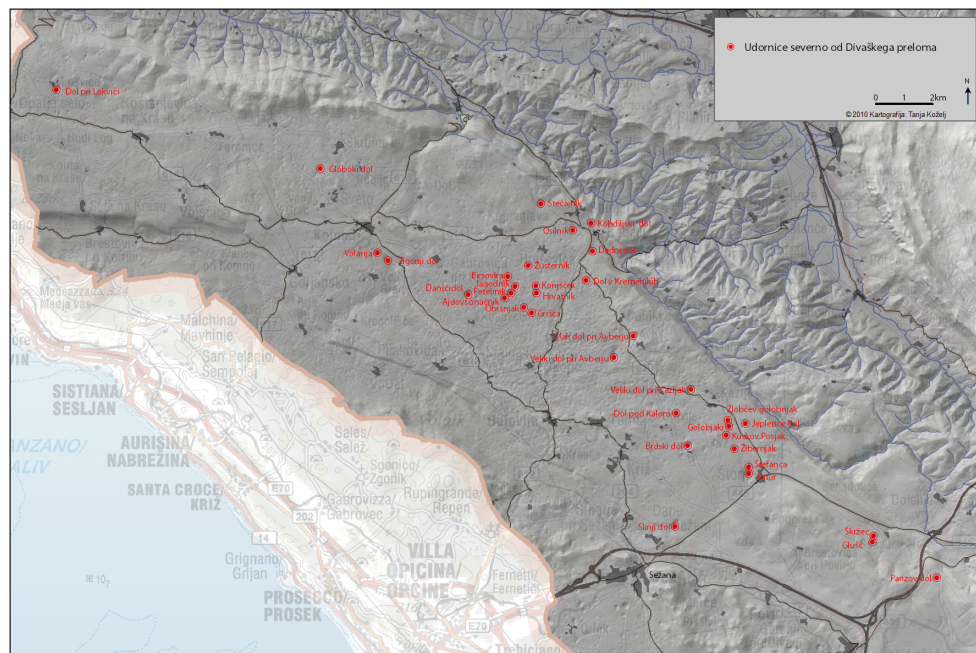
4.1.4 UDORNICE SEVERNO OD DIVAŠKEGA PRELOMA

Udornice, severno od Divaškega preloma, so razporejene med Opatjim selom in Senadolsko dolino. Večje zgostitve udornic so na območju južno od Kobjeglave, južno od Štanjela in na območju med Kazljami in Štorjami.

Geološka zgradba ozemlja je razmeroma preprosta. Območje gradijo zgornjekredni apnenci, ki so ponekod masivni, ponekod plastoviti. Vsebujejo tudi leče ali gomolje roženca. V Gabrških brdih in proti severu preidejo v paleocenske apnence s plastmi črnega skrilavega laporovca. V tektonskem pogledu leži območje med Raškim in Divaškim prelomom (Pleničar, 1965).

Hidrološko je to območje pretakanja podzemne vode proti izvirom Timave. Na zahodnem delu ponikajo potoki iz Senožeškega podolja. V tem delu podzemsko pritekajo tudi vode iz Slavenskega ravnika. Na severovzhodnem delu je nekaj izvirov v dolini Raše, ki odvajajo vodo

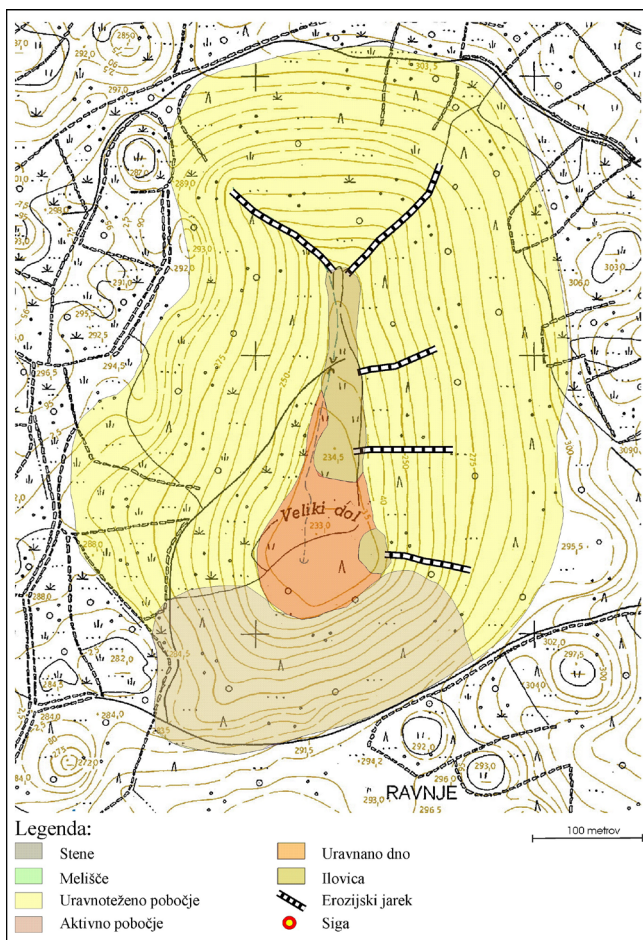
Slika 26: Udornice, severno od Divaškega preloma



s tega dela Krasa. Na severnem delu Krasa se kraški vodonosnik napaja iz podtalne vode v prodnih nanosih Soče in Vipave na Goriškem polju. Večjih koncentriranih podzemnih tokov v tem delu Krasa ne poznamo (Habič, 1990; Gams, 2004).

Udornice, severno od Divaškega preloma, imajo različne dimenzije, oblikovanost pobočij in dnov udornic pa je zelo enotna. Vse udornice imajo popolnoma uravnorežena pobočja, večkrat prekrita s škrapljami. Stene se v manjšem obsegu pojavljajo v delih pobočij, pod katerimi prihaja do intenzivnega odtekanja padavinske vode v dna. Vsa dna udornic so uravnana z ilovnatim materialom. Kljub morfološki podobnosti dnov teh udornic z dnemi udornic na ponomnih ali izvirmih delih krasa, proces uravnavanja dnov udornic ni enak, saj dna udornic niso uravnana na isti nadmorski višini. Različen razvoj uravnanih dnov potrjuje tudi uporaba metode električne upornosti tal v udornicah. Rezultate lahko interpretiramo, kot da so ilovnate uravnave teh udornic relativno plitve, pod njimi pa se nahaja živoskalna podlaga.

Slika 27:
Geomorfološka karta
Velikega dola pri Avberju



Preglednica 4: Udornice, severno od Divaškega preloma

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Globoki dol	301	113	29	576.531
Volarija	207	150	36	1.254.674
Žigonji dol	196	155	75	2.821.256
Danščidol	191	180	59	3.002.734
Ajdovščačnik	222	114	21	420.326
Birsovka	241	57	12	59.206
Petelinik	203	151	32	1.138.526
Jagodnik	210	141	45	1.400.326
Obršnjak	217	116	31	647.449
Žusternik	253	117	17	362.427
Grišca	235	64	20	126.677
Konjšček	235	98	28	412.749
Hrvatnik	223	120	45	1.002.377
Stečajnik	268	206	30	1.961.650
Osilnik	237	256	38	3.919.505
Dol v Kremenjkih	255	92	20	267.351
Kobdiljski dol	255	334	33	5.686.510
Dedni dol	255	115	19	394.702
Veliki dol pri Avberju	233	257	70	7.182.563
Mali dol pri Avberju	313	137	35	1.009.728
Gladovica	280	185	45	2.419.223
Veliki dol pri Kazljah	269	161	64	2.585.505
Kudrov Posjak	340	63	18	108.239
Zlobčev golobjak	324	58	21	111.926
Brdski dol	310	172	29	1.339.819
Golobjaki	322	96	13	188.194
Žibernjak	325	103	25	414.595
Jeplence dol	333	92	22	294.087
Šator	281	269	54	6.115.081
Glušč	430	70	18	134.696
Škržec	430	103	18	288.806
Parizov dol	580	78	25	235.865
Štefanca	310	101	21	334.834

Najprostornejša udornica na slovenskem krasu je s 7,18 Mm³ prostornine Veliki dol pri Avberju, ki leži en kilometer jugozahodno od Avberja. Razpotegnjena je v smeri sever–jug. Udornica ima

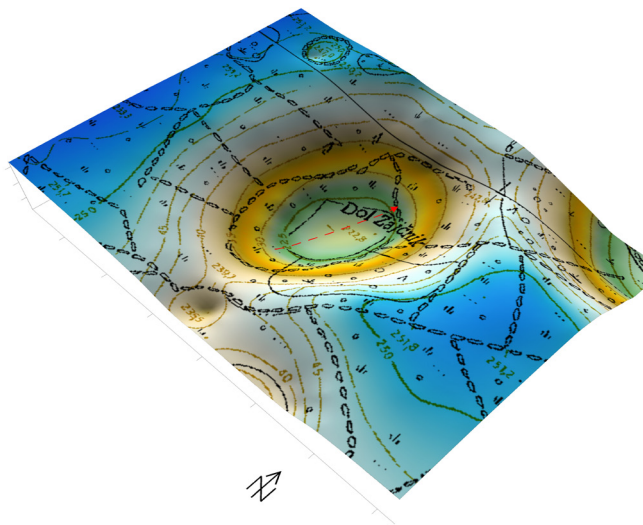
krajši premer 295 metrov in daljši premer 310 metrov. Njena povprečna globina je 70 metrov. Zahodna pobočja udornice so uravnotežena in delno prekrita s škrapljami. Severno, južno in vzhodno pobočje ima aktivne pobočne procese polzenja tal.

Pobočja in dno udornice so preoblikovani z erozijskimi in akumulacijskimi procesi površinsko tekoče vode. V vzhodnem pobočju udornice so štirje večji erozijski jarki, pod katerimi so razviti večji vršaji. V severnem delu udornice sta dva erozijska jarka, pod katerima je razvit en večji vršaj. Dno udornice zapolnjuje in uravnava ilovnat sediment, ki ima v severnem in vzhodnem delu vršaje. Jarki s pobočij se nadaljujejo po dnu in se združijo v manjši erozijski strugi, ki potekata ob zahodnem robu dna udornice. Preko struge, kjer manjši kolovoz pride v dno udornice, je narejen tudi prepust, ki priča o občasnih močnejših vodnih tokovih v dnu udornice. Najnižji del dna udornice je v južnem delu na nadmorski višini 233 metrov. V tem delu je dno popolnoma uravnano. Tu je narejen tudi kal. V jugozahodnem delu dna je večji ugrez v ilovnatem materialu, kjer spira ilovnat material v podzemlje. Nad to globeljo je v pobočju oblikovana tudi manjša stena, ki je hkrati tudi najstrmejši del zahodnega pobočja udornice.

Tipičen primer udornice, severno od Divaškega preloma, kjer so bile opravljene podrobnejše analize globine ilovnatnega sedimenta v dnu, je udornica Ajdovščačnik. Leži v zahodnem delu skupine udornic 2 kilometra južno od Kobjeglave. Udornica je v tlorisu pravilne okrogle oblike s premerom okoli 230 metrov in globino 21 metrov. Njena prostornina meri 0,42 Mm³. Vsa pobočja udornice so popolnoma uravnotežena in delno prekrita s škrapljami. Dno udornice je uravnano z ilovnatim materialom na nadmorski višini 222 metrov, široko pa je okoli 40 metrov.

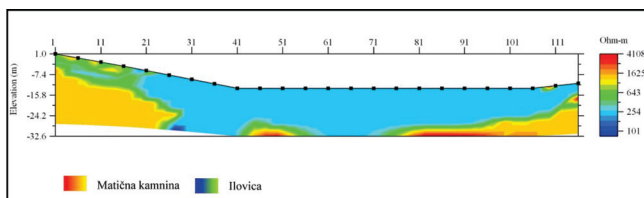
Slika 28:

Ajdovščačnik z označeno smerjo geoelektričnega profila



Slika 29:

Geoelektrični profil preko Ajdovščačnika



4.2 UDORNICE V MATARSKEM PODOLJU

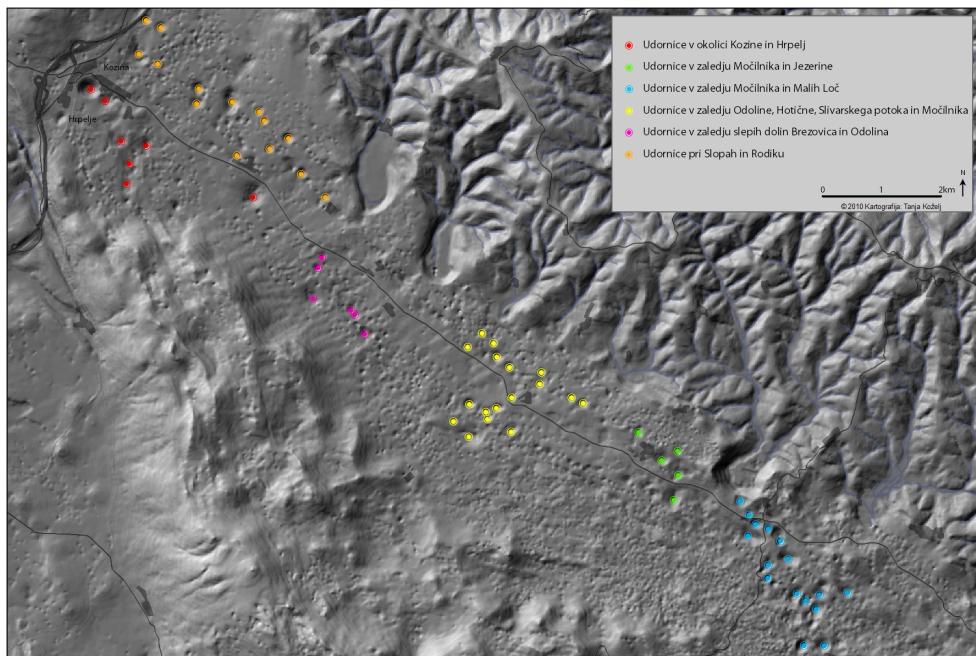
Matarsko ali Podgrajsko podolje je relativno uravnana pokrajina med Slavniškim pogorjem in Brkini. Razpotegnjeno je v smeri severozahod–jugovzhod, dolgo je 18 kilometrov in sega od Kozine, kjer ima nadmorsko višino okoli 490 metrov, do Staroda, kjer je nadmorska višina okoli 640 metrov. Na jugovzhodu meji na nižje Brzdsko podolje, na severozahodu pa preide v Kras. Širina Matarskega podolja je od 2 do 5 kilometrov.

Severozahodno obrobje Matarskega podolja predstavlja stik med krednimi apnenci in eocenskimi fliši, ki skoraj v celoti gradijo Brkine. Fliš Brkinov je v stiku s paleogenskimi alveolinskimi apnenci, ti pa prehajajo v kredne rudistne apnenice, apnenice z roženci ter dolomite in apnenčaste breče. Apnenci vpadajo pod fliš s kotom 20 do 60 stopinj. Na jugovzhodu prehaja Matarsko podolje v višje Slavniško pogorje, ki ga gradijo karbonati kredne in jurske starosti (Buser, 1964).

Dolg stik na severovzhodnem obrobju podolja med fliši, ki gradijo Brkine, in apnenci, ki gradijo Matarsko podolje, ter razpršeno rečno mrežo na Brkinih, je pogojeval nastanek niza slepih dolin, ponornih zatrepov in reliktnih vršajev (Mihevc, 1991; Mihevc, 1994).

Na severozahodu podolja, v bližini Rodika in Slop, sta na stiku fliša in apnenca nastala dva reliktna vršaja. V njunem zaledju ni večjih potokov niti sledov fosilne rečne mreže, ki bi dovajala večje količine vode na kraško površje, kakor se to dogaja v slepih dolinah. Nad vrhnjima deloma obeh reliktnih vršajev ležita v flišnem pobočju dve manjši grapi. Ob viških padavin sta dovajali vodo in večje količine flišne prepereline na kraško površje in ustvarili vršaje. Če bi bil vodni tok iz grap stalen in nanašanje materiala le ob viških padavin, bi se na stiku razvila korozijska oblika kontaktnega krasa – najverjetneje slepa dolina. Proces nanašanja materiala na vršaja se je zaključil oziroma je izjemoma še prisoten v manjši meri na vrhnjem delu vršajev. Po celotnem območju vršajev ni več flišnih rečnih nanosov, je pa debelejša plast prepereline, ki dosega globine do nekaj decimetrov, pod njo pa leži karbonatna matična podlaga. Prva v nizu slepih dolin, ki leži v severozahodnem delu Matarskega podolja, je dolina Brezovica. Dno doline leži na nadmorski višini 500 metrov, povprečna širina doline je 500 metrov, dolžina od stika s flišem do zaključka pa 850 metrov. V njej ponira potok, ki podzemsko odteka proti izvirom Osapske reke in Rižane (Krivic et al., 1989). Jugozahodno od slepe doline Brezovica leži slepa dolina Odolina. Dno ima na nadmorski višini okoli 490 metrov, povprečno širino 380 metrov, dolžino od stika pa okoli 780 metrov. V njej ponira potok Brsnice in podzemsko odteka proti izvirom Rižane (Mihevc, 1991). Med slepo dolino Odolina in slepo dolino Jezerina, ki leži 5,5 kilometra jugovzhodneje ob stiku, se nahajajo trije manjši zatrepni ponori potokov Hotične, Slivarskega potoka in Močilnika. Ponori se nahajajo na nadmorski višini med 440 in 430 metri. Ugotovljeno je bilo, da vode iz ponora potoka Hotična podzemsko odtekajo proti izvirom Rižane. Dno slepe doline Jezerina leži na nadmorski višini 490 metrov, terase v njenem dnu so na nadmorski višini 505 metrov. Širina slepe doline je v povprečju 450 metrov, dolžina od stika do zatropa pa 710 metrov. Vode, ki ponirajo v slepi dolini, odtekajo proti izvirom Rižane ter Osapske reke (Mihevc, 1991). Približno 1,5 kilometra jugozahodno leži slepa dolina Male Loče. Njeno uravnano dno se nahaja na nadmorski

Slika 30: Udornice na Matarskem podolju



višini 505 metrov, ponori pa na najnižjem delu na nadmorski višini 490 metrov. Širina slepe doline je v povprečju 380 metrov, dolžina od ponora pa 690 metrov. V slepi dolini ponika potok Velika voda, ki podzemsko odteka proti izvirom Osapske reke in izvirom Rižane (Mihevc, 1991).

V Matarskem podolju je 64 večjih udornic. Nahajajo se v celotnem območju podolja od Kozine do Podgrada. Južneje od Podgrada jih kljub podobnim geološkim, tektonskim in hidrološkim značilnostim ni. Zaradi razpršenega vtekanja vode v podzemlje ob celotnem stiku flišov in karbonatov in zaradi raztekanja podzemске vode na več strani sta razporeditev in oblikovanost udornic po Matarskem podolju na videz kaotični. Glede na prevladujoče geomorfne oblike v udornicah in glede na njihovo prostorsko razporeditev glede na hidrološko zaledje v Brkinih je udornice smiselno deliti na šest območij (slika 30).

4.2.1 UDORNICE V ZALEDJU RELIKTNIH VRŠAJEV PRI SLOPAH IN RODIKU

Na skrajnem severozahodnem delu Matarskega podolja sta v okolici Rodika in Slop dva reliktna vršaja. Sedanje oblike vršajev so ohranjene v karbonatni kamnini, nastala pa sta z nanosi manjših potokov iz fliša. Bližnje zaledje reliktnih vršajev je relativno uravnano.

To območje gradijo predvsem zgornjekredni temno sivi apnenci z lečami radiolitnih breč. Na severu in severozahodu prehajajo v paleocenske kozinske sklade, kjer prevladujejo rjavi in

temni bituminozni mikritni apnenci, ti pa prehajajo v srednje paleocenske miliolidne apnenice. Preko območja poteka os antiklinale v smeri sever–jug (Buser, 1964).

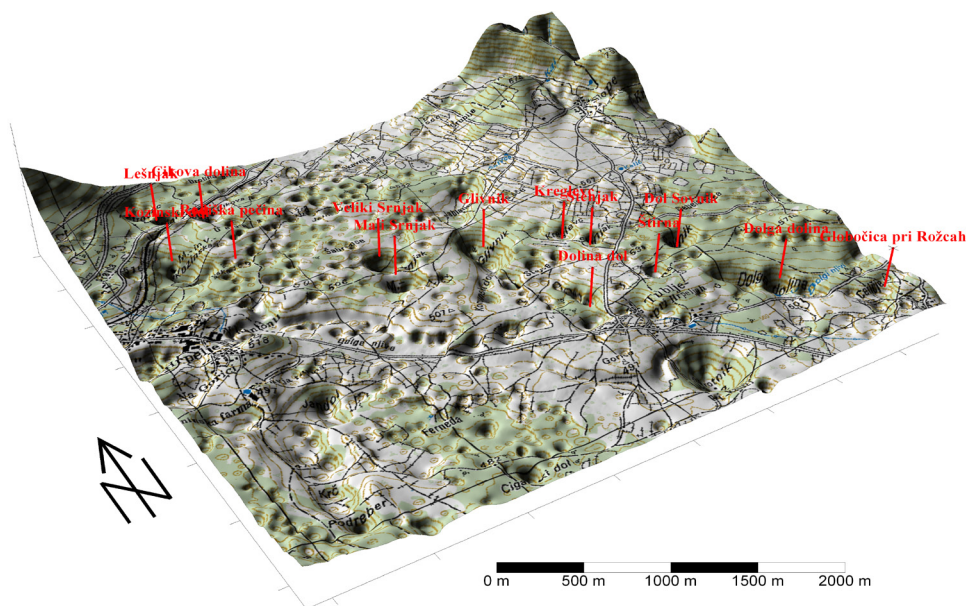
O hidroloških značilnostih območja je malo podatkov. Nedvomno so na območje nekoč pritekali potoki s flišnega območja na severozahodu, saj so ohranjeni reliktni vršaji. Potok, ki je še vedno občasno pritekal na vrhnji del reliktnega vršaja pri Rodiku, je bil umetno reguliran in preusmerjen proti Globokemu potoku na sever za potrebe velike ledenice pri Paredu. Zaledje reliktnega vršaja nad Slopami je bilo prav tako spremenjeno, saj se iz oblikovanosti flišnega slemena nad Slopami vidi, da je pred pretočitvijo del potoka Ločica odtekal proti jugu. Na območju ni večjih vodnih jam, niti jam, ki bi segale do piezometričnega nivoja. Najgloblja jama na območju je Velika kozinska jama, ki ima vhod na 490 metrih nadmorske višine, globoka pa je 112 metrov. Ker v jami ni vode, sklepam, da je piezometrični nivo nižji od nadmorske višine 380 metrov.

Na območju je 14 udornic. Večina jih leži na zgornjekrednih temno sivih apnencih, le udornici Petrovec in Lešnjak, ki se nahajata na skrajnem severozahodu območja, ležita v paleocenskih kozinskih skladih rjavega in temnega bituminoznega apnenca. Udornice na območju so enakomerno razporejene. Prav tako so vse udornice pravilnih okroglih oblik, le Kozinski dol, Glivnik in Dolga dolina so močno razpotegnjeni z daljšo osjo v dinarski smeri. Pobočja udornic so večinoma uravnotežena ali pa so na njih v manjši meri prisotni pobočni procesi. Nekaj manjših sten se pojavlja v pobočjih udornic na severozahodu. Skupina udornic s stenastimi pobočji je v okolici udornice Stenjak, kjer imajo udornice manj uravnoteženih pobočij; na pobočjih so ponekod stene, pod njimi pa melišča.

Preglednica 5: Udornice v zaledju reliktnih vršajev pri Slopah in Rodiku

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Kozinski dol	421	176	64	3.105.207
Lešnjak	491	90	29	368.980
Rodiška pečina		39	505	1.206.537
Cikova dolina	492	81	28	290.352
Mali Srnjak	461	102	42	674.896
Veliki Srnjak	464	111	39	738.423
Glivnik	462	194	46	2.676.044
Dolina dol	476	72	14	114.002
Kreglevc	510	72	18	142.503
Stenjak	510	55	30	143.849
Štirma	506	96	22	309.625
Dol Sovnik	507	100	33	520.958
Dolga dolina	472	230	41	3.358.041
Globočica pri Rožcah	494	63	16	98.962

Slika 31: Udornice v zaledju reliktnih vršajev pri Rodiku in Slopah

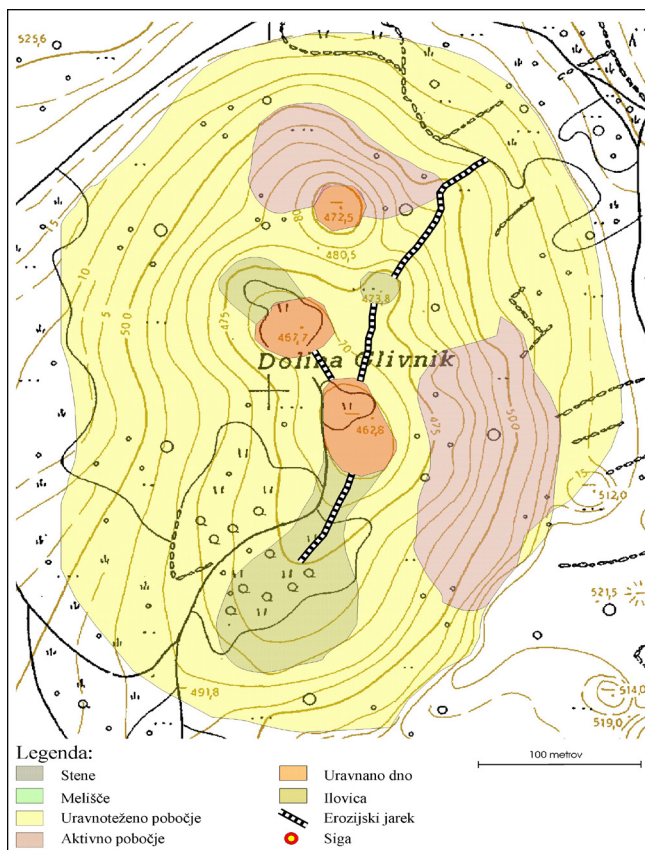


Dna vseh udornic so uravnana z ilovnatim materialom. To območje je edino v Matarskem podolju, kjer se uravnave v dneh sosednjih udornic pojavljajo približno na isti nadmorski višini. Tako sta dni udornic Lešnjak in Cikova dolina na nadmorski višini med 491 in 492 metri, dna Velikega in Malega Srnjaka in Glivnika med 461 in 464 metri nadmorske višine ter dna Stenjaka, Kreglevca, Štirne in Sovnika na nadmorski višini med 506 in 510 metri. Če predpostavimo, da je mehanizem uravnavanja dnov udornic na isti nadmorski višini posledica odlaganja lebdečega tovora iz poplavne vode, ki je zapolnjevala dna udornic, je zanimivo, da se v pobočju Cikove doline odpira brezno Cikova jama, ki je globoko 100 metrov in ni zapolnjeno z ilovnatim materialom. To pomeni, da je bilo brezno zapolnjeno s poplavno ilovico in naknadno sprano. Podoben primer je tudi Velika kozinska jama v pobočju Kozinskega dola.

Največja udornica na območju je Glivnik. Leži približno 500 metrov vzhodno od Velikega Srnjaka. Nahaja se v zgornjekrednih apnencih. Razpotegnjen je v smeri sever–jug. Dolžina udornice je okoli 370 metrov, širina pa okoli 200 metrov. Globina je od 45 do 55 metrov, prostornina pa 2,67 Mm³. Vsa pobočja udornice so uravnatežena, delno so prekrita s škrapljami. Sledovi šibkega polzenja prepereline po pobočjih se pojavljajo le izjemoma in v manjšem obsegu. Razpotegnjeno dno udornice sestavljata ilovnati uravnavi z vmesnim, rahlo privzdignjenim rebrom, ki ga gradijo apnenci. V severnem delu dna je sediment uravnan na nadmorski višini 467 metrov. Iz severnega pobočja se stekata vanj krajši erozijski jarek, ki se začne na nadmorski višini okoli 475 metrov. Zapolnjuje ga ilovnat material. Pod jarkom se nahaja manjši vršaj. Na prehodu v nižji južni del dna je izoblikovan erozijski jarek, kjer so vidni recentni sledovi tekoče vode. Južni, najnižji del dna udornice ima ilovnato uravnavo na nadmorski višini 462 metrov, kar je 5 metrov nižje od severnega dela dna. Najgloblja brezna na tem območju kažejo, da

piezometrični nivo na tem območju sega najmanj 100 metrov pod dna udornic. Najverjetneje je flišna preperelina, ki je odtekala proti jugu preko območij reliktnih vršajev, ustvarila manj prepustna območja v kraškem masivu, ki ob visokih vodah povzročijo lokalni dvig piezometra nad slabše prepustnimi območji. Višja voda, ki s sabo nosi lebdeči tovor, zato občasno zalije dna udornic in jih uravnava s sedimentacijo lebdečega tovara. Lahko pa da so ilovnate uravnave nastale s presedimentiranjem materiala iz zapolnjenih jamskih rovov, ki so razpadli v pobočjih udornic. Ker pa zaplat ilovnatega materiala v pobočjih udornic ni, hkrati pa so dna udornic urejena v podobnih višinskih nivojih, je drug mehanizem nastanka manj verjeten.

Slika 32:
Geomorfološka karta Glivnika

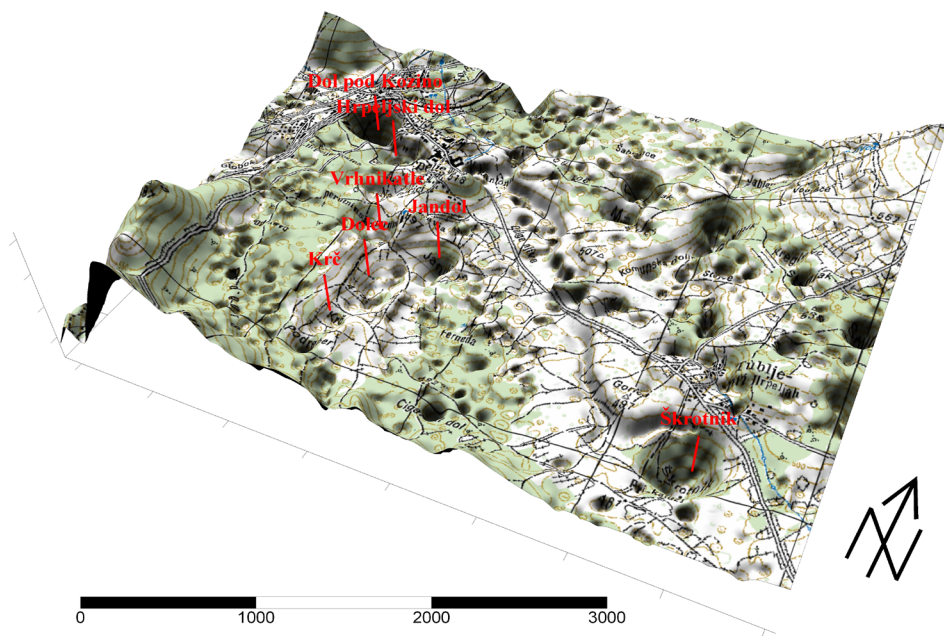


4.2.2 UDORNICE V OKOLICI KOZINE IN HRPELJ

Na severozahodnem delu Matarskega podolja se v okolici Kozine in južno od Hrpelj nahaja skupina večjih udornic.

To območje v severnem delu gradijo zgornjekredni temno sivi apnenci z lečami radiolitnih breč, v južnem delu pa cenomanski svetlo sivi in beli apnenci. Preko območja poteka v dinarski smeri močnejši reverzni prelom (Pleničar, 1963).

Slika 33: Udornice v okolici Kozine in Hrpelj



O hidroloških značilnostih območja je malo podatkov. Dno slepe doline Brezovica, kjer ponirajo potoki, je na nadmorski višini okoli 400 metrov. Voda v Jazbini v Rovnjah je na nadmorski višini 325 metrov. Aktivnih procesov spodjedanja v dneh udornic ni, kar pomeni, da se vode, ki prihajajo iz slepih dolin, ne pretakajo več pod udornicami.

Na območju se nahaja skupina sedmih večjih udornic. Dve udornici ležita na severnem delu območja v zgornjekrednih apnencih. Le-ti sta veliko globlji in izrazitejši kot skupina udornic na jugu, ki ležijo na tektonsko močno pretrtih cenomanskih apnencih. Nedvomno so udornice v tej skupini močno preoblikovali eksogeni procesi. Pobočja vseh udornic so povsem uravnotežena in jih zato lahko uvrščamo med stare oziroma dolgo neaktivne udornice.

Preglednica 6: Udornice v okolici Kozine in Hrpelj

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Dol pod Kozino	450	153	38	1.383.414
Hrpeljski dol	451	123	32	745.544
Vrhnikatle	458	109	20	365.593
Krč	456	70	9	69.272
Dolec	447	192	23	1.331.834
Jandol	437	125	26	623.363
Škrotnik	432	213	46	3.242.578

4.2.3 UDORNICE V ZALEDJU SLEPIH DOLIN BREZOVICA IN ODOLNA

Na severozahodnem delu Matarskega podolja se v zaledju slepih dolin Brezovica ter Odolina ter v bližini vasi Materija nahaja skupina šestih večjih udornic.

Območje na severu gradijo svetlosivi in beli cenomanijski apnenci. V njih leži udornica Ledince, ki je najsevernejša v tej skupini. Ostale udornice ležijo v spodnjekrednih temno sivih apnencih ter dolomitih. Preko udornic Globočani in Velika dolina potekajo močnejši prelomi v smeri vzhod–zahod. Vpad skladov na območju udornic je okoli 25 stopinj proti severu (Buser, 1963).

Območje bi hidrološko zaradi bližine slepe doline Brezovica lahko uvrstili v njeno ponorno zaledje. Žal pa nimamo veliko podatkov o podzemnih pretokih niti o višini piezometričnega nivoja. Južno od slepe doline Brezovica leži Jazbina v Rovnjah. Dno jame je najnižja dosegljiva točka Matarskega podolja, saj leži na nadmorski višini 325 metrov (Mihevc, 2001).

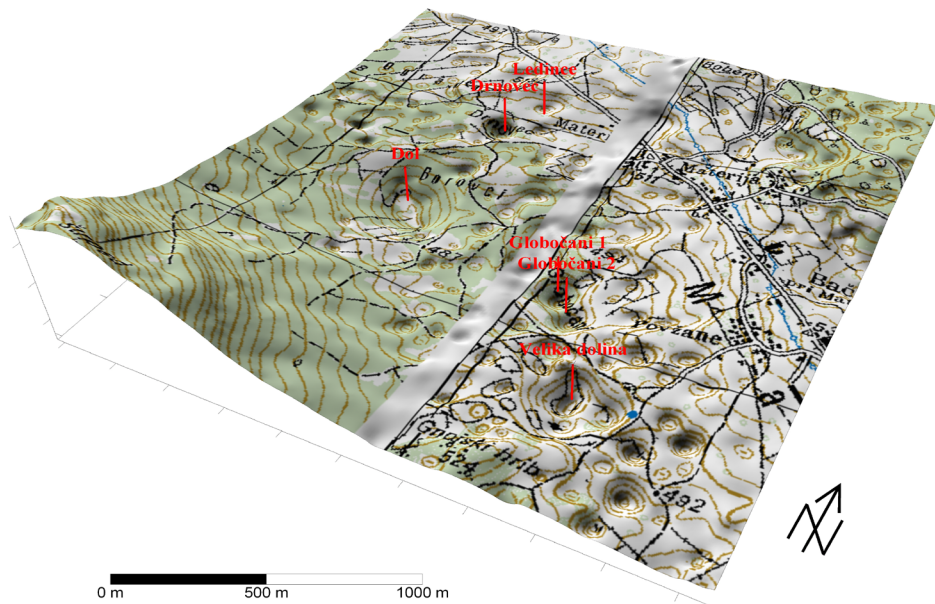
Udornice na tem območju so različnih oblik in velikosti. Najmanjši udornici ležita na severozahodu, večje pa so na jugu. Oblike pobočij udornic so podobne, saj imajo vse udornice uravnotežena pobočja z redkimi območji polzenja tal. Izstopa le udornica Ledince, ki edina leži na cenomanijskih apnencih in ima del pobočij stenast.

Preglednica 7: Udornice v zaledju slepih dolin Brezovica in Odolina

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Dol pri Borovcih	442	171	33	1.511.316
Drmovec	473	69	22	165.723
Ledince	483	63	17	105.986
Globočani 1	450	79	30	292.242
Globočani 2	461	67	27	184.081
Velika dolina	459	100	36	568.318

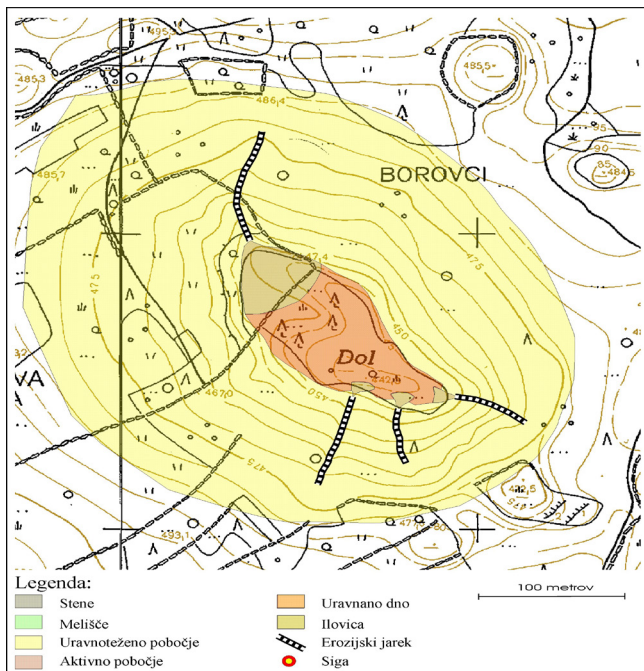
Udornica Dol pri Borovcih se nahaja 700 metrov južno od Ledince in okoli en kilometer jugozahodno od vasi Materija. Udornica je podolgovata, z daljšim premerom 350 metrov, ki je usmerjen v dinarski smeri, ter krajšim premerom, ki meri 250 metrov. Njena povprečna globina je 33 metrov, prostornina pa 1,5 Mm³. Leži v spodnjekrednih apnencih. Pobočja so po večini uravnotežena, redka so območja z blagimi pobočnimi procesi. V jugovzhodnem delu pobočij so trije večji erozijski jarki, v katerih je ilovica. V jarkih so vidne sledi površinsko tekoče vode. Večji erozijski jarek je v severozahodnem delu udornice, ki v spodnjem delu pobočja preide v večji vršaj, ki prekriva severozahodni del dna udornice. Prehod med dnom in pobočji udornice je oster. Dno je zapolnjeno in uravnano z ilovnatim sedimentom. Na severozahodni strani je uravnano na nadmorski višini 455 metrov, pod to uravnavo je umeten suhi zid, ki ločuje jugovzhodni del dna na nadmorski višini 442 metrov. Spodnji jugovzhodni del dna je nagnjen za okoli 2 stopinji proti jugovzhodu. V njem so oblikovane plitve struge, v katerih so

Slika 34: Udornice v zaledju slepih dolin Brezovica in Odolina



sledi občasne tekoče vode. V tem delu udornice s pobočja v dno segajo trije manjši vršaji, ki so nastali pod erozijskimi jarki v jugovzhodnem pobočju, iz katerih se spirata ilovnat material.

Slika 35:
Geomorfološka karta
Dola pri Borovcih



4.2.4 UDORNICE V ZALEDJU SLEPE DOLINE ODOLINA IN ZATREPNIH PONOROV HOTIČNE, SLIVARSKEGA POTOKA TER MOČILNIKA

Območje večje zgojitve udornic je tudi v okolici vasi Markovščina. Severozahodni del območja, kjer se nahaja ta skupina udornic, gradijo srednjekredni cenomanijski svetlo sivi in beli apnenci. Na tem območju poteka več prelomnih con v smeri vzhod–zahod. Južni del območja gradijo spodnjekredni in cenomanijski temno sivi apnenci in dolomiti. Preko tega območja poteka več močnejših prelomov v smeri vzhod–zahod.

Hidrološko je območje ponorno zaledje slepe doline Odolina in potokov Hotična, Slivarski potok in Močilnik (Gams, 1966). Vode ponirajo na nadmorskih višinah okoli 490 metrov, le v slepi dolini Odolina ponirajo na nadmorski višini 470 metrov. Na tem območju poznamo le jamo Dimnice, ki sega do vodnega toka. Le-ta je v območju jame na nadmorski višini okoli 433 metrov.

Na območju se nahaja 17 udornic. Vse udornice imajo večinoma uravnotežena pobočja, stene in pobočni procesi na pobočjih se pojavljajo izjemoma. Dna vseh udornic so uravnana z ilovnatim materialom, nekatera dna so nagnjena za nekaj stopinj.

Preglednica 8: Udornice v zaledju slepe doline Odolina in zatrepnih ponorov Hotične, Slivarskega potoka ter Močilnika

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Gosta dolina 1	506	71	17	130.653
Dol	522	82	18	188.959
Pečec	486	254	44	4.467.808
Skalonjev dol	483	126	37	926.370
Štirinajsta dolina	537	60	23	131.148
Gosta dolina 2	505	66	19	130.992
Dol pod Pilom 2	513	65	15	94.756
Stara dolina	536	62	17	99.629
Dol pod Pilom	516	90	24	305.363
Cvirski dol	511	121	32	721.447
Pri Dolah	523	82	25	255.624
Šklavsov dol	521	106	24	419.601
Dolič pred Markovščino	540	65	15	100.316
Dol Zakal	543	111	27	522.552
Dol Fumo	553	66	20	133.427
Racetova dolina 2	554	68	31	221.865
Racetova dolina	561	95	24	338.446



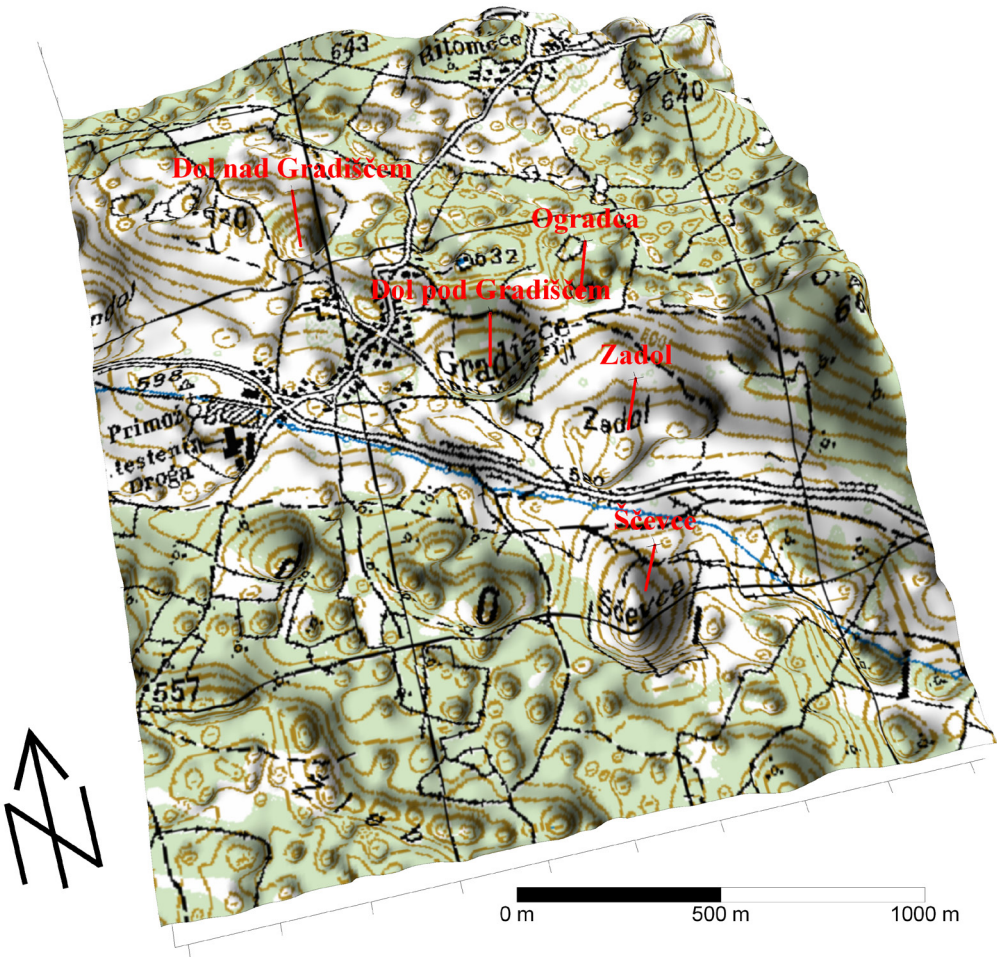
Hidrološko to območje leži v zaledju ponornega zatrepa potoka Močilnik in slepe doline Jezerina. Podatkov o piezometričnem nivoju na tem območju nimamo, vendar potoki ponirajo na nadmorski višini med 480 in 490 metri. Jame ne segajo do freatične cone.

59 _____

Preglednica 9: Udornice v zaledju zatrepnega ponora Močilnik in slepe doline Jezerina

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m³)
Dol nad Gradiščem	582	96	18	261.935
Dol pod Gradiščem	564	132	31	848.456
Ščevce	527	180	43	2.194.517
Ogradca	588	74	20	165.474
Zadol	558	171	25	1.122.038

Slika 37: Udornice v zaledju zatrepnega ponora Močilnik in slepe doline Jezerina



4.2.6 UDORNICE V ZALEDJU SLEPIH DOLIN JEZERINA IN MALE LOČE

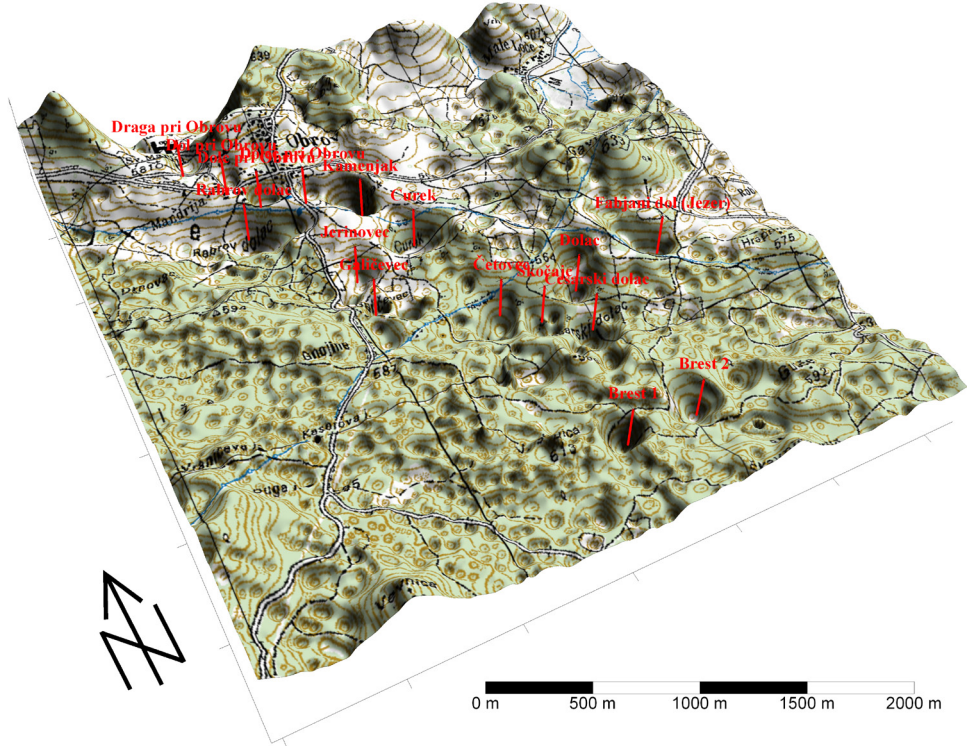
Na območju ponornega zaledja slepe doline Jezerina in Male Loče se nahaja skupina 16 udornic. Severni del območja gradijo zgornjekredni svetlo sivi in beli prekristalizirani apnenci. Južneje poteka pas zgornjekrednih apnencev in sparitnih dolomitov. Sledi jim pas spodnjekrednih apnencev z rudisti. Na skrajnem jugu območja je spodnjekredni mikritni apnenec. Celotno območje je tektonsko močno pretrto. Preko območja večje zgostitve udornic južno od slepe doline Jezerina poteka več močnejših prelomov v smeri sever–jug.

Območje je ponorno zaledje slepih dolin Jezerina in Male Loče, kjer potoki ponirajo na nadmorski višini okoli 490 metrov. V zaledju slepih dolin nimamo podatkov o glavnih smereh pretokov ali o višini piezometra. Sledenje voda v obeh slepih dolinah pa je pokazalo povezavo z izviri Rižane ter nekaterimi izviri pri Buzetu ter v Kvarnerskem zalivu (Mihevc, 1991; Gams, 2004).

Udornice na tem območju so si, kljub večjim medsebojnim razdaljam, geomorfološko med seboj podobne. Večina udornic ima popolnoma uravnotežena pobočja. V redkih udornicah so stenasta pobočja z aktivnimi pobočnimi procesi. Večina udornic ima tudi ilovnato in uravnano dno.

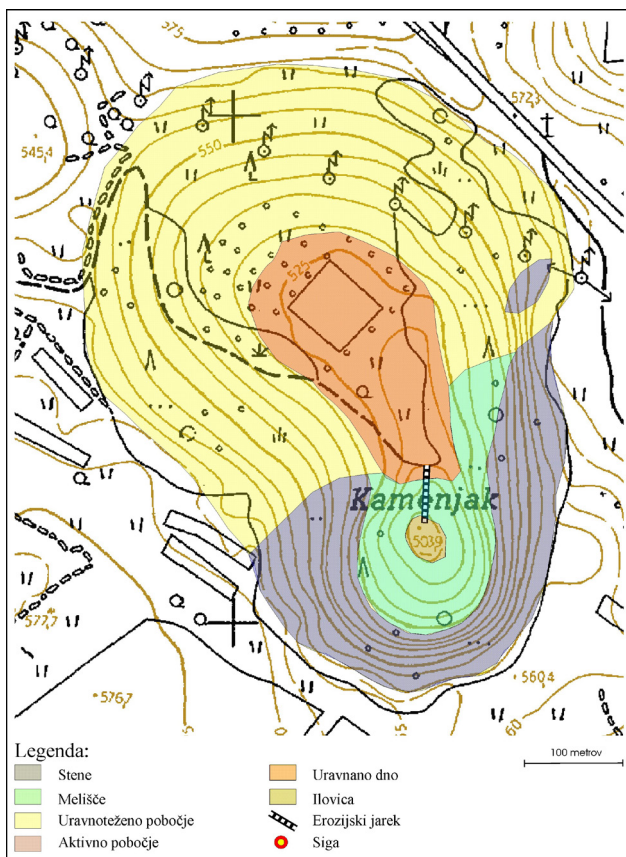
Preglednica 10: Udornice v zaledju slepih dolin Jezerina in Male Loče

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Draga pri Obrovu	556	120	25	565.487
Rabrov dolac	498	259	57	5.994.534
Dol pri Obrovu	556	74	27	224.875
Dolc pri Obrovu	536	105	27	458.928
Galičevac	521	74	32	269.125
Dolec pri Obrovu	545	75	20	174.366
Jerinovec	515	144	40	1.302.881
Kamenjak	503	130	55	1.441.223
Curek	516	151	42	1.486.353
Četovec	498	137	45	1.316.754
Brest 1	517	110	51	955.477
Škočajc	501	128	42	1.059.713
Cesarski dolac	489	137	51	1.498.114
Dolac	510	112	33	643.244
Brest 2	529	132	51	1.385.293
Fabjani dol (Jezer)	524	140	39	1.189.560



Nekaj deset metrov od vasi Obrov in okoli 700 metrov jugovzhodno od slepe doline Jezerina leži udornica Kamenjak. Je asimetrične oblike, saj je nastala z združitvijo dveh udornic. Daljši premer udornice je 315 metrov, krajši premer pa 200 metrov. Povprečna globina udornice je 55 metrov, prostornina pa je okoli 1,44 Mm³. Udornica je zgrajena iz dveh različnih delov. Severozahodni del ima uravnovežena pobočja, dno pa prekriva ilovnata uravnava na nadmorski višini 520 metrov, ki visi proti jugovzhodu za 2 do 3 stopinje. Pobočja jugovzhodnega dela udornice so stenasta. Pod njimi so melišča, ki segajo do dna udornice. V zahodnem pobočju pod steno se nahaja manjša jama. Dno tega dela udornice predstavlja majhna ilovnata uravnava, prekrita s posameznimi kamninskimi bloki na nadmorski višini 503 metrov, kar je 17 metrov nižje od dna severozahodnega dela udornice in le nekaj metrov višje od uravnanega dna v slepi dolini Jezerina. Med obema deloma udornice ni nikakršnega vzpetega dela. Dno severozahodnega dela udornice je na pregibu v nižji jugovzhodni del dna ograjeno s kamnito ograjo, ki naj bi preprečevala erozijo prsti in ilovnatega polnila dna v nižji, jugovzhodni del udornice. Pod to kamnito ograjo je viden erozijski jarek, ki ga je izdolbla voda, ko se je pretakala iz zgornje ilovnate uravnave proti najnižjemu delu dna udornice.

Slika 39:
Geomorfološka karta Kamenjaka



4.3 UDORNICE MED PIVŠKO KOTLINO IN KOŠANSKO DOLINO

Za območje, ki leži med Pivško kotlino in Košansko dolino, se uporablja ime Slavenski ravnik ali Loza. Pogosto se za dele Slavenskega ravnika uporablja tudi druga ledinska imena, večinoma so to pomenovanja iz bližnjih vasi. Slavenski ravnik na jugu preide v greben, ki meji na Košansko dolino. Najvišja vrhova v grebenu sta Mlečnik in Osojnica, zato se v nadaljevanju greben navaja kot greben Mlečnika in Osojnice.

Slavenski ravnik je relativno uravnana kraška pokrajina, ki jo na severu omejuje flišna Pivška kotlina, na vzhodu Zgornja Pivka, na jugu Košanska dolina, na zahodu pa sega do robov Krasa in vzhodnega nadaljevanja flišnih Vipavskih brd (Gams, 2004).

Geološko je Slavenski ravnik območje krednih in paleocenskih apnencev, ki ga skoraj z vseh strani obdaja fliš. Fliš gradi Pivško kotlino na severu in se razprostira po vzhodnem delu Slavenskega ravnika, prav tako fliš gradi Vipavska brda na zahodu in dolino Reke na jugu. Fliš

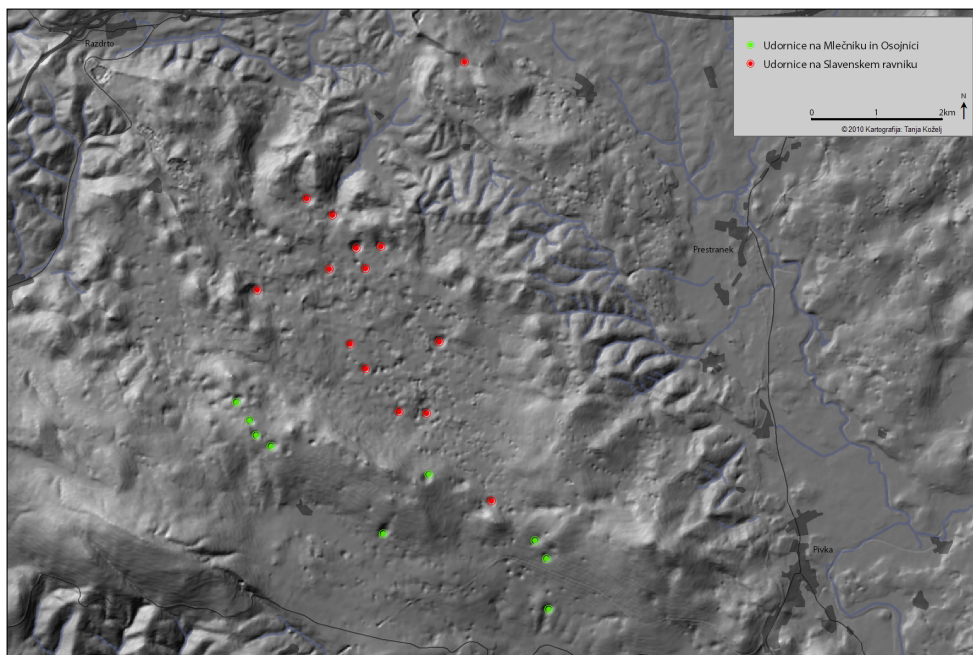
prehaja v paleocenske in kredne miliolidne, alveolinske in numulitne apnenice, ki se v več zaplatah pojavljajo na severnem in zahodnem delu Slavenskega ravnika. Osrednje območje Slavenskega ravnika gradijo spodnjekredni apnenici ter dolomiti (Buser, 1963).

Vode, ki v veliki večini pritekajo iz severne Postojnske kotline, podzemsko odteka v smeri Krasa in naprej proti izvirom Timave. Na severu je več slepih dolin, med katerimi so aktivne le še Ponikve pri Sajevčah. Geomorfološke oblike v tem delu kažejo na sledove rečne mreže, ki je v preteklosti dovajala vodo iz večjega dela Postojnske kotline. Nanoščica je pretočila potoke, ki so dovajali vodo v danes fosilne slepe doline. Med njimi sta najbolj izraziti fosilni slepi dolini pri Biščevcih in Ivačevcih, ki sta vzhodno in zahodno od Sajevškega polja (Hribar, 1955; Gams, 2004).

Na območju je 22 udornic. Velika večina jih leži v zaledju slepih dolin na uravnavi iz srednjekrednih apnencev, tri izmed njih pa ležijo na paleocenskih apnencih. Druga večja skupina udornic na območju se nahaja v krednih apnencih tik ob slemenu Mlečnika in Osojnice. Ena večja globel, ki se imenuje Sv. Barbara, leži v bližini Hruševja v nekaj deset metrov širokem izdanku eocenskega fliša med krednimi apnenici.

V grobem sta na območju pojavljata dva tipa udornic. V prvi tip se uvrščajo udornice z blagimi uravnoveženimi pobočji, kjer so mestoma še prisotni pobočni procesi in erozijski jarki na zaplatah ilovnatnega materiala. V dneh teh udornic so večkrat ilovnate uravnave ali vsaj večja akumulacija ilovnatnega materiala. K drugemu tipu prištevamo le dve udornici na vzhodni strani Slavenskega ravnika: Kirkurjevec in Lukcova dolina. Vsa pobočja imata popolnoma uravnovežena in prekrita s škrapljami. V dneh udornic so le manjše ilovnate uravnave.

Slika 40: Udornice med Pivško kotlino in Košansko dolino



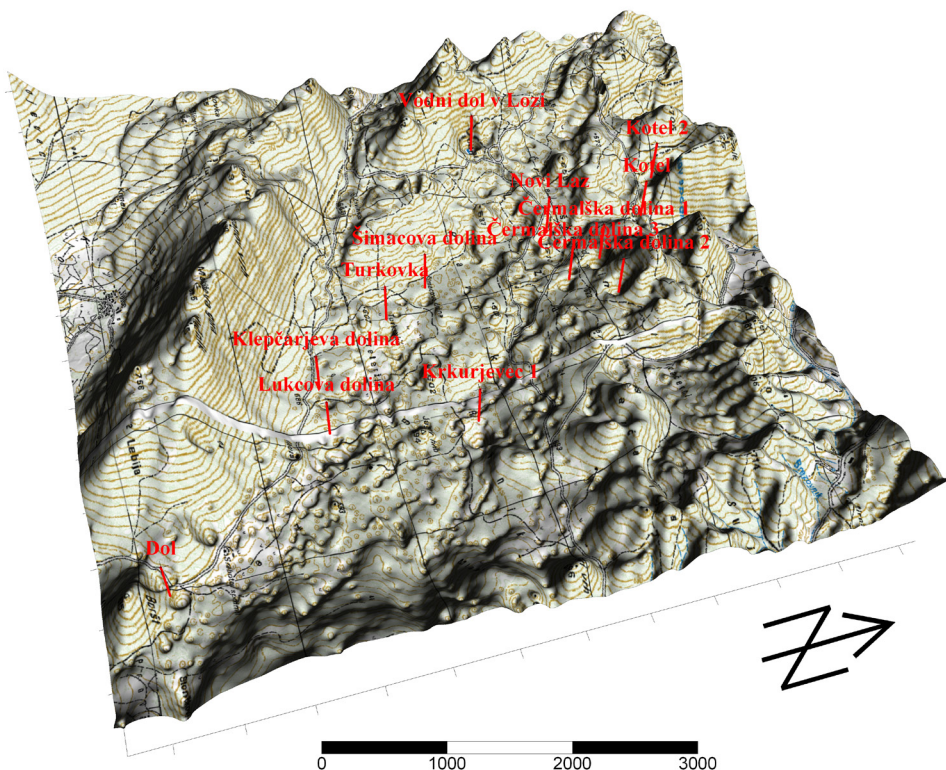
4.3.1 UDORNICE NA SLAVENSKEM RAVNIKU

V ožjem pomenu besede je Slavenski ravniki uravnano kraško območje v zaledju ponorov potoka Rakuljščica. Površinska voda vteka s severne Postojnske kotline. Relativno velike slepe doline, ki so danes fosilne, pričajo o nekdanjem močnejšem pritekanju s severa. Te potoke je obglavila reka Nanoščica. Danes je poleg nekaj manjših potočkov aktiven le še potok Rakuljščica, ki ponira na južnem obrobju Sajevškega polja. Njegovo porečje ni večje od 3 km².

Tu sta znani dve večji jami. Markov spodmol je ponorna jama na koncu Sajevškega polja, kjer ponira potok Rakuljščica. Druga je Vodna jama v Lozi. Obe jami pripadata aktivnemu jamskemu sistemu, ki prevaja vodo pod Slavenskim ravnikom proti jugu oziroma v smeri Krasa (Habe, 1965; Habič, 1989; Gams, 2004). Na površju severnega dela Slavenskega ravnika se razprostira nekaj kilometrov dolg sistem brezstropih jam, ki so se razvile iz jamskih rogov tunelskega tipa, ki so nastali v ponornem zaledju postojnske kotline. V njih najdemo zapolnitve flišne prepereline in mnogo sige.

Slavenski ravniki gradijo paleocenski in kredni apnenci. Območje sekajo številni prelomi, po večini v dinarski smeri in v smeri sever—jug (Pleničar, 1963).

Slika 41: Udornice na Slavenskem ravniku



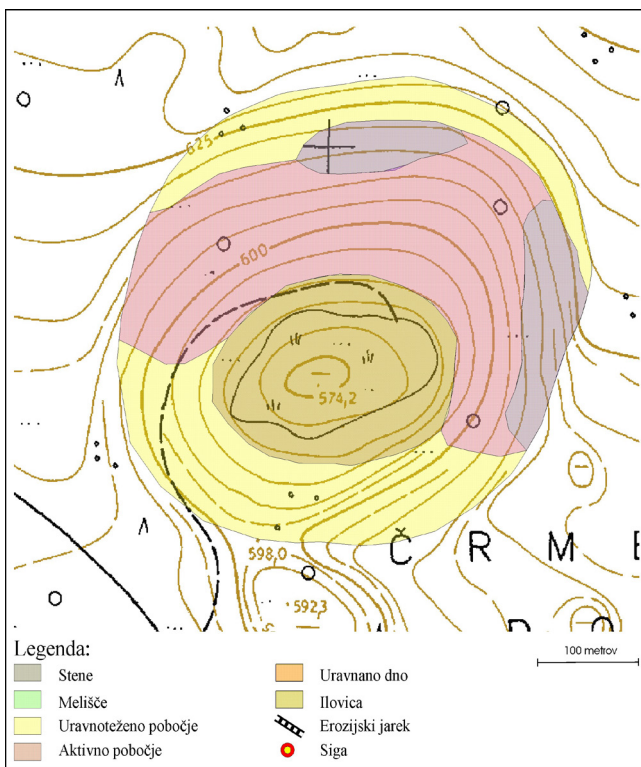
Na Slavenskem ravniku je 13 udornic. Tri izmed njih se nahajajo na severnem in zahodnem delu območja na paleocenskih apnencih. Na paleocenskih apnencih je debelina ilovice večja kot na bližnjih krednih apnencih, kar se pozna tudi pri geomorfoloških značilnostih udornic. Vse tri udornice imajo blaga uravnotežena pobočja, ki jih prekriva ilovica, skalni bloki in izdanki kamnine so redki. Dna udornic zapolnjuje ilovica, ki v dneh tvori uravnave. Udornice, ki se nahajajo na krednih apnencih, so si podobne. Vse imajo uravnotežena pobočja, redko so prisotna pobočja s pobočnimi procesi. Veliko udornic ima v pobočjih razpadajoče jamske rove, ki se morfološko kažejo kot jarki v pobočjih, ki imajo v spodnjem delu akumulacijo ilovnatnega materiala. Le-ta je navadno odložen v obliki vršaja. Razpadajoče jame, ki se zaključujejo v pobočjih udornic, se pogosto nadaljujejo kot brezstropne jame daleč stran od udornic. Delno stenasta pobočja imata le najbolj severni Čermelaški dolini. Dve udornici ležita na izraziti prelomni coni, ki poteka v smeri sever–jug. To sta udornici Kirkurjevec in Lukcova dolina, ki sem ju v uvodu opredelil kot drugi tip udornic na območju. Obe imata popolnoma blaga uravnotežena pobočja s škrapljami v pobočjih. Dni zapolnjuje uravnan ilovnat material.

Preglednica 11: Udornice na Slavenskem ravniku

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Vodni dol v Lozi	603	124	50	1.195.552
Kotel 2	583	134	45	1.250.453
Novi Laz	578	104	20	328.122
Kotel	581	98	37	553.449
Šimacova dolina	563	82	25	255.624
Čermelaška dolina 1	575	126	43	1.064.073
Turkovka	557	90	31	383.765
Čermelaška dolina 3	573	84	30	328.914
Čermelaška dolina 2	607	113	21	409.361
Klepčarjeva dolina	550	98	30	450.272
Lukcova dolina	531	96	24	347.435
Kirkurjevec	535	113	38	748.832
Dol	574	84	24	258.915

Okoli 800 metrov jugovzhodno od Kotla so tri udornice, ki se imenujejo Čermelaške doline. Imajo uravnotežena pobočja in ilovnata dna. Podrobneje je opisana udornica na severozahodu, ki ima delovno ime Čermelaška dolina 2. Udornica leži v pobočju vzpetine Cerovec. Daljši premer je 236 metrov, krajši pa 215 metrov. Povprečna globina je 21 metrov, prostornina je 0,4 Mm³. Udornica leži v spodnjekrednih apnencih (Pleničar, 1963). Vsa pobočja udornice so popolnoma uravnotežena. V jugovzhodnem pobočju je večja zaplata ilovnatnega materiala, ki je nastal z razpadom jamskega rova v pobočju udornice. Ta jamski rov je viden na površju kot nekaj kilometrov dolga brezstropa jama oziroma sistem brezstropih jam. Ilovnat material v dnu ni uravnan.

Slika 42:
Geomorfološka karta
Čermelaške doline 2



4.3.2 UDORNICE NA GREBENU MLEČNIKA IN OSOJNICE

Greben Mlečnika in Osojnice pravzaprav ležita med Slavenskim ravnikom in Košansko dolino, a ju zaradi podobnih oblik udornic, podobne geološke zgradbe ter ne nazadnje zaradi podobnih hidroloških razmer obravnavam skupaj z udornicami na Slavenskem ravniku.

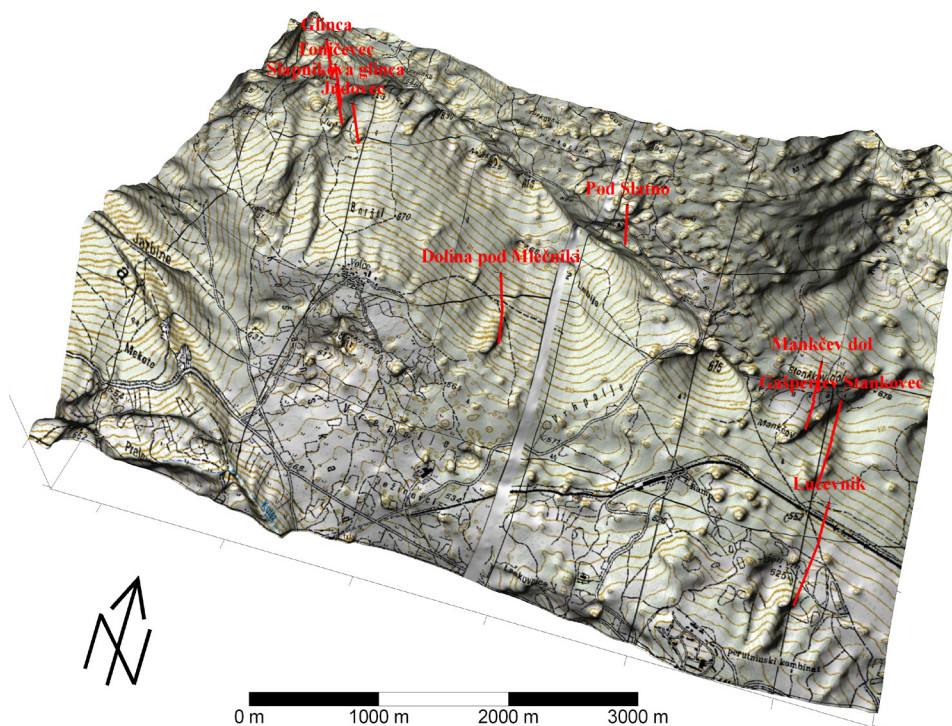
Greben Mlečnika gradijo zgornjekredni svetlo sivi apnenci z roženci. Južno od slemena poteka močnejša prelomna cona, ob kateri je razvitih več udornic. Osojnico gradijo zgornjekredni apnenci (Buser, 1963). O hidroloških značilnostih območja ne vemo veliko. Predvidevamo, da se pod območjem pretaka voda od Loze na severovzhodu proti Krasu na zahod (Habič, 1989).

Na Mlečniku in Osojnici se nahaja devet udornic. Tiste, južno od slemena Mlečnika, se nahajajo ob močnejši pretrti coni. Vse udornice so stare, saj imajo popolnoma uravnatežena pobočja, na katerih so ponekod razvite škraplje. Močnejših pobočnih procesov v udornicah ni. Vse ležijo na pobočjih, tako da imajo en del oboda veliko višje nad dnem kot drug. Njihova dna so uravnana z ilovnatim sedimentom. Dna na Osojnici so bila zaradi poljedelstva močnejše antropogeno spremenjena, saj ležijo v bližini vasi. Udornice na Mlečniku niso bile nikoli kmetijsko obdelane, zato so oblike, ki so se razvile na uravnanih ilovnatih dneh, najbolj ohranjene.

Preglednica 12: Udornice na grebenu Mlečnika in Osojnice

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Glinca	738	101	26	418.681
Toničevce	739	78	19	177.935
Slapnikova glinca	732	74	21	177.528
Judovec	717	96	33	475.238
Dolina pod Mlečniki	570	115	50	1.038.689
Pod Slatno	669	92	29	387.660
Mankčev dol	580	109	21	393.715
Gašperjev Stankovec	558	80	16	158.845
Lučevnik	481	82	19	201.904

Slika 43: Udornice na grebenu Mlečnika in Osojnice



4.4 UDORNICE V POREČJU KRAŠKE LJUBLJANICE

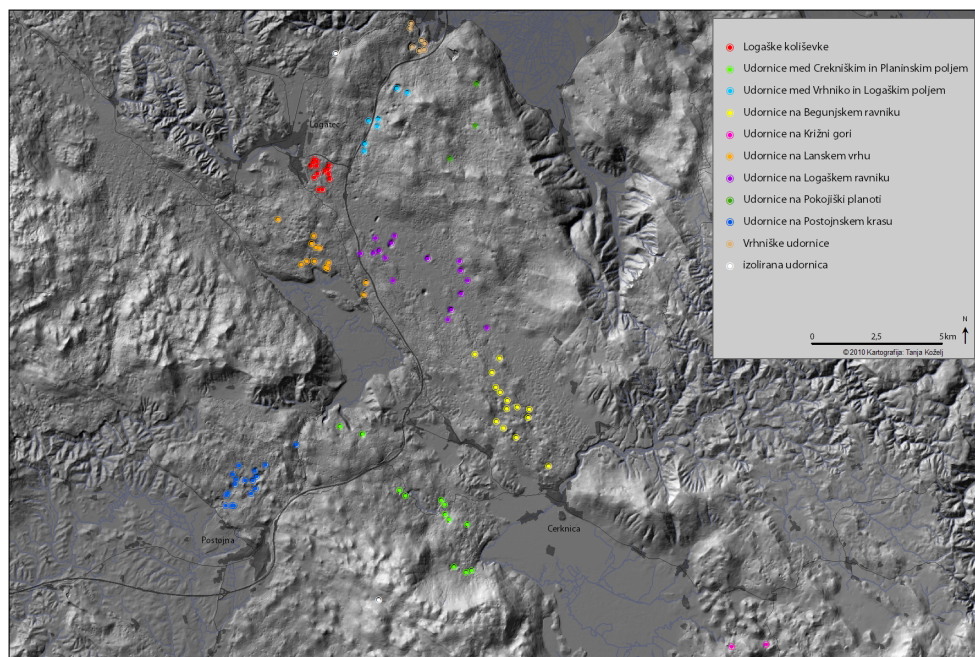
Porečje kraške Ljubljane je zaledje izvirov Ljubljane na jugozahodnem delu Ljubljanskega barja, ki sega do južnega dela Pivške kotline in Babnega polja na jugu, Rovtarskega hribovja, dela Hotenjskega podolja in Hrušice na zahodu ter Bloške in Pokojiške planote na vzhodu (Gospodarič, 1976).

Območje je geološko pestro, saj se tu prepletajo tri pomembne litološke enote. Najobsežnejšo litološko enoto, za katero je značilna tipična površinska kraška oblikovanost, podzemski pretok voda in večji jamski sistemi, predstavljajo jurski in kredni apnenci. Nahajajo se na območju med Ljubljanskim barjem, Planinskim poljem in Cerkniškim poljem, obsegajo celotno območje Postojnskih vrat, Javornikov in Snežniškega pogorja ter južni del Pivške kotline. Gradijo tudi okolico Loškega in Babnega polja ter del Hrušice, ki se nahaja v porečju kraške Ljubljane. Drugo večjo litološko enoto predstavljajo triasni dolomiti, kjer je razvit bodisi površinski odtok voda bodisi kraški, pogosto tudi oba hkrati. Za dolomitna območja porečja kraške Ljubljane je značilno blago oblikovano površje z neizrazitimi manjšimi kraškimi oblikami na območjih, kjer prevladuje kraški odtok voda in območja dolin in vmesnih slemen, kjer je razvit površinski odtok voda. Triasni dolomiti se nahajajo na območju vzhodne Pokojiške planote, Bloške planote, porečja Cerkniščice, Cerkniškega, Rakovsko-Unškega ter Planinskega polja, Rovtarskega hribovja in dela Logaškega ravnika. Tretjo pomembnejšo litološko enoto v porečju predstavljajo eocenski fliši. Zanje je značilen izključno površinski odtok vode in posledično fluvialni tip reliefa. Nahaja se v Pivški kotlini, manjša zaplata pa se nahaja tudi pri Kališčah. Vtekanje vode s flišnega območja v kras je izoblikovalo nekatere tipične površinske in podzemске oblike kontaktnega krasa (Pleničar, 1963; Čar, 1984; Mihevc, 1991). Na Idrijski prelomni coni je oblikovano Notranjsko podolje, vzdolž katerega leži večina kraških polj območja. Ostali prelomi so v dinarski in prečno dinarski smeri (Pleničar, 1963).

Hidrološko porečje kraške Ljubljane v grobem gradita dva kraka. Pivški krak odvodnjava območje dela Snežniškega pogorja, Javornikov in Zgornje Pivke, od koder vode površinsko odtekajo na flišno Pivško kotlino, kjer voda podzemsko odteka proti Planinskemu polju. Drugi krak odvodnjava območje Bloške planote, okolice Babnega, Loškega in Cerkniškega polja, dela Javornikov in Snežniškega gorovja. Oba kraka se združita v Planinski jami ob Planinskem polju. Nato voda teče čez Planinsko polje, kjer ponira in teče do izvirov Ljubljane na jugozahodnem obrobju Ljubljanskega barja (Melik, 1929; Gospodarič, 1976).

Na območju porečja kraške Ljubljane se nahaja več sto udornic različnih velikosti in oblik, med katerimi je vsaj 111 večjih udornic, katere so bile vključene v geomorfološko raziskavo. Večje udornice se nahajajo v zaledju izvirov Ljubljane pri Vrhniki, na območju med Ljubljanskim barjem ter Logaškim poljem, med Logaškim in Planinskim poljem, na Logaško-Begunjskem ravniku, med Cerkniškim in Planinskim poljem, med Postojnsko kotlino in Planinskim poljem ter med Cerkniškim in Loškim poljem. Nekaj udornic je tudi na Pokojiški planoti, ena pa je na južnem pobočju Javornikov. Zaradi velikosti ter geološke in hidrološke pestrosti območja ne moremo govoriti o skupnih morfoloških značilnostih vseh udornic hkrati. Vsem udornicam, razen Javorniški koliševki, je skupno, da so na pretočnem krasu, kjer se podzemsko pretakajo večje količine vode.

Slika 44: Udornice v porečju kraške Ljubljane



4.4.1 UDORNICE V ZALEDJU IZVIROV LJUBLJANICE

Na zahodnem obrobju Ljubljanskega barja pri Vrhniku, v bližini zatrepnih dolin Močilnik in Retovje, kjer izvira del kraške Ljubljane, je skupina sedmih večjih udornic.

Območje gradijo debelo plastoviti zgornjejurski apnenci. Hidrološko udornice ležijo na območju koncentriranega podzemnega vodnega toka. Raziskave zalitih jam v neposredni soseščini udornic kažejo, da danes aktivni jamski rovi ne potekajo pod udornicami (Ilič, 2002).

Udornice so si zelo podobne. Dna so prekrita z ilovnatim sedimentom in bolj ali manj uravnana. Nadmorska višina dnov je v višinskem razponu 10 metrov (med 294 in 304 metri nadmorske višine), razdalja med najbolj oddaljenima udornicama pa je skoraj en kilometer. Pobočja udornic so povečini strma in neuravnotežena. V Meletovi dolini, Nagodetovem dolu in Babnem dolu so deli pobočij stenasti, pod njimi pa se nahajajo melišča. O tej skupini udornic je pisal Habič (1963), ki je ugotovil, da imajo dna urejena v enem izrazitem višinskem nivoju. Sklepal je, da so bile jame oblikovane v izrazitem nivoju in da je odnašanje podora trajalo do trenutka, ko so udornice zazijale na površje. Raziskave jamskega sistema in fragmenti brezstropnih jam v območju pa kažejo, da je jamski sveženj v območju bil in je freatičen in vsaj v znanih jamah ni urejen v nivoju (Ilič, 2002). Hkrati pa je potrebno dodati, da ne poznamo mehanizma, ki bi povzročil umik vode iz jame v trenutku, ko bi jamska dvorana nad njo zazijala na površje (Stepišnik, 2003).

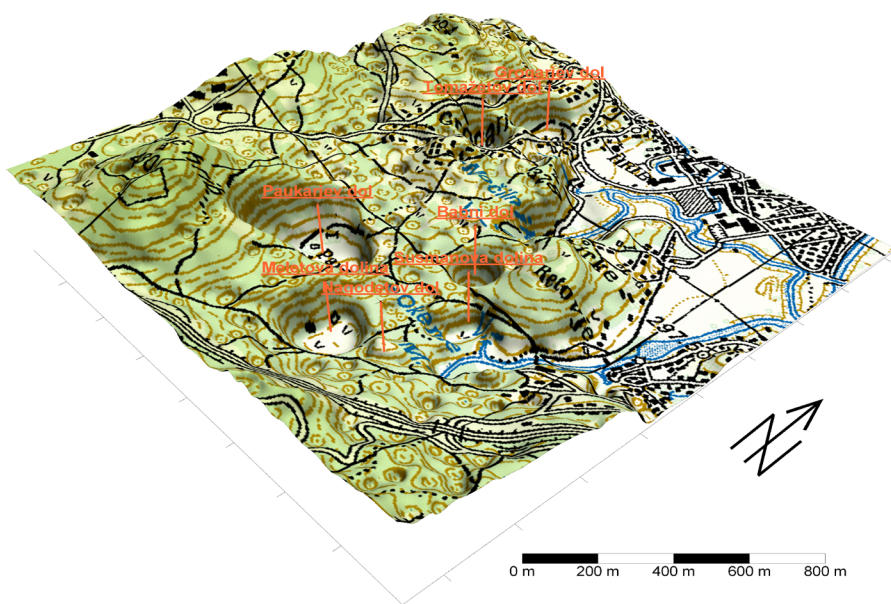
Razporeditev uravnanih dnov udornic na izrazitem višinskem nivoju je posledica dejstva, da dna udornic segajo v območje nihanja podtalnice, ki je zajezena z nivojem Ljubljanskega barja nad nadmorsko višino 297 metrov. Dna so ob visokem vodostaju poplavljeni, iz stoječe vode pa se odlaga suspendiran material. Tako nastanejo ilovnata uravnana dna do višine poplavnih vod, ki na manjšem območju sežejo približno enako visoko (Stepišnik, 2003).

Z uporabo metode električne upornosti tal so bile podrobneje preučene globine ilovnatih uravnav v Grogarjevem dolu, Paukarjevi dolini, Meletovi dolini, Susmanovem dolu in Nagodetovem dolu, saj so te udornice edinstven primer uravnavanja dnov na isti nadmorski višini v zaledju izvirov, kateri uravnavajo višino piezometra. Pri vseh udornicah je globina ilovnatih zapolnitev v dnu globlja od 30 metrov.

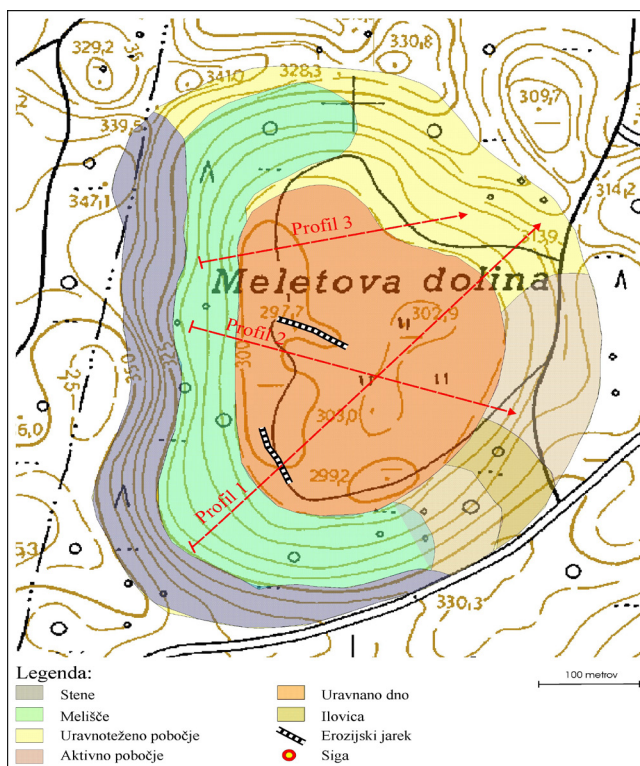
Preglednica 13: Udornice v zaledju izvirov Ljubljani

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Tomažetov dol	304,4	66	35	241.301
Grogarjev dol	294	80	35	351.858
Paukarjev dol	297,3	125	55	1.337.631
Meletova dolina	297,7	84	33	358.074
Babni dol	295	58	27	140.223
Nagodetov dol	300,8	38	18	38.656
Susmanov dol	298,9	50	18	68.722

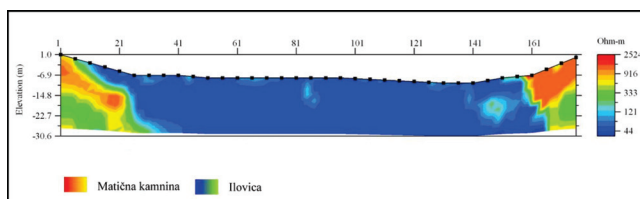
Slika 45: Udornice v zaledju izvirov Ljubljani



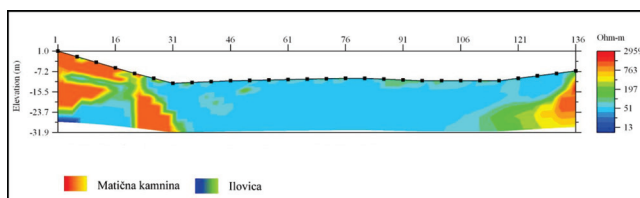
Slika 46:
Geomorfološka karta
Meletove doline z označenimi
smerni geoelektričnih profilov



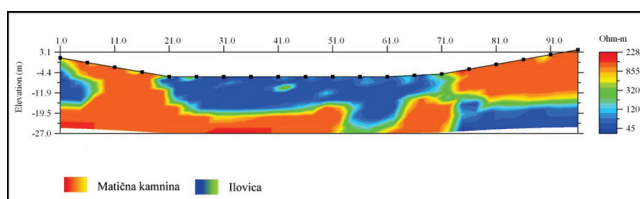
Slika 47:
Geoelektrični profil 1
preko Meletove doline



Slika 48:
Geoelektrični profil 2
preko Meletove doline



Slika 49:
Geoelektrični profil 3
preko Meletove doline



Najjužnejša udornica iz te skupine je Meletova dolina, ki leži okoli 70 metrov vzhodno od Paukarjevega dola. Daljši premer udornice je 200 metrov, medtem ko je krajši premer 135 metrov. Povprečna globina udornice je 33 metrov, prostornina je 0,35 Mm³. Pobočja na severni in vzhodni strani Meletove doline so večinoma uravnovežena. Ostala pobočja so stenasta, pod njimi pa so razvita manjša melišča. Prehod med melišči in ilovnatim uravnanim dnom je oster. Sediment v dnu je rahlo vegav in blago upada od severovzhodne strani, kjer ima nadmorsko višino 302 metra, proti južni in zahodni strani, kjer je najnižji del dna na nadmorski višini 297 metrov. V najnižjem delu udornice pod melišči so manjše globeli z globino do dveh metrov. V nekaterih poteka recentno spodjedanje. Z višjih delov dna vodijo do kotanj manjši jarki, ki najbolj spominjajo na struge. Nepravilna oblikovanost ilovnatnega dna je rezultat spiranja ilovice. Padavinska voda se ob večjih padavinah površinsko pretaka po neprepustnem površju dna in odnaša ilovnat material. V območjih, kjer se pretaka v lokalno koncentriranih tokovih, nastanejo manjše struge. Le-te vodijo do lijakastih kotanj, kjer voda ilovico spira v podzemlje. Spiranje lahko povzroča koncentrirana voda v preperelini ali pa voda freatične cone, ki v območju udornic teče proti izvirom v Retovju in Močilniku. Meritve električne prevodnosti tal kažejo, da je debelina ilovnatnega materiala v dnu udornice vsaj 30 metrov. V severnem delu dna je globina ilovnate zapolnitve 15 metrov, pod njo leži manj prevodna matična podlaga.

4.4.2 UDORNICE MED LOGAŠKIM POLJEM IN ZALEDJEM IZVIROV LJUBLJANICE PRI VRHNIKI

Udornice so razporejene v ravni liniji med Logaškim poljem, Gradišem, Ljubljanskim vrhom, Raskovcem in zaledjem izvirov Ljubljanice.

Hidrološko ležijo udornice nad domnevnimi koncentriranimi tokovi podzemne Ljubljanice, v zaledju ponora Jačka, ter izviri Ljubljanice v Močilniku in Retovju. Predvidoma se pod tem območjem združuje večina podzemnih voda, ki pritekajo iz ostalih predelov kraške Ljubljanice in koncentrirano odteka proti izvirom na severu. Po Habiču (1985) je višina piezometra v bližini Logaškega polja okoli 400 metrov in postopoma pada do Ljubljanskega barja, kjer je višina piezometra na nadmorski višini okoli 300 metrov.

V območju razen Gašpinove jame, ki leži v bližini Logaških koliševk, ne poznamo večjih jamskih sistemov, po katerih bi lahko potrdili lokacijo koncentriranih podzemnih vodnih tokov.

Na tem območju leži 21 večjih udornic. Najdemo jih v spodnjejurskih debeloskladovitih apnencih, zgornjejurskih oolitnih apnencih in debelih zrnatih dolomitih in spodnjekrednih sivih in temno sivih ploščastih apnencih z vložki bituminoznega dolomita (Pleničar, 1963). V grobem lahko delimo udornice na dve večji skupini. V prvi skupini so udornice, ki ležijo skoraj v ravni liniji z najsevernejšo udornico na tem območju (Velika Drmulca), in drugo skupino udornic, ki ležijo na jugu tega območja in jo sestavlja skupina Logaških koliševk.

Severno skupino udornic sestavlja sedem udornic, ki so razporejene v liniji. Vsem udornicam v tej skupini je skupno, da imajo stenasta pobočja. Skoraj vse so še aktivne, saj melišča segajo vse

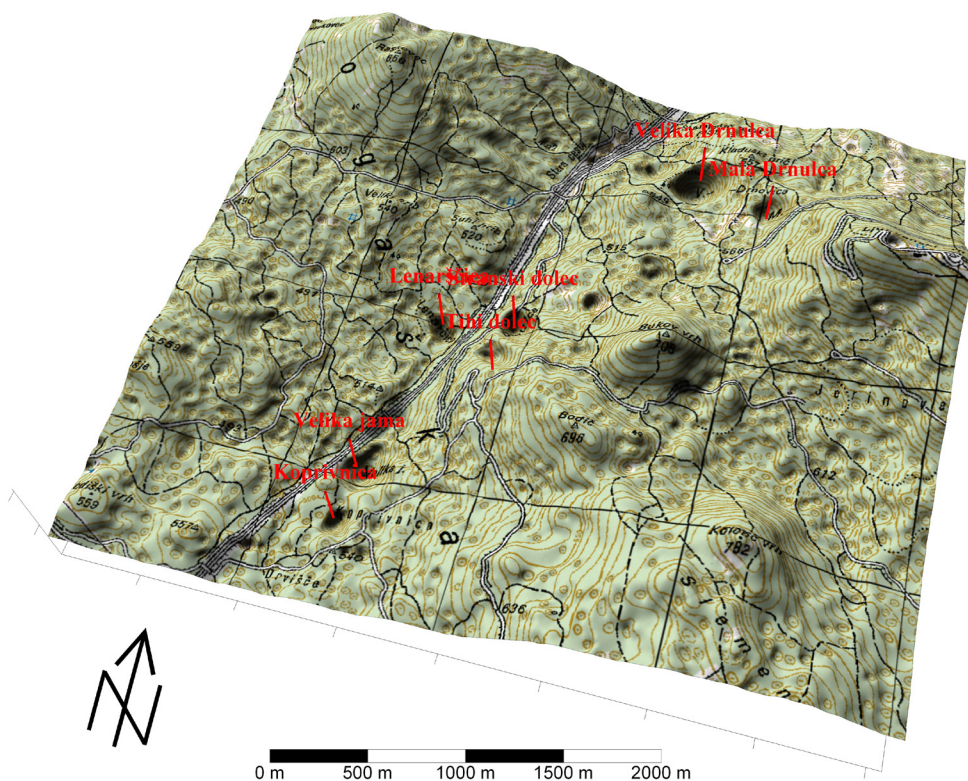
do dna udornic, kjer so nakopičeni večji podorni bloki. Med njimi je nekaj udornic, ki nimajo prisotnih procesov spodjedanja. V dneh imajo več drobnejših frakcij prepereline, ponekod celo manjše ilovnate uravnave, kadar je v pobočjih izvor ilovice.

Preglednica 14: Udornice med Logaškim poljem in zaledjem izvirov Ljubljane

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Masletova koliševka	435	89	70	864.738
Šteklova koliševka	422	81	58	601.443
Dolšajeva koliševka	461	50	22	84.430
Velika Mačkova koliševka	446	68	47	332.798
Puntarjeva koliševka	439,1	51	43	175.346
Mala Mačkova koliševka	450	52	48	199.818
Jerinova koliševka	447,3	79	33	325.561
Koliševka pri Lovrečkovem zvezniku	486	60	22	119.562
Lovrečkov zvezenk	491	73	27	221.826
Spodnja Lovrinova koliševka	449	81	44	442.793
Srednja Lovrinova koliševka	443	96	57	816.585
Mala Kramarjeva koliševka	459	75	44	386.921
Zgornja Lovrinova koliševka	475	88	29	342.753
Velika Kramarjeva koliševka	472	117	31	655.830
Koprivnica	450	79	65	641.256
Velika jama	424,5	143	66	2.127.419
Lenarščica	395	80	63	628.319
Tihi dolec	505,5	86	52	597.112
Stranski dolec	457	90	69	876.405
Velika Drnulca	409	157	106	4.091.107
Mala Drnulca	520	101	60	961.422

Udornica z imenom Velika jama leži tik ob avtocesti Vrhnika–Logatec v zahodnem podnožju hriba Bodič, okoli kilometer jugozahodno od Stranskega dolca. Daljši premer udornice je 365 metrov, krajši premer je 208 metov. Povprečna globina udornice je 66 metrov. Prostornina je 2,12 Mm³. Udornica je razpotečena v smeri sever–jug. Njeno dno je v južnem delu udornice, okoli katerega so strma stenasta pobočja, ki proti dnu prehajajo v melišča ali večje podobne bloke, ki segajo vse do dna, ki je na nadmorski višini 424 metrov. V dnu je manjša ilovnata uravnava. Severno pobočje je veliko bolj blago in ga prekriva ilovnat sediment, pomešan z manjšimi alohtonimi prodniki oolitnega boksita, ki sega vse od dna do oboda udornice. Blago pobočje ilovnatga sedimenta na vzhodni in zahodni strani ostro omejujejo strmejša živoskalna pobočja. V ilovnatem sedimentu severnega pobočja je večja vrtača, ki je najbrž nastala zaradi

Slika 50: Udornice med Logaškim poljem in zaledjem izvirov Ljubljane

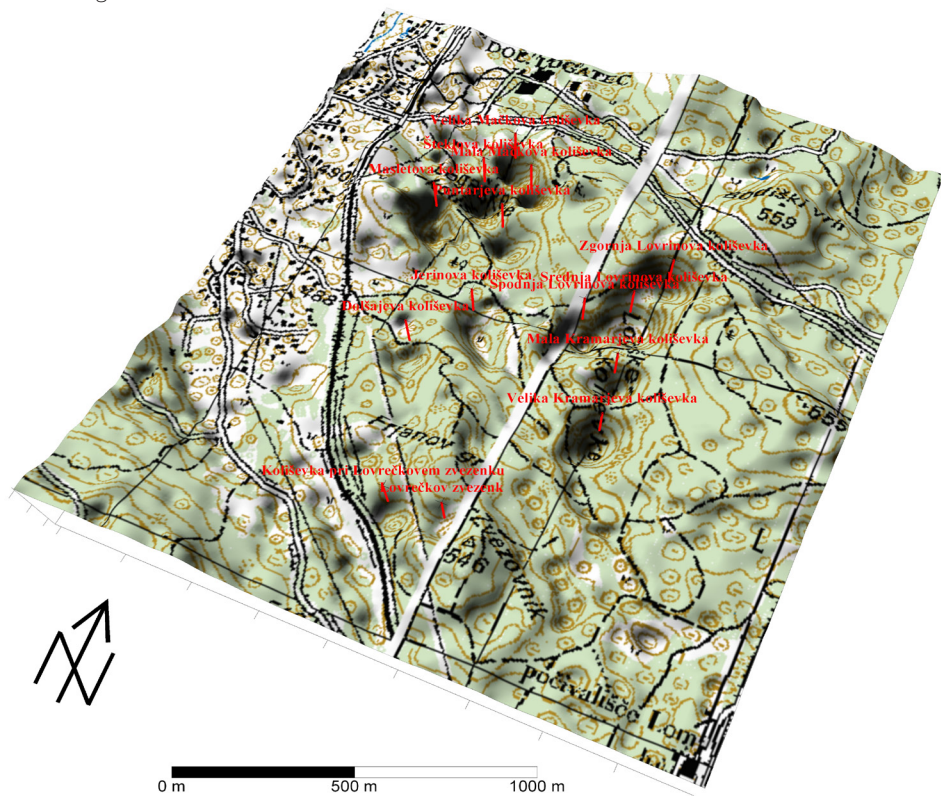
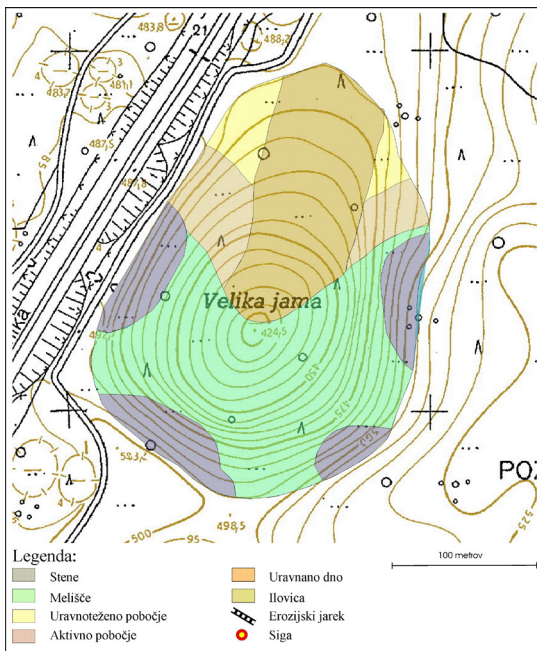


spiranja ilovnatega sedimenta v podzemlje. Ilovnat sediment je polnilo jame, ki razpada v severnem pobočju udornice. Jamski rov v pobočju je moral biti glede na prostornino sedimenta v pobočju zelo velik; okoli 50 metrov širok in nekaj 10 metrov visok.

V južnem delu območja, jugovzhodno od Logatca, leži skupina 14 Logaških koliševk. Udornice ležijo na območju, velikem 1,2 km² in so najbolj zgoščena skupina udornic na slovenskem krasu. Skupna prostornina vseh logaških koliševk je 5,5 Mm³, najprostornejša med njimi je Masletova koliševka s prostornino 0,8 Mm³.

Zahodno od Logaških koliševk je jamski splet Gašpinove jame, ki ima aktivne vodne rove. Vzhodni rovi Gašpinove jame segajo le nekaj 10 metrov stran od udornic, a dostopni deli ne potekajo pod njimi. Piezometrični nivo v jami niha do 40 metrov.

Oblikovanost Logaških koliševk se spreminja od severozahoda proti jugovzhodu. Na severozahodu prevladujejo udornice s stenastimi pobočji in pobočji z aktivnimi pobočnimi procesi. Dna udornic prekrivajo podorni bloki in melišča ter manjše uravnave ilovnate prepereline. Le Mačkova koliševka je brez ilovnate uravnave v dnu in pod njo je še vedno prisotno spodjedanje pobočnega materiala, ki se kopiči v njenem dnu. Proti jugovzhodu dobivajo udornice vedno bolj blaga pobočja, ki so brez sten in večinoma uravnatežena. Dna udornic



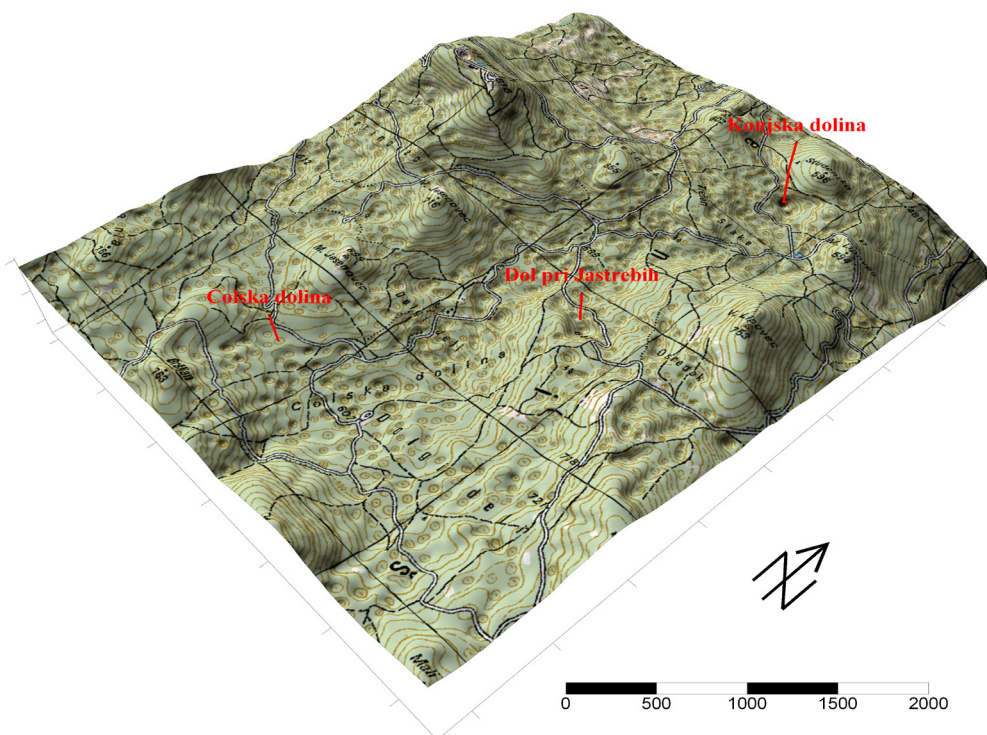
prekrivajo ilovnate uravnave. Najbolj blaga pobočja ima velika Kramarjeva koliševka. Glede na oblikovanost lahko zaključimo, da so udornice na jugovzhodu nastale prej kot udornice na severozahodu. Podzemski tok se je morda postopoma prestavljal proti severu, medtem ko so nad njim nastajale udornice. Najbolj verjetno je podzemski tok sedaj prisoten le pod Mačkovo koliševko, saj ima stenasta pobočja, pod njimi pa melišča segajo do dna udornice.

4.4.3 UDORNICE NA POKOJIŠKI PLANOTI

Pokojiška planota se nahaja med Ljubljanskim vrhom in dolino Borovnišče in Otavščice. Območje je na nadmorski višini okoli 800 metrov, kar je 500 metrov nad nivojem Ljubljanskega barja, kamor meji na severu. Gradijo jo spodnjejurski apnenci

Tu se nahajajo tri večje udornice. Vse tri ležijo v zahodnem delu Pokojiške planote. Po Habiču je piezometrični nivo na tem območju na nadmorski višini nekaj nad 300 metrov (Habič, 1985), medtem ko so dna udornic razporejena med 490 in 590 metri nadmorske višine, torej najmanj 190 metrov nad piezometričnim nivojem. Na Ljubljanskem vrhu in na zahodnem delu Pokojiške planote, prav na območju, kjer se nahajajo udornice, poznamo fragmente večjega jamskega sistema.

Slika 53: Udornice na Pokojiški planoti



To so krajše jame freatičnega tipa velikih dimenzij in večje brezstrobe jame, ki jih zapolnjuje ilovnat sediment. Glede na to, da so vse tri udornice visoko nad sedanjim domnevnim piezometričnim nivojem, lahko sklepamo, da so to fosilne udornice, nastale v popolnoma drugačnih hidroloških razmerah, na katere nakazuje tudi fosilni freatični sveženj v njihovi bližini.

Preglednica 15: Udornice na Pokojiški planoti

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Colska dolina	590	104	45	760.867
Dol pri Jastrebih	589	85	39	436.937
Konjska dolina	494	151	51	1.814.525

4.4.4 UDORNICE NA LANSKEM VRHU

Za območje med Planinskim poljem, Logaškim poljem, Kalcami in Logaškim ravnikom se večkrat uporablja izraz Lanski vrh. Imenuje se po vrhu nad Grčarevcem, ki je viden s Planinskega polja.

Območje v vzhodnem delu sestavljajo zgornjekredni apnenci, v severozahodnem delu pri Kalcah zgornjejurski apnenci, v južnem delu na območju Lanskega vrha so spodnjejurski apnenci, v osrednjem delu pa so zgornjekredni apnenci v neposrednem stiku z eocenskim flišem, ki se nahaja v okolici Kališ. Južni del območja je močno pretrt zaradi Idrijske prelomne cone, ki poteka preko Planinskega polja (Pleničar, 1963).

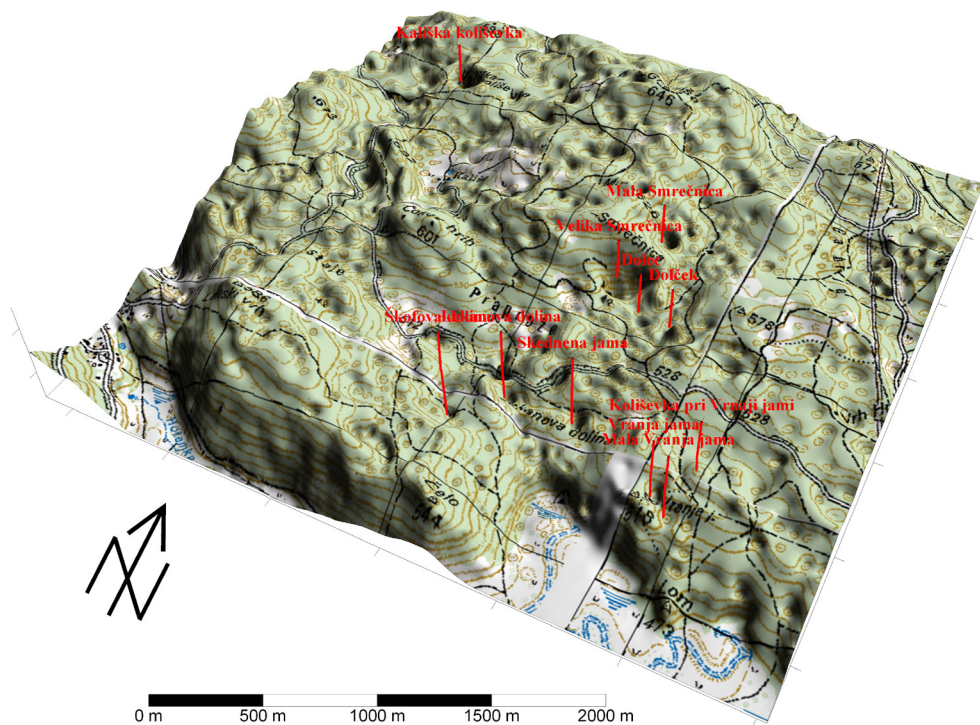
Hidrološko je to območje ponorno zaledje severnega dela Planinskega polja in dela Hotenjskega podolja. Unica, ki delno ponira na severnem delu Planinskega polja, se podzemsko pretaka pod območjem. Zasledimo jo lahko v več jamah v zaledju ponorov in nato še v jami Gradišnica (Habič, 1985).

Na območju Lanskega vrha se nahaja 11 večjih udornic. Sedem udornic leži v okolici Najdene jame, ki je najdaljša raziskana jama na tem območju, ali nad njenimi predvidenimi nadaljevanji. Dve udornici se nahajata zahodno od Najdene jame, ena pa na severozahodnem delu območja v bližini flišne zaplate pri Kališah. Skupna prostornina vseh obravnavanih udornic je 1,6 Mm³. Večina udornic na območju ima stenasta pobočja, pod njimi pa se nahajajo melišča in podorni bloki. Dna imajo zapolnjena z ilovnatim materialom. Nekatere manjše udornice imajo uravnotežena pobočja, dna pa zapolnjuje ilovnat material.

Preglednica 16: Udornice na Lanskem vrhu

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Kališka koliševka	531	85	32	355.394
Škofova dolina	488	61	22	129.645
Lekanova dolina	475	57	25	128.710
Velika Smrečnica	492	88	51	607.334
Mala Smrečnica	525	54	33	147.489
Skednena jama	450	61	40	75.031
Dolec	514	29	19	24.020
Dolček	508	40	32	80.425
Vranja jama	475	33	28	14.523
Mala Vranja jama	485	43	15	43.061
Koliševka pri Vranji jami	494	51	13	50.571

Slika 54: Udornice na Lanskem vrhu



4.4.5 UDORNICE NA LOGAŠKEM RAVNIKU

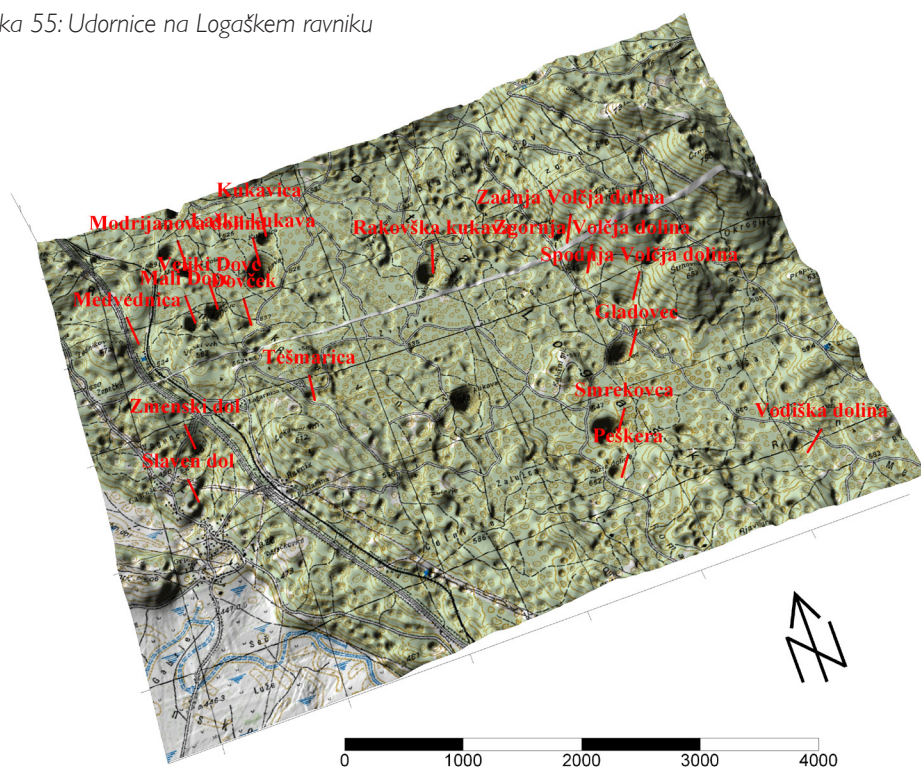
Logaški ravniki obsega relativno uravnano kraško območje med Pokojiško planoto na vzhodu, Lanskim vrhom in Planinskim poljem na zahodu ter Begunjskim ravnikom na jugu.

Območje večinoma gradijo spodnjekredni apnenci s prevladujočim vpadom skladov okoli 20 stopinj proti zahodu (Pleničar, 1963).

Predvidoma se tod podzemsko pretakajo vode, ki ponirajo v porečju Cerkniščice ter Cerkniškega polja, ter vode, ki ponirajo na severovzhodnem obrobju Planinskega polja, in odteka v smeri Ljubljanskega barja (Gams, 1963). Habič (1985) je predvideval, da je višina piezometričnega nivoja na tem območju med 350 in 400 metri nadmorske višine, novejša odkritja jam pa kažejo, da je nihanje poplavne vode večje, saj v Vetrovni luknji pri Laški kukavi segajo poplavne vode do nadmorske višine okoli 420 metrov.

Udornice na Logaškem ravniku delim v dve večji skupini zgostitev udornic. Največja skupina udornic se pojavlja v zahodnem delu Logaškega ravnika, severno od Slaven dola, ki leži tik ob Planinskem polju. Druga večja skupina se nahaja na vzhodnem delu Ravnika v liniji med Kozjo dolino in Zgornjo Volčjo dolino. Med obema zgostitvama udornic ležita dve veliki udornici – Rakovska kukava in Ivanjska kukava.

Slika 55: Udornice na Logaškem ravniku



V zahodni skupini prevladujeta dva tipa udornic. Udornice v južnem in zahodnem delu skupine imajo blaga, uravnotežena pobočja in manjše uravnave v dneh. Zaradi nenavadne oblike ali lege ob poznanem jamskem sistemu sem podrobneje proučil Slaven dol, Šeničen dol in Dolgo dolino. Drugi tip udornic v tej skupini ima strma pobočja, ki so ponekod uravnotežena, mestoma z aktivnimi pobočnimi procesi in delno tudi stenasta. Dna udornic so skalnata, nekatere imajo manjšo ilovnato uravnavo. Največja med njimi je Laška kukava. V vzhodni skupini udornic, ki so razporejene v liniji, ki poteka v smeri sever–jug, se nahaja šest udornic. Vse udornice imajo strma pobočja z aktivnimi pobočnimi procesi in prav v vseh udornicah se pojavljajo tudi stene. Dna udornic so uravnana z ilovnatim materialom. Večjih jamskih sistemov ali podzemskih tokov v tem delu Logaškega ravnika ne poznamo.

Preglednica 17: Udornice na Logaškem ravniku

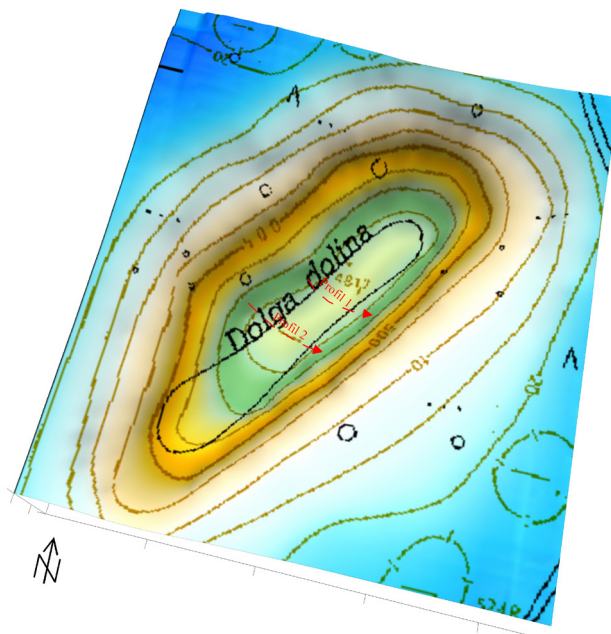
Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Medvednica	506	63	24	149.628
Slaven dol	445	70	20	153.938
Šeničen dol	475	73	15	126.423
Mali Dovc	496,5	72	47	380.068
Modrijanova dolina	490	76	30	272.188
Veliki Dovc	478,8	99	47	719.933
Dovček	509	50	16	62.205
Laška kukava	436,5	138	86	2.572.625
Tešmarica	531	52	22	90.444
Kukavica	493,8	68	30	215.848
Rakovška kukava	467	113	61	1.218.854
Peškera	523	65	35	227.205
Smrekovca	463	131	85	2.277.819
Zadnja Volčja dolina	548	87	34	399.605
Zgornja Volčja dolina	516	97	37	533.909
Gladovec	498	129	45	1.163.213
Spodnja Volčja dolina	524	81	31	319.486
Vodiška dolina	540	75	23	198.804

Tipična udornica Logaškega ravnika je Dolga dolina, ki leži v njegovem severozahodnem delu, okoli en kilometer jugozahodno od Oblega vrha. Daljši premer udornice je 283 metrov, krajši pa 161 metrov, povprečna globina je 46 metrov. Prostornina je 0,75 Mm³. Udornica je razpotegnjena v smeri severovzhod–jugozahod. Pobočja ob obodu so uravnotežena in delno zakrasela. Osrednji del pobočij ima večji naklon, na njih pa so prisotni procesi polzenja kamninskih blokov in prepereline proti dnu. V severovzhodnem delu udornice je pobočje v spodnjem delu bolj aktivno, saj je tu večja količina akumuliranih podornih blokov in manjše

melišče. Celotno jugozahodno pobočje prekriva ilovnat material s prodniki oolitnega boksita. Dno udornice prekriva ilovnat material, v katerem so vidne tudi manjše kotanje, kjer voda spira ilovnat material v podzemlje. Ilovnat material je polnilo razpadle jame v pobočju udornice. Glede na oblikovanost udornice bi lahko sklepali, da je morda nastala iz jamskega rova, ki je potekal v smeri razpotegnjenosti udornice in je bil zapolnjen z ilovnatim materialom. Sediment je bil nato spran, nastala pa je večja kotanja.

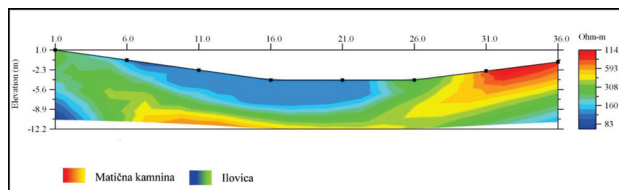
Slika 56:

Dolga dolina z označenimi
smermi geoelektričnih profilov



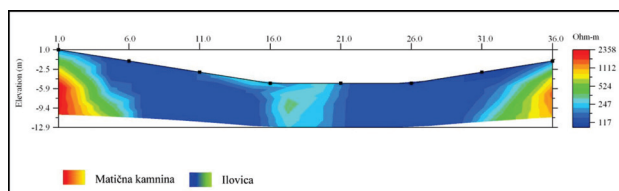
Slika 57:

Geoelektrični profil 1
preko Dolge doline



Slika 58:

Geoelektrični profil 2
preko Dolge doline



4.4.6 UDORNICE NA BEGUNJSKEM RAVNIKU

Begunjski ravniki obsega jugovzhodni del obsežnega ravnika, ki se razprostira od Logaškega polja do porečja Cerknjščice; v severozahodnem delu ga imenujemo Logaški ravniki, v jugovzhodnem delu pa Begunjski ravniki. Na zahodu ga omejuje greben nad Rakovško-Unškim poljem, na jugu Cerknjško polje in na vzhodu porečje Cerknjščice.

Na južnem in vzhodnem delu območja prevladujejo triasni in jurski dolomiti, ki proti severozahodu preidejo v apnenice. Prevladujoč vpad skladov je med 15 in 20 stopinjami proti zahodu (Buser, 1963).

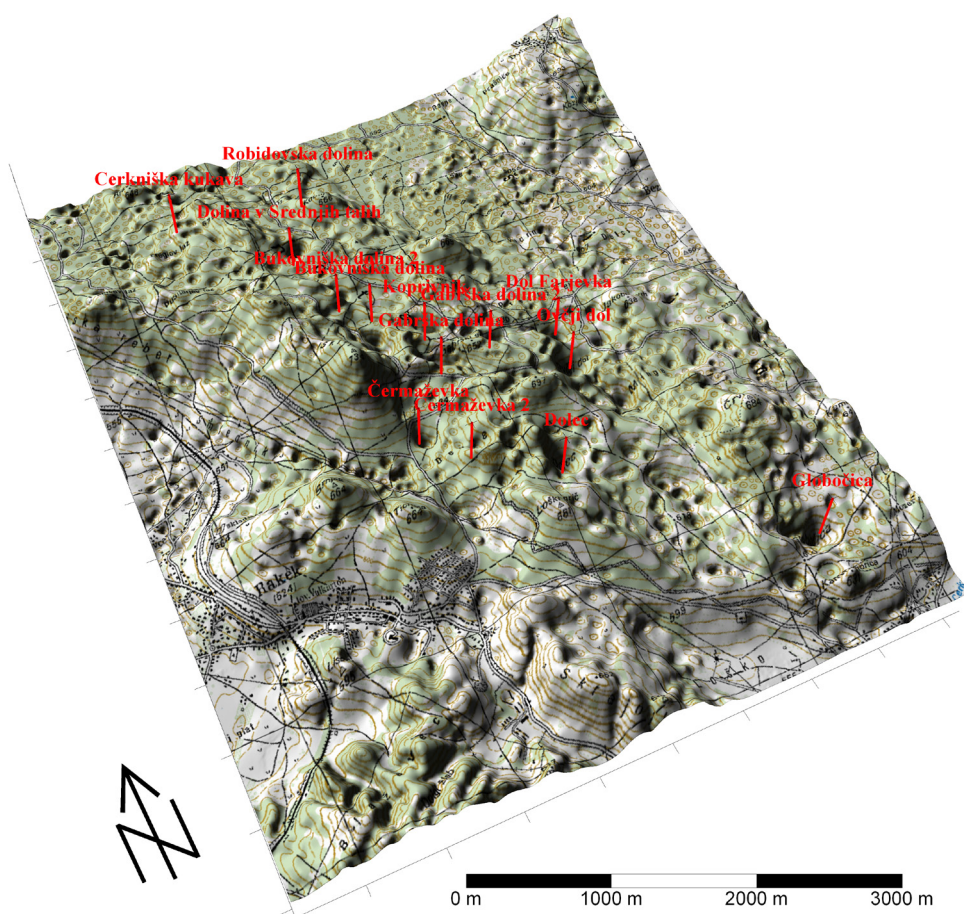
Hidrološko je to območje neraziskano in v njem ne poznamo večjih vodnih jam, po katerih bi ugotovili smer pretoka podzemnih vod. Predvidoma se pod območjem pretakajo vode, ki ponirajo v ponorih pri Dolenjem jezeru na Cerknjškem polju, ter vode, ki ponirajo v strugi Cerknjščice pri Begunjah (Jenko, 1956). Pred oblikovanjem vršaja Cerknjščice na Cerknjškem polju pa naj bi večina vod iz Cerknjškega polja ponirala v območju na skrajnem severozahodu polja, ki je v bližini udornic (Šušteršič, 2003).

Vzhodni in južni del območja je dolomiten, kar se kaže tudi v obliki udornic. Udornice v dolomitu so redkost na slovenskem krasu, saj se pojavljajo le tu in južno od Kočevja. Udornice na dolomitu so povsem blagih oblik, brez skalnih čokov ali sten, pobočja imajo navadno manjše naklone, v dneh pa so manjše preperelinske uravnave. Udornice na severozahodnem delu območja ležijo na spodnjekjurskih apnencih. Te udornice imajo večino pobočij uravnateženih, mestoma stenastih, v dneh imajo manjše ilovnate uravnave. Na območju je 14 večjih udornic. Najprostornejša med njimi je udornica Dolec, ki ima prostornino 1,8 Mm³ in leži na dolomitih jurske starosti.

Preglednica 18: Udornice na Begunjskem ravniku

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Cerknjška kukava	622	43	28	79.443
Dolina v Srednjih talih	625	126	23	558.880
Bukovniška dolina 2	625	74	20	169.717
Čermaževka	584	91	34	435.760
Robidovska dolina	590	90	28	351.841
Bukovniška dolina	620	70	20	151.747
Čermaževka 2	622	85	21	234.025
Gabrška dolina	605	120	28	624.630
Koprivnik	600	106	38	664.981
Dolec	591	143	57	1.821.200
Gabrška dolina 2	613	59	12	65.615
Ovčji dol	567	114	33	673.664
Dol Farjevka	572	89	28	350.344
Globočica	560	127	38	942.610

Slika 59: Udornice na Begunjskem ravniku



4.4.7 UDORNICE MED PIVŠKO KOTLINO IN PLANINSKIM POLJEM

Območje v ponornem zaledju Postojnske kotline, kjer ponira Pivka in podzemsko odteka proti Planinskemu polju, je edini primer kontaktnega krasa med eocenskimi fliši in krednimi apnenci v porečju Ljubljane. Območje Postojnske kotline gradijo eocenski fliši, območje do Planinskega polja pa zgornjekredni apnenci s prevladujočim vpadom skladov med 15 in 20 stopinjami proti zahodu ali severozahodu (Pleničar, 1963; Gospodarič, 1964; Čar, 1984).

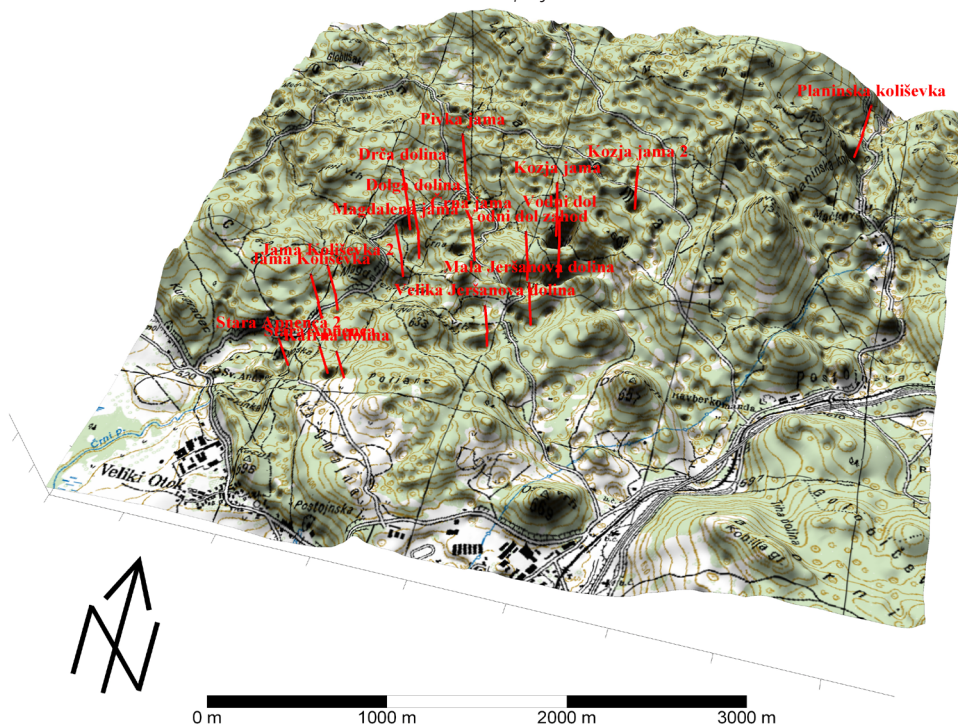
Vode se od Postojnske kotline do Planinskega polja pretakajo podzemsko. V zaledju ponorov Pivke je Postojnski jamski sistem, kjer prevladujejo epifreatični rovi z vmesnimi sifoni. Planinska jama, v kateri se združijo vode obeh rokavov podzemne Ljubljane, ima prav tako epifreatične rove. Povprečni letni pretok podzemne Pivke je okoli 10,4 m³/s (Gospodarič, 1976).

Večina udornic med Postojnsko kotlino in Planinskim poljem leži nad rovi Postojnskega jamskega sistema ali Planinske jame. Največ udornic je razporejenih nad danes neaktivnimi jamskimi rovi. Nekaj jih je tudi nad danes aktivnimi rovi. Tako lahko na površju ter v podzemlju spremljamo recentni razvoj udornic ter vplive oblikovanja udornic na razvoj jamskega sistema. Razvoj Stare apnenice in vpliv Planinske koliševke na razvoj Planinske jame sta podrobneje obdelala Gospodarič (1976) ter Šušteršič (2003), geološke značilnosti Velike Jeršanove doline pa sta podrobno proučila Čar in Šebela (2000). Udornice nad Postojnsko jamo in sedimentacijo v njih je podrobneje obdelal Stepišnik (2001, 2003). Planinsko jamo in vpliv Planinske koliševke na njeno preoblikovanje je podrobneje proučil Gospodarič (1976). Na območju se nahaja 17 večjih udornic. Vse so nad Postojnskim jamskim sistemom ali njegovimi domnevnimi nadaljevanji, medtem ko je le Planinska koliševka nad Planinsko jamo oziroma nad njenim domnevnim nadaljevanjem. Udornice na tem območju lahko delimo v tri skupine:

- udornice z aktivnim spodjedanjem materiala v njihovih dneh;
- udornice s strmimi in stenastimi pobočji, a brez vidnih znakov spodjedanja materiala;
- udornice z blagimi in pretežno uravnoteženimi pobočji, kjer spodjedanje ni več prisotno.

Udornice s spodjedanjem v njihovih dneh so razporejene le nad aktivnimi deli podzemeljske Pivke. Te udornice so udornica severno od Jame koliševke, Pivka jama, Kozja jama, Črna jama in Planinska koliševka. Skupne značilnosti teh udornic so strma pobočja z velikim deležem stenastih pobočij. Pod pobočji so navadno melišča. Posebnost je le Pivka jama, ki ima v dnu aktiven vodni

Slika 60: Udornice med Pivško kotlino in Planinskim poljem



rov podzemeljske Pivke, ki sproti odnaša pobočni material. Ostale udornice imajo v dnu grušč in podorni material. Vse te udornice, razen Planinske koliševke, ležijo nad aktivnimi jamskimi rovi.

Udornice s strmimi stenastimi pobočji, ki ne kažejo oblik recentnega spodjedanja materiala, so Stara apnenca, Jama Koliševka, Drča dolina, Zahodni Vodni dol in Vodni dol. Vse te udornice so v bližini recentnih vodnih tokov ali nad domnevnimi deli jame, ki so pod piezometričnim nivojem. V pobočjih teh udornic delujejo pobočni procesi, ohranjene so tudi manjše stene. Dna teh udornic so uravnana z ilovnatim materialom, kar priča o odsotnosti recentnega spodjedanja pod njimi.

V tretjo skupino udornic spadajo Dolga dolina, Magdalena jama, Velika Jeršanova dolina in Mala Jeršanova dolina. Te udornice imajo popolnoma uravnotežena pobočja, kjer so pobočni procesi polzenja tal prisotni le izjemoma. Ležijo nad neaktivnimi jamskimi rovi oziroma njihovimi predvidenimi nadaljevanji.

Podrobneje so bile proučene tudi ilovnate uravnave, ki zapolnjujejo dna nekaterih udornic. Ilavnate uravnave se pojavljajo na isti nadmorski višini v več udornicah hkrati, kar je posledica sedimentacije lebdečega tovara iz poplavne vode, ki ob visokih vodostajih zapolni udornice. Hkrati se ilovnat material odlaga iz stoječe vode tudi v jamskih rovih (v neaktivnih delih rorov se ilovnato polnilo tudi ohrani), kar povzroča oblikovanje ilovnatih nivojev na isti nadmorski višini, kot so z ilovico uravnana dna udornic (Stepišnik 2001, 2003).

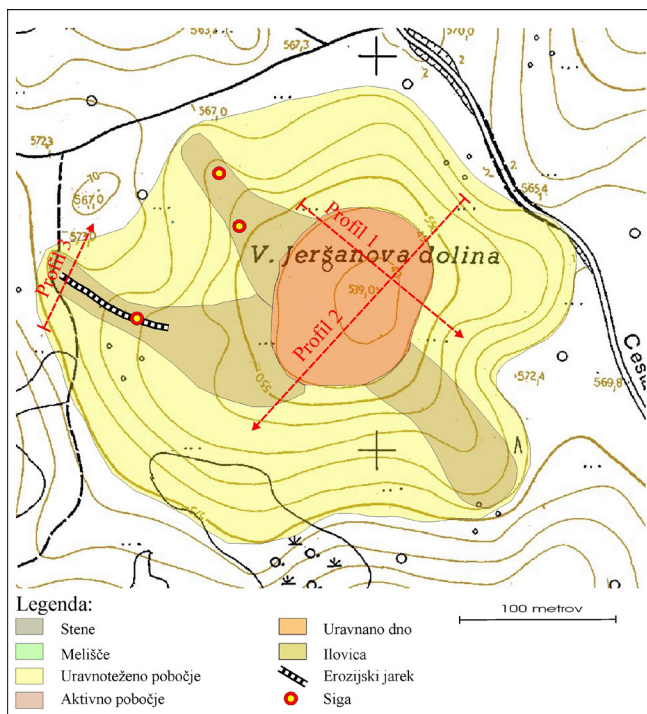
Preglednica 19: Udornice med Pivško kotlino in Planinskim poljem

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Stara Apnenca 2	545	51	20	81.713
Jama koliševka	553	26	12	12.257
Jama koliševka 2	535	39	28	65.702
Stara Apnenca	553	63	40	248.221
Drča dolina	529	54	26	116.896
Kafra dolina	580	13	20	5.309
Magdalena jama	530	75	28	244.605
Dolga dolina	522	129	33	859.267
Pivka jama	485	28	65	81.484
Črna jama	540	41	24	62.052
Velika Jeršanova dolina	539	139	33	986.354
Vodni dol zahod	521	96	27	392.903
Kozja jama	502	95	66	923.676
Mala Jeršanova dolina	539	104	23	382.269
Vodni dol	495	171	58	2.648.798
Kozja jama 2	577	68	28	204.872
Planinska koliševka	630	83	55	588.018

Najbolj podrobno proučena udornica na tem območju je Velika Jeršanova dolina, ki leži nad zaključkom Pisanega rova Postojnske jame. Podrobno sta jo proučila Čar in Šebela (2000) ter zaključila, da njena morfologija ne odgovarja tipični udornici. Menim, da gre za udornico v pozni fazi razvoja z blagimi, uravnoteženimi pobočji, z zelo zaobljenim prehodom okolice v pobočja in obsežnim, ravnim in zasedimentiranim dnom. Njen obod je na višini od 575 do 565 metrov, dno pa na višini 539 metrov. Globina je torej od 25 do 30 metrov. Daljši premer udornice meri 297 metrov, krajši premer pa 259 metrov. Prostornina udornice je $0,98 \text{ Mm}^3$.

Čar in Šebela (2000) ugotavljata, da je udornica genetsko vezana na tektonsko-strukturne elemente, zaradi česar ima zelo nepravilno obliko zunanega roba. Deformacija v severozahodnem pobočju udornice, ki sta jo Čar in Šebela (2000) imela za nepravilno obliko zunanega roba, vezano na tektonsko-strukturne elemente, je pravzaprav razpadel jamski rov v pobočju (Stepišnik, 2001). Zapolnjen je bil z ilovnatim materialom, kremenovimi prodniki in koščki sige. Južno od udornice se končuje Pisani rov Postojnske jame. Ta je na višini okoli 539 metrov, tako kot vsi rovi, ki so nastali v prvi fazi razvoja Postojnske jame po Gamsu (1965). Nivo sedimentacije ilovnatnega materiala je bil v jamah enak kot v udornici. Z izdelavo geomorfološke karte udornice in geoelektričnih profilov v njenem dnu in na pobočjih, se je izkazalo, da je sestava dna izredno homogena. Dno udornice zapolnjuje dobro prevoden ilovnat sediment do globine 25 metrov, potem se nadaljuje manj prevodna, živoskalna podlaga. Geoelektrični profil v zahodnem pobočju (profil 3) tik pod obodom reže deformacijo, ki je bila opisana kot tektonsko-strukturna deformacija (Čar, 2000). Dno jarka je zapolnjeno z ilovnatim

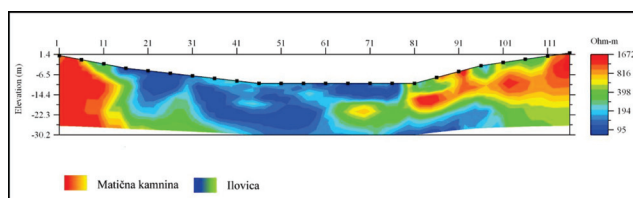
Slika 61:
Geomorfološka karta Velike
Jeršanove doline z označenimi
smerni geoelektričnih profilov



sedimentom do globine 10 metrov. Globlje prevodnost tal rahlo upade, kar kaže na bolj prevodno zdrobljeno matično kamnino ali pa kombinacijo pretrte kamnine in ilovice. Pobočja jarka sestavlja slabo prevodna matična kamnina. Kljub temu, da v jarku ni najti kosov sige, je morda tudi ta deformacija v pobočju razpadel jamski rov, saj je do globine 9 metrov zapolnjen z ilovnatim materialom. Morda pa je deformacija res tektonsko-strukturno pogojena in je ilovnato polnilo v njej presedimentiran ilovnat material v terciarni legi (Geršl, 1999). Mogoče je tudi, da so jamski rovi, ki deformirajo pobočja udornice, nastali ob tektonskih deformacijah kamnine, kar pa pomeni, da so deformacije udornice le posredno tektonsko pogojene.

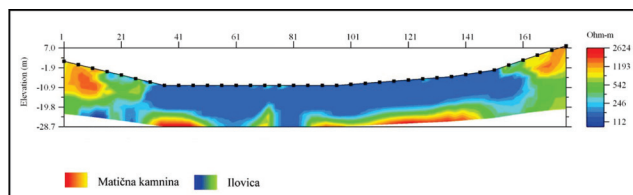
Slika 62:

Geoelektrični profil 1
preko Velike Jeršanove doline



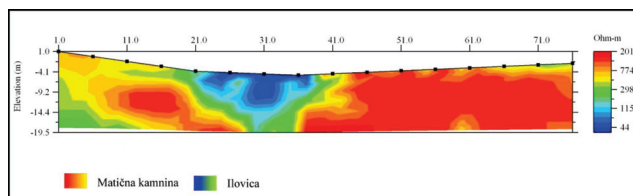
Slika 63:

Geoelektrični profil 2
preko Velike Jeršanove doline



Slika 64:

Geoelektrični profil 3
preko Velike Jeršanove doline



4.4.8 UDORNICE MED CERKNIŠKIM IN PLANINSKIM POLJEM

Območje leži med Cerkniškim in Planinskim poljem ter Rakovsko-Unškim poljem na severu in Javorniki na jugu. Na območju je tudi Rakov Škocjan, ki je kraška dolina s površinskim vodnim tokom.

Na območju prevladujejo spodnjekredni apnenci z vpadom skladov med 10 in 30 stopinjami pretežno proti zahodu (Buser, 1963). Vodni tokovi tečejo podzemsko od Cerkniškega proti Planinskemu polju. Vode ponikajo na zahodnem delu Cerkniškega polja v množico ponorov, med katerimi izstopata ponorni jami Velika in Mala Karlovica (Gams, 1965). Sistem Male in Velike Karlovice sestavljajo rovi tunelskega tipa z vmesnimi sifoni, ki prevajajo vodo v smeri Rakovega Škocjana (Žalec, 1997). Jamski sistem obeh Karlovic je pod udornico Šujico prekinjen. Tunelski rovi se nadaljujejo v Zelške jame, iz

katerih izvira potok Rak v Rakovem Škocjanu. Rak delno ponira v manjših ponorih pri Farjevki, večina vod pa teče v ponorno Tkalco jamo. Voda se ponovno pojavi v izvirih Škratovka in Malni na Planinskem polju ter v Planinski jami, kjer se združi s podzemeljsko Pivko in priteče na Planinsko polje. V pretočni vodonosnik med obema poljema se stekajo tudi vode iz Javornikov (Gospodarič, 1979; Kranjc, 1986).

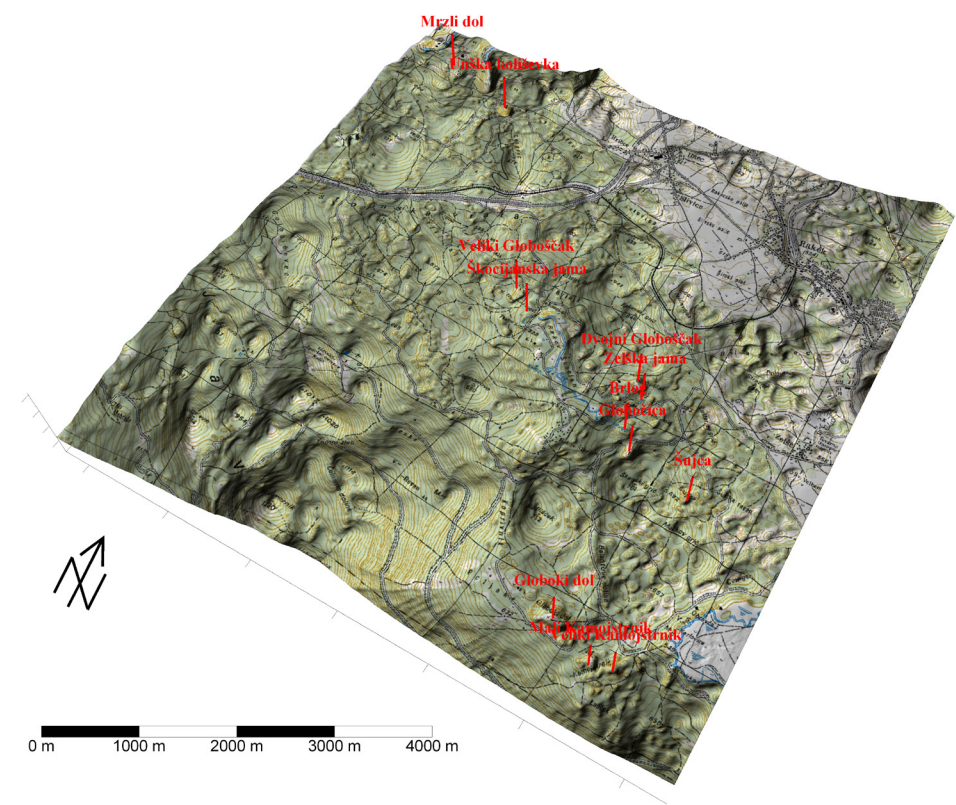
Na območju je 12 večjih udornic. Največja gostota udornic je okoli doline Rakov Škocjan. Udornice so v zaledju ponorov na Cerkniškem jezeru, kjer so poleg skupine manjših udorov v bližini Karlovic nahajajo tudi tri večje udornice jugozahodno od Jamskega zaliva. To so Veliki Kamojstrnik, v bližino katerega vodi Javorniški rokav Male Karlovice, Mali Kamojstrnik ter Globoki dol. Globoki dol je največja udornica na celotnem območju med Cerkniškim in Planinskim poljem, saj ima prostornino 2,2 Mm³. Pri vseh treh udornicah prevladujejo stenasta pobočja, pod katerimi so navadno melišča ali drugi aktivni pobočni procesi. Dna udornic so uravnana z ilovnatim sedimentom, zato lahko trdimo, da se je spodjedanje pod njimi zaključilo.

Najzahodnejša udornica je Globoki dol in ima uravnano dno na nadmorski višini 559 metrov, Mali Kamojstrnik na 554 metrih, najvzhodnejši Veliki Kamojstrnik pa na 549 metrih. Ponori Male in Velike Karlovice na Cerkniškem polju so na nadmorski višini 547 in 548 metrov, kar je nižje od uravnanih dnov udornic. Ker so uravnana ilovnata dna udornic posledica odlaganja lebdečega tovara iz stoječe poplavne vode, ki je segala vsaj do nivoja recentne ilovnate uravnave v udornici, je moral biti v tej višini nivo poplav. Zaradi bližine Cerkniškega polja je moral biti nivo vezan na poplave na njem, kar pomeni, da so poplave na celotnem Cerkniškem polju segale vsaj do kote 559 metrov, kar je vsaj 14 metrov nad dnom polja. Povezavo jamskega sistema Karlovic z Zelškimi jamami prekinja udornica Šujica. Udornica ima vsa pobočja stenasta, pod njimi pa so melišča, ki segajo do dna. Spodjedanje v dnu udornice še vedno deluje.

V bližini izvira Raka v Rakovem Škocjanu iz Zelških jam leži večje število manjših udornic, ki so večinoma razporejene nad Zelškimi jamami ali višjimi neaktivnimi rovi. Med njimi ima največjo prostornino udornica Zelška jama z 0,43 Mm³. V spodnjih delih nekaterih udornic se odpirajo jamski rovi Zelških jam z vodnim tokom Raka. Spodjedanje v teh udornicah je, saj vodni tok sproti erodira pobočni material udornic. Te udornice imajo večino pobočij stenastih, v dnu pa je rečna struga z rečnimi nanosi. V manjših udornicah, ki ne ležijo nad aktivnimi deli Zelških jam, se v dnu kopiči podorni material, hkrati pa tudi pobočja niso povsem stenasta. V območju izvirnega dela Rakovega Škocjana ležijo tri večje udornice. Najsevernejša udornica Dvojni Globoščak leži v predvidenem neaktivnem nadaljevanju Zelških jam. Na jugu, kjer je neaktivni Blatni rov Zelških jam in Anžetove jame, ležita udornici Brlog in Globočica. Ob ponornem delu Rakovega Škocjana ležita udornici Škocjanska jama, po dnu katere teče potok Rak od velikega naravnega mosta do Tkalce jame, in Veliki Globoščak, ki leži severno od Tkalce jame. Obe udornici sta v tlorisu močno razpoteženi, kar je posledica oblikovanja obeh udornic nad jamskim sistemom, ki leži plitvo pod površjem. Rušenje stropa nad jamskim rovom in sprotno odnašanje materiala v jami je preslikalo obliko jamskega rova na površje, zato sta ti dve udornici podolgovatih oblik. Rak podzemsko odteka v več smereh proti Planinskemu polju. Večji del se v Planinski jami združi s podzemeljskim tokom Pivke in pod skupnim imenom Unica teče preko Planinskega polja. Nad podzemskim tokom Raka v smeri Planinskega polja ležita dve udornici: Unška koliševka in Mrzli dol.

Preglednica 20: Udornice med Cerkniškim in Planinskim poljem

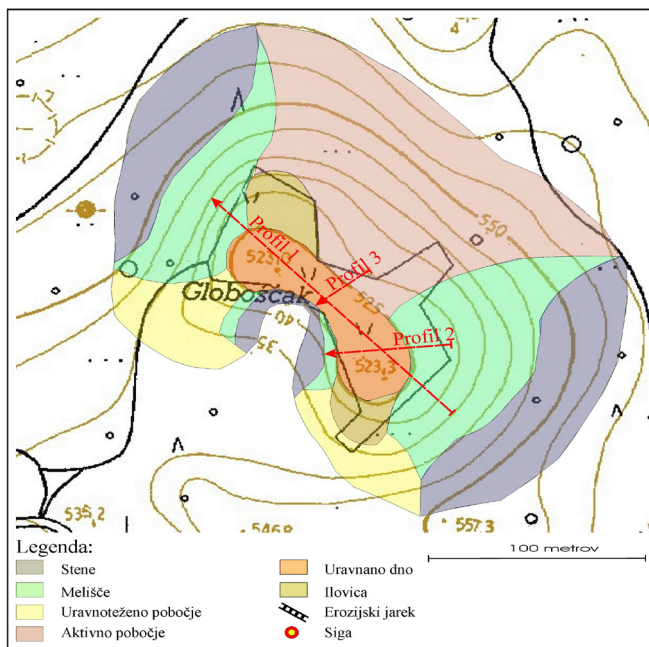
Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m³)
Mrzli dol	494,2	111	46	878.436
Unška koliševka	501	92	112	1.474.371
Veliki Globoščak	519	125	41	998.257
Škočjanska jama	497	74	41	346.018
Dvojni Globoščak	523	103	25	404.328
Zelška jama	532	35	23	43.002
Brlog	522	101	46	721.877
Globočica	580	118	43	921.689
Globoki dol	554,2	167	51	2.232.111
Mali Kamojstrnik	559,3	100	38	597.048
Šujca	583	76	47	426.427
Veliki Kamojstrnik	549,3	98	43	651.712



Podrobnejše analize geomorfoloških značilnosti in globin sedimentnih zapolnitev so bile opravljene v udornici Dvojni Globoščak. Udornica leži 200 metrov severno od izvirov Raka iz Zelških jam. Daljši premer Dvojnega Globoščaka je 257 metrov, krajši premer pa 153 metrov. Povprečna globina je 25 metrov, prostornina pa 0,4 Mm³. Udornica je po vsej verjetnosti nastala iz dveh udornic ali pa vsaj nad dvema večjima žariščema spodjedanja. Pobočja udornice so pretežno stenasta. V južnem in severnem

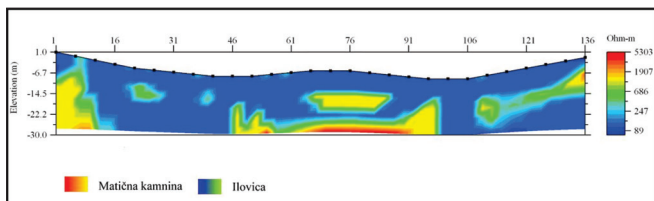
Slika 66:

Geomorfološka karta
Dvojnega Globoščaka
z označenimi smermi
geoelektričnih profilov



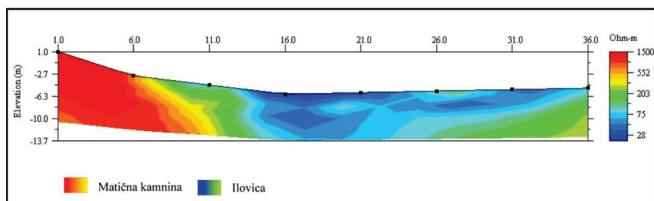
Slika 67:

Geoelektrični profil 1 preko
Dvojnega Globoščaka



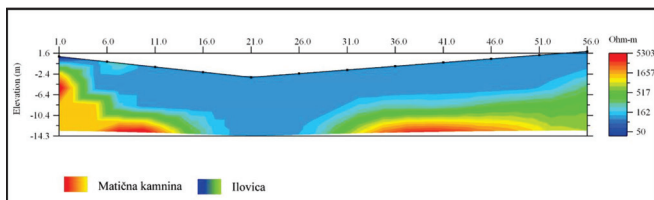
Slika 68:

Geoelektrični profil 2 preko
Dvojnega Globoščaka



Slika 69:

Geoelektrični profil 3 preko
Dvojnega Globoščaka



delu je nekaj prekinitev v ostenju. Pod stenami se nahajajo melišča, ki segajo do dna udornice. V dnu je ilovnata uravnava, ki je rahlo privzdignjena v osrednjem delu dna, ki ločuje severozahodni in jugovzhodni del udornice. Meritve profilov z metodo električne prevodnosti, ki sem jih opravil v dnu udornice, kažejo, da je globina ilovnatga materiala v dnu udornice vsaj 30 metrov. V osrednjem delu je živoskalno dno 22 metrov pod površjem udornice. Med ilovnatim materialom se vidi manj prevodna območja, ki se klinasto zaključujejo proti osrednjemu delu dna. Ta območja so melišča, ki so med fazami akumulacij ilovnatga materiala polzela proti dnu udornice.

4.4.9 UDORNICE MED LOŠKIM IN CERKNIŠKIM POLJEM

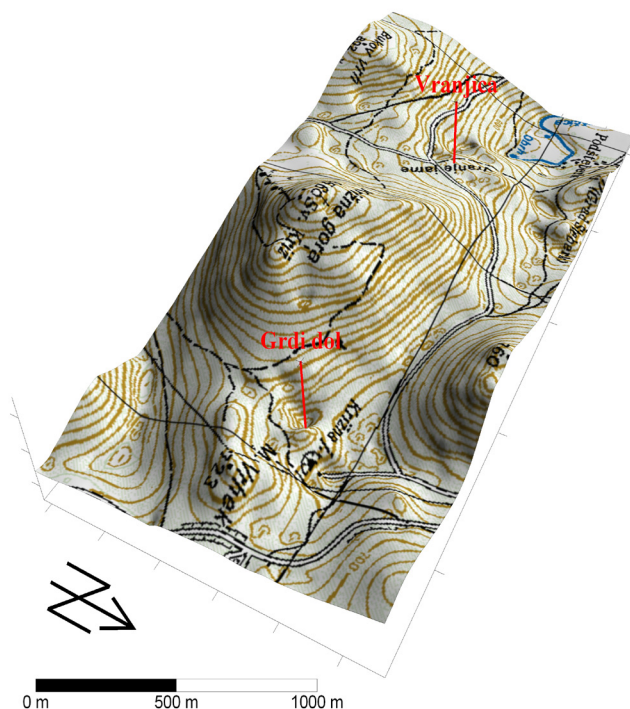
Na tem območju se vode podzemsko pretakajo od Loškega polja in Bloške planote proti Cerkniškemu polju. Udornice se nahajajo na severnem delu območja v bližini Križne jame in Nove Križne jame. Obe jami odvajata vodo od Bloške planote proti izvirom na vzhodnem delu Cerkniškega polja (Novak, 1969; Gospodarič, 1974).

Območje gradijo predvsem jurski apnenci. Udornici sta na območju, ki ga gradijo sivi bituminozni zrnati dolomiti s plastmi sivga gostega in oolitnega apnenca (Buser, 1963). Obe imata aktivna pobočja s stenami, pod njimi so podorni bloki in melišča. Dni imata zapolnjena z ilovnatim materialom.

Slika 70:

Udornice med

Cerkniškim in Loškim poljem



Preglednica 21: Udornice med Cerkniškim in Loškim poljem

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Vranjica	645	53	23	100.217
Grdi dol	638	90	37	470.768

4.5 UDORNICE V ZALEDJU IZVIROV KRKE

Hidrološko kraško zaledje izvirov Krke obsega območje severozahodnega Dolenjskega podolja, severnega dela Turjaške pokrajine ter območje v okolici Radenskega polja in Lučkega dola.

Geološko je območje pestro, saj ga gradijo različne mezozojske karbonatne kamnine, ki jih v območju Dolenjskega podolja prekrivajo več metrov debele gline, ki so po avtorju tolmača geološke karte Ribnica pliokvartarne starosti, nastale pa naj bi kot produkt preperevanja karbonatnih kamnin (Buser, 1965). Severno in južno od Grosupeljskega polja se nahaja tudi nekaj zaplat permokarbonskih skrilavih glinavcev.

Območje, severno od Dolenjskega podolja, tektonsko pripada posavskim gubam, južni del pa zahodnodolenjskim mezozojskim grudam. Za to ozemlje je značilno, da je razrezano s številnimi dinarsko usmerjenimi prelomi. Ob teh prelomih se je ozemlje stopničasto dvigalo oziroma ugrezalo, tako imamo danes nekakšno grudasto zgradbo. Večinoma je bilo ozemlje dvignjeno na jugozahodni strani prelomov. Prelomne ploskve vpadajo večinoma pod strmim kotom proti severovzhodu (Buser, 1965).

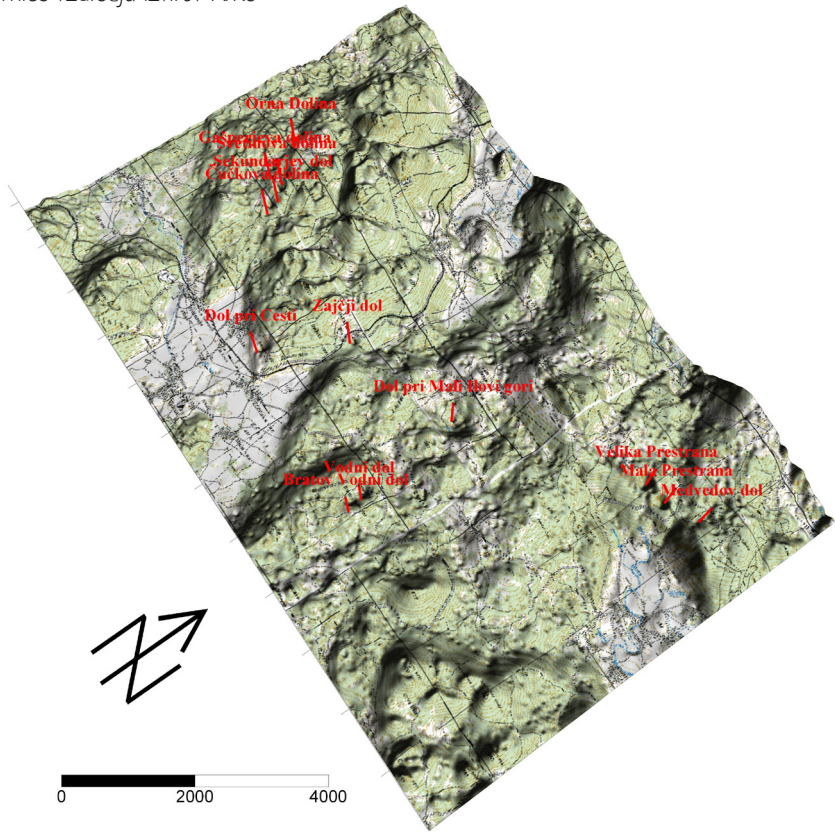
Na severnem delu območja se vode večinoma površinsko stekajo na Grosupeljsko polje, z Grosupeljskega polja pa na Radensko polje (Gospodarič, 1973). Površinske tokove na območju zaledja izvirov Krke najdemo tudi na območju, zahodno od Železnice pri Malikovcu ter v Lučkem dolu (Gams, 1962; Šifrer, 1967; Gams, 2004). Potok Malikovec in okoliški potoki se površinsko pretakajo preko velike plitve globeli, ki jo Gams (2004) opredeljuje kot uvalo, proti vzhodnemu najnižjemu delu, kjer ponikajo. Geološka zgradba globeli je pestra, saj se med triasnim dolomitom pojavljajo skrilavci in peščenjaki. Potok podzemsko odteka proti severu na Grosupeljsko polje (Gams, 2004). Vode iz Radenskega polja podzemsko odteka proti izvirom Krke. Tja odteka tudi vode iz Lučkega dola, ki ima dno na isti višini kot Radensko polje.

Udornice na tem območju se nahajajo v dveh skupinah. Največja skupina je v zaledju ponorov potoka Malikovec. Drugo skupino sestavljajo le tri udornice. Nahajajo se v bližini izvirov Krke iz Krške jame. Na območju se nahaja tudi nekaj posameznih udornic, ki ležijo južno od Radenskega polja. Največja globel med njimi je Dol pri Mali Ilovi gori. V to območje se zaradi nepoznatih podzemnih vodnih povezav uvrščata tudi udornici v bližini Hočevja.

Preglednica 22: Udornice v zaledju izvirov Krke

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m³)
Dol pri Cesti	442	84	35	387.924
Zajčji dol	420	78	24	223.146
Dol pri Mali Ilovi gori	361	336	72	12.698.444
Vodni dol	505	107	38	674.402
Bratov Vodni dol	537	97	31	453.105
Velika Prestrana	365	105	65	1.131.039
Mala Prestrana	352	90	63	801.577
Medvedov dol	407	83	18	193.610
Orna Dolina	505	71	27	213.796
Gašperjeva dolina	503	61	22	126.489
Svetinova dolina	518	116	40	834.897
Sekundarjev dol	525	92	33	436.361
Čučkova dolina	500	87	30	356.681

Slika 71: Udornice vzaledju izvirov Krke



4.5.1 UDORNICE PRI MALIKOVCU

Okoli dva kilometra jugovzhodno od ponora potoka Malikovca je skupina petih manjših udornic. Ležijo na spodnjekrednem temno sivem in tanko plastovitem bituminoznem apnencu.

Hidrološke značilnosti območja niso znane, saj v območju ni globljih jam, ki bi segale do piezometra, potok Malikovec, ki ponira v bližini, pa teče proti severu na Grosupeljsko polje. Južno od območja teče potok Rašica, ki navadno ponira pri Ponikvah in podzemsko odteka proti jugu (Meze, 1983). Udornice so nastale v povsem drugačnih hidroloških razmerah.

Po geomorfoloških značilnostih udornic lahko sklepamo, da so stare, saj imajo vse popolnoma uravnotežena pobočja, navadno prekrita s škrapljami. Dna udornic so zapolnjena s plastjo prepereline, ki pa ni uravnana.

4.5.2 UDORNICE V ZALEDJU IZVIROV KRKE

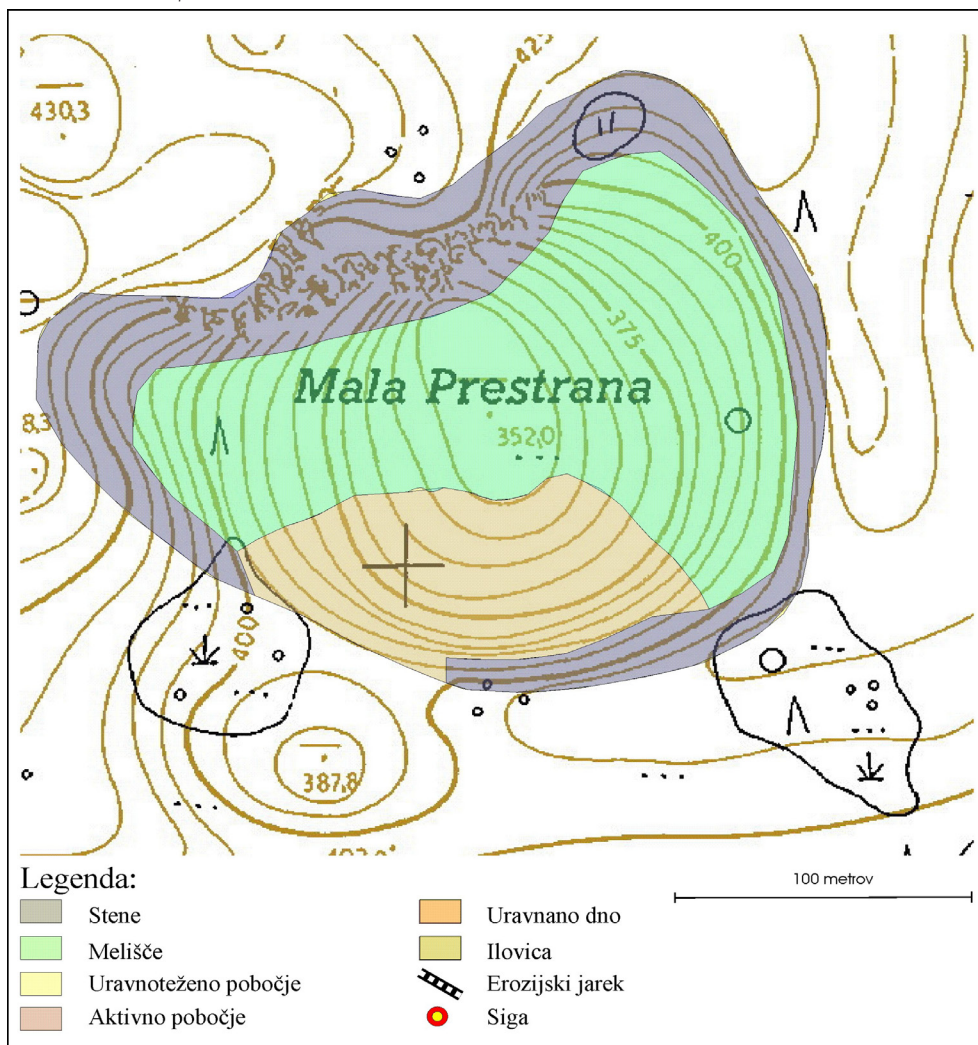
Krka izvira iz Krške jame v začetku velikega zatrepja. V bližini izvira Krke so tudi večji izviri Poltarice. Tukaj izvirajo vode, ki se zbirajo na okoli 120 km² velikem območju, iz severozahodnega dela Dolenjskega podolja, dela Turjaške pokrajine, južnega dela Posavskega hribovja in okolice Lučkega in Radenskega polja. Večina vod iz teh izvirov ponira na Radenskem polju in Lučkem dolu.

Območje udornic v zaledju izvirov Krke sestavljajo spodnje jurski svetlo sivi gosti apnenci. Udornice ležijo na zdrobljeni coni preloma, ki poteka v smeri jugozahod–severovzhod (Buser, 1965).

Na območju so tri udornice. Pobočja imajo različno oblikovana, vse pa imajo dna zapolnjena z ilovnatim materialom, ki ni uravnan.

Ena izmed udornic v zaledju izvirov Krke je Mala Prestrana, ki leži 520 metrov severozahodno od izvira Krke iz Krške jame. Leži v spodnejjurskih svetlo sivih gostih apnencih, ki se menjavajo z dolomitom. V njeni bližini sta še dve udornici. Južno od udornice poteka močnejši prelom v smeri jugozahod–severovzhod (Buser, 1965). Nahaja se v skupini treh udornic, ki ležijo ob istem prelomu. Daljši premer udornice je 220 metrov, krajši premer je 140 metrov. Povprečna globina je 63 metrov, prostornina pa 0,8 Mm³. Vsa pobočja udornice so v zgornjem delu stenasta. Pod njimi se nahaja melišče, ki sega do dna udornice. V dnu je lijakasta kotanja, ki priča o recentnem spodjedanju pod udornico. Ta udornica je edina v skupini treh udornic, ki ima v dnu vidne sledove aktivnega spodjedanja, ostali dve udornici imata v dnu zaplate ilovnatega materiala oziroma prepereline.

Slika 72: Geomorfološka karta Male Prestrane



4.6 UDORNICEV ZAHODNI SUHI KRAJINI

Suha krajina obsega območje med Dobrepoljsko planoto na zahodu, Temenico na vzhodu, Višnjanskim potokom ter Šentviško kotlino na severu in Rogom ter Sotesko na jugu. Zahodno od Krke se to območje imenuje zahodna Suha krajina. Območje je dobilo ime po dvojnosti med planotastim kraškim reliefom ter nizkim fluvialnim reliefom v dolini reke Temenice in Krke.

Med pomembnejše dosedanje raziskave Suhe krajine spada študija Melika (1931). Razvoj Suhe krajine razlaga s fluvialnim cikličnim uravnavanjem površja, ki naj bi na recentnem kraškem

površju pustilo številne terase oziroma nivoje ter suhe doline nekdanjih rek, ki naj bi z zakrasevanjem postopoma izginile v podzemlje. Tako je Melikova študija usmerjena predvsem v analizo predkraške rečne mreže na podlagi reliefnih oblik, ki naj bi se z zakrasevanjem ohranile iz predkraške fluvialne faze. Poleg tega je Melik v kasnejših študijah (1955) že v precejšni meri upošteval izsledke geologov in lastna spoznanja o geotektonski pogojenosti nekaterih reliefnih značilnosti. Tako tektoniki pripisuje oblikovanje Ribniške doline, Dobropolja, Globodola, Muljavsko-Stiškega podolja, reliefnega znižanja med Rašico in Krko ter znižanja na jugu Suhe krajine na meji s Kočevskim rogom. Habič (1986, 1988) pripisuje oblikovanost površja zahodne Suhe krajine tektoniki. Ugotavlja, da so ob tektonskih stopnjah strme kraške rebri v pogreznjenih jarkih podolja, kraški ravniki in uvale ter ob prelomnih conah so suhim dolinam podobna znižanja v reliefu. Strukturne oblike naj bi bile predvsem rezultat mlade tektonike. Uvale in ravniki naj bi nastali v višini nekdanjega piezometra, ki ga je kontrolirala reka Krka, preden se je vrezala med 150 in 200 metri.

Območje zahodne Suhe krajine gradijo predvsem jurski in kredni apnenci ter dolomiti. V manjših krpah se pojavljajo eocenske kamnine, predvsem lapor, peščenjak in apnenčeva breča. Tektonske deformacije potekajo predvsem v dinarski smeri, ob njih so oblikovane tudi glavne strukturne enote reliefa območja. Zmični prelomi so usmerjeni v smeri severovzhod–jugozahod. Ob njih so se prav tako oblikovala znižanja v reliefu (Buser, 1965).

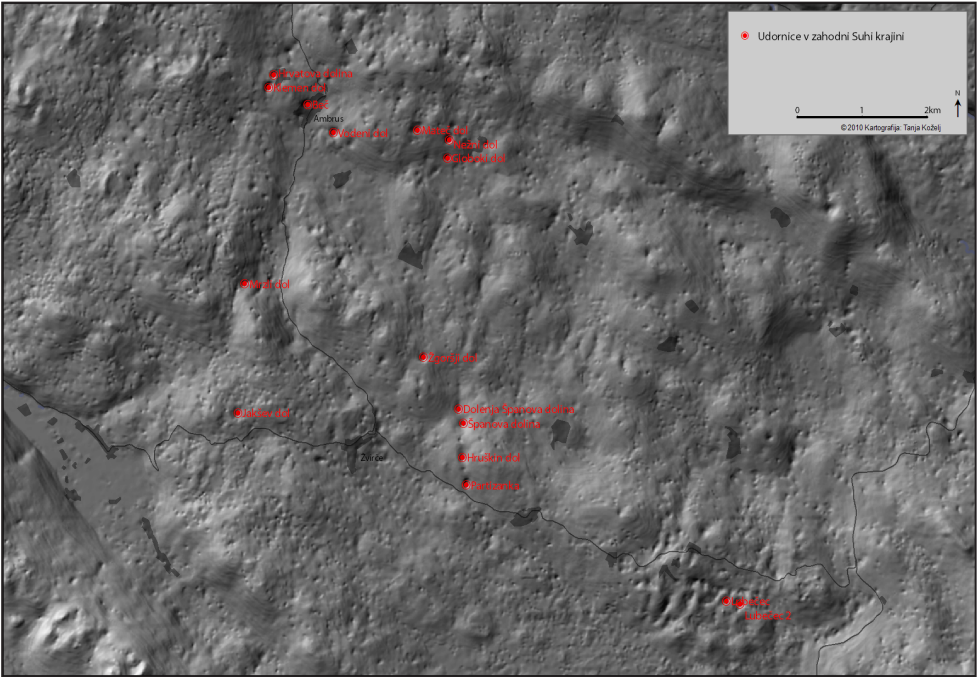
Na podlagi barvanj (Novak, 1970; Novak, 1974; Novak, 1991) so bile ugotovljene pretočne povezave med Ribniško-Kočevskim podoljem ter Dobropoljem in Krko. Smer recentnih vodnih tokov pod zahodno Suho krajino je v smeri zahod–vzhod. Tukaj ni večjih vodnih jam, z izjemo ponornih jam, tako da nimamo podatkov o glavnih pretočnih koridorjih (Kranjc, 1981; Kranjc, 1990). Večji izviri so Globočec, severno od Ambrusa, in izviri pri Žužemberku (Habič, 1988; Novak, 1991).

Udornice so razporejene po osrednjem delu zahodne Suhe krajine na območju, ki ga Habič (1988) opredeli kot Korinjska planota, in ne v bližini ponorov in izvirov, kot so navadno v drugih delih slovenskega pretočnega krasa. Na območju se nahaja 16 udornic. Vse udornice na območju imajo popolnoma uravnotežena pobočja, redko se pojavijo deli aktivnih pobočij. Dna imajo zapolnjena z ilovnatim materialom. Prostorsko so razporejene v več skupinah. Večja skupina udornic je v okolici Ambrusa in vasi Brezov Dol. Druga večja skupina udornic je vzhodno od Žvirč v okolici Kokošjega hriba. Nekaj posameznih udornic se nahaja tudi ob močnejših prelomih, ki potekajo v dinarski smeri, severozahodno od Žvirč (Buser, 1965). Udornice v okolici Ambrusa so razporejene na zgornjejurskem belem in svetlo sivem skladovitem apnencu. Udornice v okolici Brezovega Dola so v spodnjekrednih sivih znatih dolomitih. Udornice v okolici Žvirč so na spodnjekrednih svetlo sivih apnencih. Dve udornici ležita jugovzhodno od Hinj, na stiku eocenskih kamnin in zgornjekrednih debeloskladovitih apnencev (Buser, 1965). Pri teh dveh udornicah se na pobočjih nahajajo erozijski jarki, ki so se razvili na zaplatah ilovnatega materiala.

Preglednica 23: Udornice v zahodni Suhi krajini

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m³)
Klemen dol	367	82	31	324.109
Hrvatova dolina	375	60	23	127.235
Beč	328	80	30	298.423
Vodeni dol	343	79	30	291.032
Mateč dol	402	96	31	436.945
Globoki dol	335	52	25	107.209
Nežni dol	370	82	21	219.106
Jakšev dol	507	78	33	313.354
Mrzli dol	468	85	19	213.102
Žgoršji dol	437	102	33	534.030
Dolenja Španova dolina	395	112	23	453.194
Hruškin dol	460	136	39	1.137.254
Španova dolina	400	140	47	1.436.700
Partizanka	425	76	30	268.618
Lubečec	400	88	28	330.726
Lubečec 2	395	91	30	390.233

Slika 73: Udornice v zahodni Suhi krajini



4.7 UDORNICE JUŽNO INVZHODNO OD KOČEVSKEGA POLJA

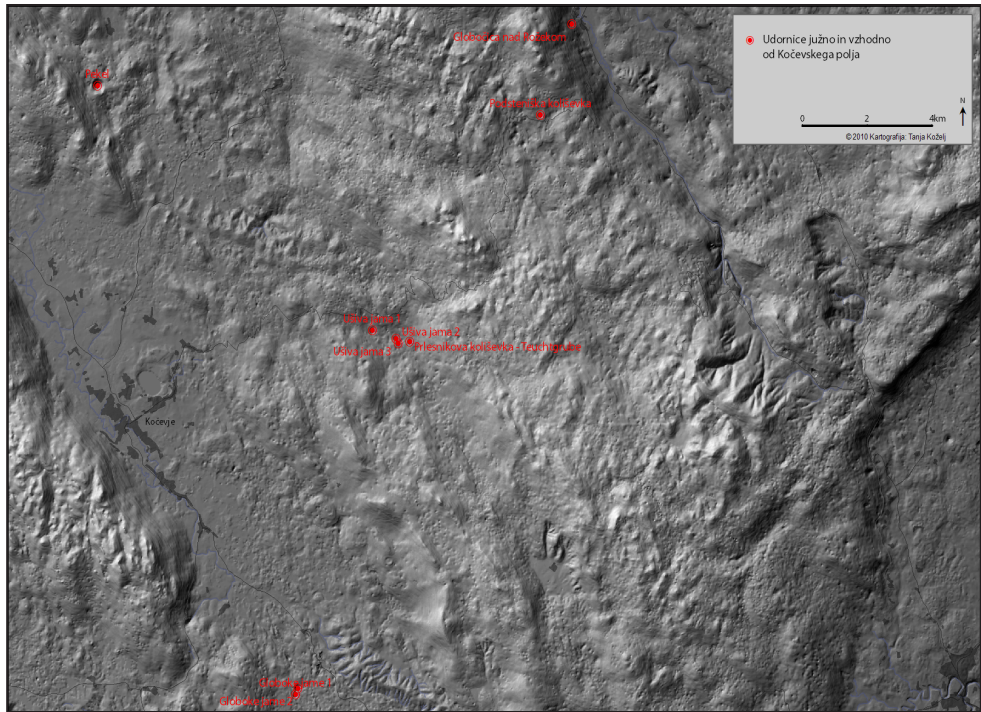
Zahodno od Kočevskega polja leži Kočevski rog in Kočevska Mala gora. Skupaj obsegata območje med Kočevskim poljem na vzhodu, Suho krajino na severu, dolino Krke, Črmošnjčice, Divjega potoka ter Belo krajino na vzhodu ter dolino Kolpe na jugu. Območje povečini sestavljajo apnenci kredne starosti. Na njih je nekaj manjših zaplat peščenjakov, laporjev in apnenčevih breč eocene starosti. Tektonska zgradba Roga je podobna kot v zahodni Suhi krajini. Strme kraške rebri so ob tektonskih stopnjah, v pogreznjenih jarkih so podolja, kraški ravniki in uvale, ob prelomnih conah pa so suhim dolinam podobna znižanja v reliefu (Habič, 1988). Tektonske deformacije potekajo predvsem v dinarski smeri, ob katerih so oblikovane tudi glavne strukturne enote reliefa območja. Med njimi izstopa jarek Poljanska dolina. Južno od kočevskega polja leži Mozelsko polje, ki ga gradijo triasni dolomiti.

Vode se na območju pretakajo podzemno, prevladujoča smer odtoka je zahod–vzhod. Vode ponirajo na Kočevskem polju in območju Šibja, ki ga gradijo paleocenski konglomerati, peščenjaki, laporji in gline. Šibje predstavlja razvodnico med vodami, ki podzemsko odteka na jug proti Kolpi, ter vodami, ki tečejo na vzhod proti izvirom v Beli krajini in porečju Krke. Razvodnica med zahodno Suho krajino in Rogom ni znana. Na območju ni globljih jam, ki bi segle do epifreatične cone in bi nam nakazovale lego pretočnih koridorjev (Habič, 1988).

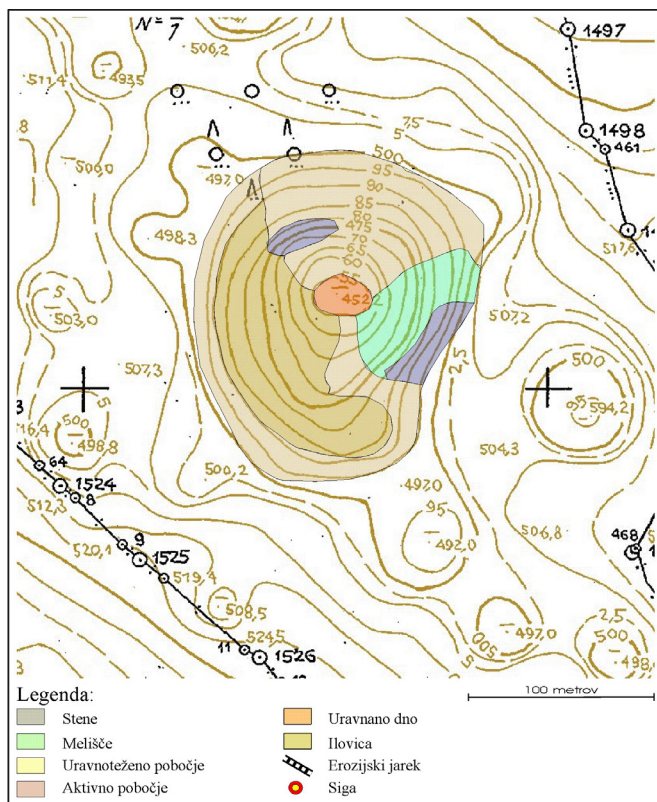
Udornice v Kočevskem rogu so razporejene na območju Ušivih jam, severno od Rajhenava, dve pa ležita na zahodni strani v zaledju izvirov Radešnice. Dve udornici sta na južnem delu Mozelskega polja. Udornice v Kočevskem rogu imajo povečini aktivna pobočja s stenami in melišči. Dna zapolnjujejo zaplate ilovice, ki imajo izvor v pobočjih. Globoki jami, ki sta udornici na Mozelskem polju, sta v triasnih dolomitih. Imata aktivna pobočja z aktivnimi procesi polzenja tal, saj dolomite prekriva plast prepereline. Dna zapolnjuje ilovnat material.

Preglednica 24: Udornice južno in vzhodno od Kočevskega polja

Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Pekel	415	199	103	6.344.023
Podsteniška koliševka	535	84	60	665.012
Globočica nad Rožekom	207	65	53	351.741
Ušiva jama 1	452	83	48	522.552
Ušiva jama 3	482	75	26	223.812
Ušiva jama 2	503	59	20	104.825
Prelesnikova koliševka– Teuchtgrube	483	60	45	251.642
Globoke jame 1	422	82	43	456.941
Globoke jame 2	414	93	51	692.877



Slika 75:
Geomorfološka karta
Ušive jame



4.8 UDORNICEV BELI KRAJINI

Bela krajina je območje med jugovzhodnim delom Kočevskega roga na zahodu, ki se v tem delu imenuje Poljanska gora, zahodnim delom Gorjancev na severu ter vrezanim kanjonom reke Kolpe na jugu in vzhodu.

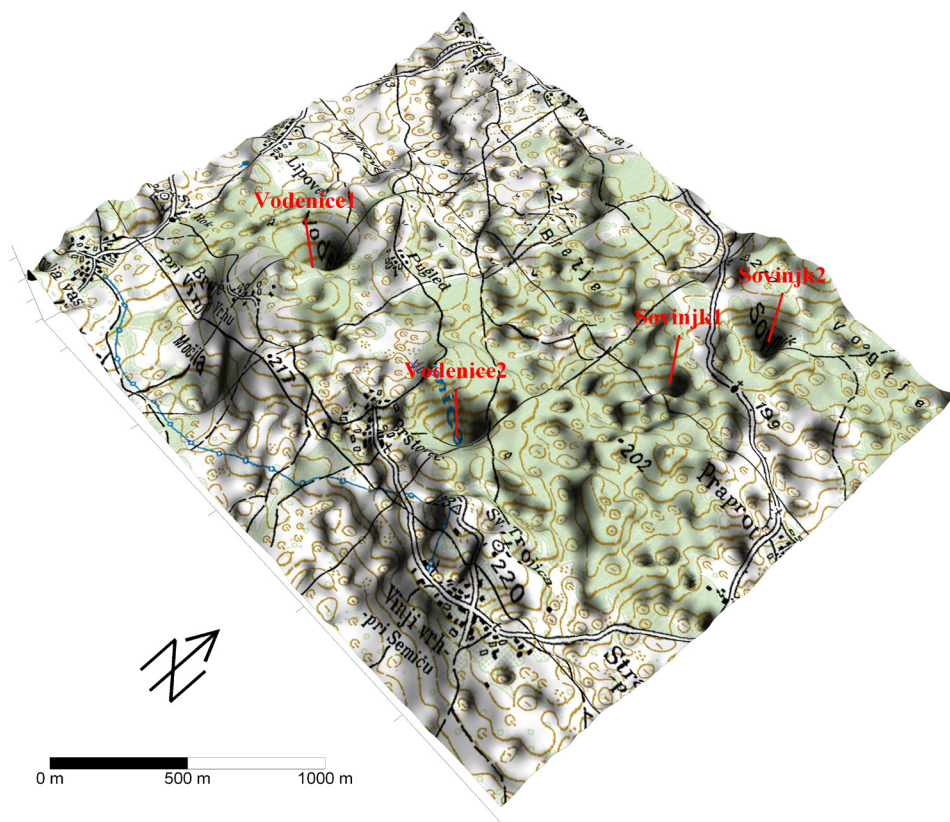
Poleg kraškega geomorfnega sistema, ki prevladuje v Beli krajini, se pojavlja tudi fluvialni geomorfn sistem (Gams, 1961). Površinski odtok je na večji površini izoblikovan na pliocenskih in kvartarnih nanosih v porečju Lahinje. Lahinja na robu pliocenskih nanosov ne ponikne, ampak v kanjonski dolini teče površinsko preko karbonatnih kamnin v smeri Kolpe (Bukovac, 1983).

Velike udornice v Beli krajini so izključno v zaledju izvirov Krupe, ki je levi pritok Lahinje (Habič, 1992). Ležijo v spodnjekrednih apnencih (Bukovac, 1983), ki jih prekriva nekaj decimetrov debel ilovnat material. Na območju so štiri udornice. Vsem udornicam so skupna uravnatežena pobočja z območji polzenja tal, kjer je na pobočjih debelejša zaplata ilovnatnega materiala. Dna udornic so zapolnjena z ilovnatim materialom in imajo le izjemoma uravnana dna v posameznih delih.

Preglednica 25: Udornice v Beli krajini

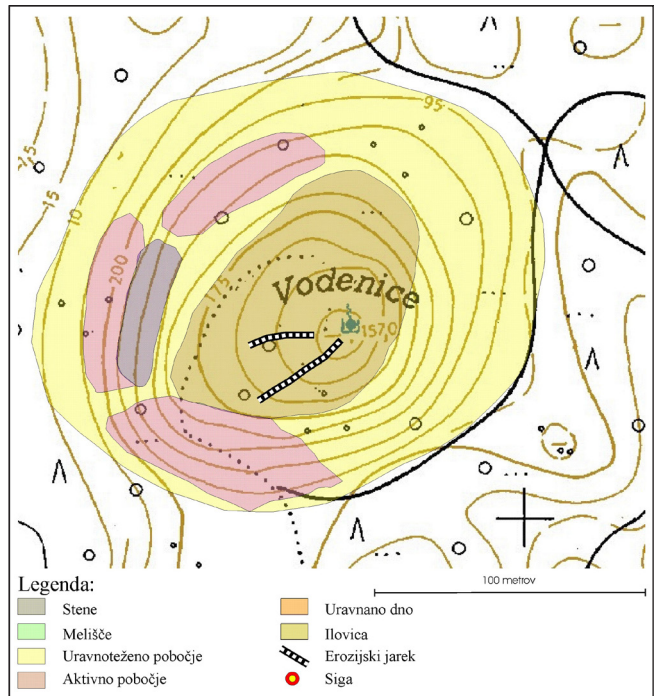
Ime	Nadmorska višina dna	Povprečni polmer	Povprečna globina	Prostornina (m ³)
Vodenice pri Brezjah (1)	161	144	54	1.765.002
Vodenice pri Brstovcu (2)	157	98	46	689.916
Sovinjk1	165	71	23	176.911
Sovinjk2	161	95	32	441.870

Slika 76: Udornice v Beli krajini



Udornica z imenom Vodenice pri Brstovcu leži 300 metrov severovzhodno od vasi Brstovec. Premer ima okoli 290 metrov ter povprečno globino 54 metrov. Prostornina udornice meri 1,76 Mm³. Pobočja udornice so uravnotežena, le v jugozahodnem delu so na njih aktivni procesi polzenja skalnih blokov in prepereline proti dnu. V tem delu udornice je tudi manjša stena. Spodnji deli pobočij udornice in dno so prekriti z ilovnatim materialom. Dno je na nadmorski višini 157 metrov. V dnu sta dve kotanji, ki sta nastali s spiranjem ilovnatega materiala v podzemlje. V spodnjem delu jugozahodnega pobočja, ki je prekrit z ilovico, sta oblikovana dva manjša erozijska jarka.

Slika 77:
Geomorfološka karta
Vodenice pri Brstovcu



5 SKLEP

Za večje udornice lahko opredeljujemo vse zaprte globeli na krasu, ki po izjemnih dimenzijah ali po strmih ali stenastih pobočjih izstopajo med okoliškimi globelmi. V raziskavo udornic na slovenskem krasu je bilo vključenih 332 globeli, ki po dimenzijah in morfologiji ustrezajo kriterijem večjih udornic. Niso bile proučene večje globeli visokih kraških planot in visokogorja, kont, ki so genetsko najverjetneje vezane na glaciokraške procese in ne nastajajo s točkastim odnašanjem mase z aktivnim vodnim tokom v epifreatični ali freatični coni. V raziskavi prav tako niso vključene udornice manjših dimenzij, ki so sicer genetsko vezane na udor; njihove dimenzije pa ne presegajo velikosti okoliških vrtač. Te udornice je s pomočjo kartografskega gradiva nemogoče identificirati, kar onemogoča sistematično proučevanje, hkrati pa se v starejši fazi razvoja, ko se pobočja uravnotežijo, ne razlikujejo od okoliških vrtač, kar še dodatno otežuje sistematičnost njihovega proučevanja.

Za vse proučene večje udornice je bila izdelana morfografska karta pobočij in dnov. Na podlagi geomorfološkega kartiranja so bile identificirane oblike in procesi na pobočjih in v dneh udornic. Podrobnejše analize strukture in zaplat sedimentov in globine prepereline so bile ugotovljene z geofizikalno metodo električne upornosti tal in z granulometričnimi analizami sedimentov. Na podlagi teh analiz je bila izdelana interpretacija geomorfoloških procesov v udornicah in nato so bili izdelani modeli oblikovanja in preoblikovanja večjih udornic. Na podlagi modelov, ki opredeljujejo mehanizme in dinamike oblikovanja in preoblikovanja, lahko udornice razdelimo v več skupin. Glede na razlike v morfoloških in morfogenetskih lastnosti med udornicami, katerih dna segajo do epifreatične oziroma freatične cone in udornicami, ki ležijo izključno v vadozni coni, jih lahko delimo v dve osnovni skupini.

Udornice v vadozni coni se nahajajo na tistih mestih kraškega površja, kjer je globina vadozne cone večja od globine udornic. V tem primeru ne prihaja do neposrednega preoblikovanja udornic s procesi, ki so vezani na prisotnost stalnega vodnega telesa ali nihanje piezometričnega nivoja v udornicah.

V prvo skupino udornic v vadozni coni se uvrščajo udornice v prvi fazi nastanka, ko je pod njimi aktiven proces spodjedanja materiala. Vsa pobočja so aktivna, v zgornjem delu se navadno stenasta pobočja, pod njimi obsežna melišča, ki segajo do dna udornic. V dnu udornic je vidna globel, kjer je žarišče odtekanja materiala, kjer navadno ni drobnejše prepereline, ampak prevladujejo večji podorni bloki in grušč. Nahajajo se na vseh delih krasa in na podlagi njihove prostorske razporeditve lahko sklepamo na pretočne razmere v krasu.

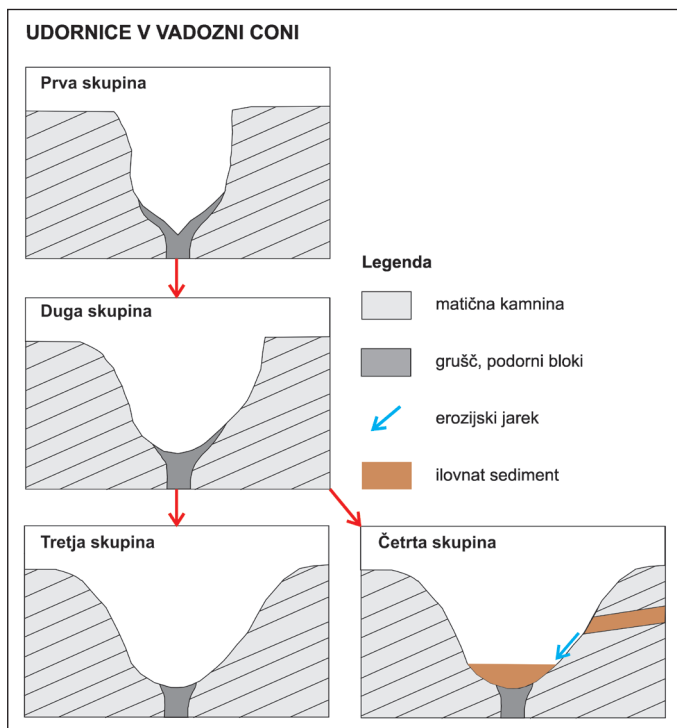
V drugo skupino udornic v vadozni coni se uvrščajo udornice, pod katerimi se je spodjedanje materiala zaključilo. Del pobočij je aktiven, torej so stene, pod njimi pa melišča, del pobočij pa

je uravnotežen. Dna udornic so blaga in zapolnjena z manjšimi frakcijami pobočnega materiala in prstjo. V dneh ni globeli, ki kažejo na recentno odnašanje materiala s spodjedanjem. Tovrstne udornice se nahajajo na vseh delih krasa, najpogosteje pa se nahajajo ob udornicah prve skupine, kjer je onašanje materiala aktivno.

Kadar v pobočjih udornic ni ilovnatih zaplat, se bo razvila tretja skupina udornic v vadozni coni. Te udornice imajo vsa pobočja uravnotežena. Podolžni profil pobočij postane konveksen. V pobočjih prevladuje proces korozije, dinamika ostalih procesov je zanemarljiva. Dna udornic bodo blago oblikovane kotanje, zapolnjene s prstjo. Ta skupina udornic je najpogostejša na slovenskem krasu in se pojavlja na območjih nekdanjih pretočnih koridorjev, na podlagi njihove razporeditve lahko sklepamo na pretekle pretočne razmere v kraškem vodonosniku.

Četrto skupino udornic v vadozni coni predstavljajo udornice z ilovnatimi zaplatami na pobočjih. Izvor ilovnatih zaplat je najpogosteje vezan na razpadle jamske rove v pobočjih, ki jih zapolnjuje ilovnat sediment. Pobočja teh udornic so pretežno uravnotežena enako kot udornice v vadozni coni tretje skupine. Deli pobočij, z zaplatami ilovnatega materiala, so preoblikovani z erozijskimi jarki. V dneh udornic se pod erozijskimi jarki nahajajo manjši vršaji, ki jih gradi ilovnat sediment. Ostali deli dna pa so uravnani. Globina ilovnatih uravnav je odvisna od količine presedimentiranega materiala in je navadno do okoli 10 metrov, izjemoma lahko tudi več. Ta skupina udornic je zelo pogosta na slovenskem krasu in se največkrat pojavlja pri udornicah z zelo veliko prostornino. Najbolj tipičen primer udornice te skupine je udornica Šator na Krasu.

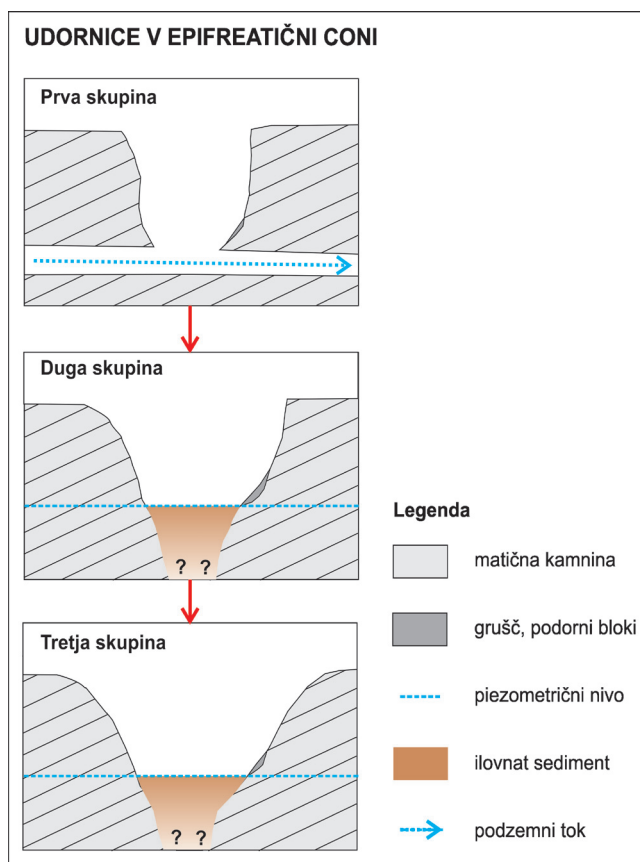
Slika 78:
Klasifikacija udornic
v vadozni coni



Udornice v epifreatični in freatični coni so na tistih mestih kraškega površja, kjer je globina vadozne cone manjša od globine udornic. Tako dna udornic segajo v območje nihanja piezometričnega nivoja ali celo pod njega. Udornice, ki segajo do epifreatične cone, imajo dna občasno poplavljena ali pa po njihovem dnu teče aktivni vodni tok, nad katerim je udornica nastala. Kadar dna segajo pod najnižji nivo piezometričnega nivoja, so dna udornic stalno poplavljena. Stalno poplavljenih udornic, ki segajo do freatične cone, na slovenskem krasu ne poznamo. Udornice, ki segajo do epifreatične cone, pa se največkrat pojavljajo na izvirnem in ponornem kontaktnem krasu.

V prvo skupino udornic v epifreatični coni se uvrščajo udornice v prvi fazi nastanka, ko je aktiven proces spodjedanja materiala. Vsa pobočja so aktivna, navadno stenasta, pod njimi se lahko nahajajo manjša melišča. V dnu udornic je aktivni vodni tok, ki priteka in odteka iz udornice skozi jamske rove. Najbolj tipični primeri udornic te kategorije so Velika in Mala dolina na Divaškem krasu in udornice v Rakovem Škocjanu. Kadar je aktivno spodjedanje materiala pod pobočnim materialom, je morfologija udornic enaka kot pri prvi skupini udornic v vadozni coni, le da se na pobočjih ali v manj aktivnih delih dna lahko pojavijo ilovnate zaplate, ki so bili sedimentirani iz poplavne vode ob višjih nivojih piezometra.

Slika 79:
Klasifikacija udornic
v epifreatični coni



V drugi skupini udornic v epifreatični coni so tiste, pod katerimi se je spodjedanje materiala zaključilo. Del pobočij je aktiven, torej so stene, pod njimi pa se nahajajo melišča, del pobočij pa je uravnotežen. Dna udornic so popolnoma uravnana z obsežnimi zapolnitvami ilovnatega sedimenta, ki se je v udornice sedimentiral iz vod ob višjem piezometričnem nivoju, ki občasno zalijejo dna udornic. Debelina ilovnatih zapolnitev je različna, a je največkrat globlja od 30 metrov. Najlepši primeri tovrstnih udornic so udornice v zaledju kraških izvirov pri Vrhniki in nekatere udornice na Divaškem in Postojnskem krasu.

V tretjo skupino udornic v epifreatični coni se uvrščajo udornice s popolnoma uravnoteženimi pobočji, na njih je aktivna le vertikalna kemična denudacija. Pobočja so konveksna. Dna so zapolnjena in uravnana z ilovnatim sedimentom. Debelina naplavine je največkrat večja kot 30 metrov. V pobočjih se lahko na zaplatah ilovnatega materiala razvijejo tudi erozijski jarki, v dnu pod njimi pa so oblikovani manjši vršaji, ki pa bistveno ne vplivajo na morfologijo globeli.

6 VIRI IN LITERATURA

- Aderson, M. G., Richards, K. S., 1987: Slope stability: Geotechnical Engineering and Geomorphology. Wiley, Chichester and New York, 342 str.
- Anhert, F., 1978: Process – response models of denudation at different spatial scales. Catena Supplement 10, str. 31–50.
- Bukovac, J., Poljak, M., Šušnjar, M., Čakalo, M., 1983: Tolmač osnovne geološke karte za list Črnomelj. Geološki zavod Ljubljana, 55 str.
- Buser, S., 1964: Tolmač osnovne geološke karte za list Gorica. Geološki zavod Ljubljana, 40 str.
- Buser, S., 1965: Tolmač osnovne geološke karte za list Ribnica. Geološki zavod Ljubljana, 56 str.
- Carson, M. A., Kirkby, M. J., 1972: Hillslope Form and Processes. Cambridge University Press, Cambridge, 239 str.
- Chorley, R. J., Kennedy, B. A., 1971: Physical Geography, a Systems Approach. Prentice-Hall, London, 370 str.
- Cramer, H., 1941: Die Systematik der Karsttdolinen. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, 85, 1, str. 293–382.
- Cvijić, J., 1893: Das Karstphaenomen. Versuch einer morphologischen Morphographie. Geogr. Abh. 5, 3, 113 str.
- Čar, J., 1986: Geološke osnove kraškega površja. Acta carsologica, 14, 1, str. 31–36.
- Čar, J., 2001: Strukturne osnove oblikovanja vrtač. Acta carsologica, 20, 2, str. 239–256.
- Čar, J., Gospodarič, R., 1984: O geologiji krasa med Postojno, Planino in Cerknico. Acta carsologica, 12, 1, str. 91–105.
- Čar, J., Šebela, S., 2000: Velika Jeršanova dolina – nekdanja udornica. Acta carsologica, 29, 2, str. 201–212.
- D'Ambrosi, C., 1960: Lo stato attuale delle conoscenze sull'idrologia e sull'idrografia del Carso di Trieste. Boll. Soc. Adr. Sc., str. 189–203.
- D'Ambrosi, C., 1963: In merito all'assenza di depositi ghiaiosi paleofluviali sulle superfici carsiche delle Venezia Giulia. Atti di Museo civico di storia naturale di Trieste, 23, 3, str. 81–95.
- D'Ambrosi, C., 1966: Considerazioni sull'origine e sul periodo di svolgimento del ciclo carsico in atto nella Venezia Giulia con particolare riguardo all'Istria e al Carso di Trieste. Atti e Memorie della Commissione Grotte »Eugenio Boegan«, 5, str. 29–47.
- D'Ambrosi, C., 1967: Le ricche speleologiche ed idrologiche nella regione Friuli – Venezia Giulia nel loro nuovi indirizzi. Atti e Memorie della Commissione Grotte »Eugenio Boegan«, 6, str. 33–42.
- D'Ambrosi, C., Legnani, F., 1965: Sul problema delle sabbie silicee del Carso di Trieste. Boll. Soc. Adr. Sc., 53, 2, str. 211–220.
- Ford, D. C., Williams, P., 1989: Karst Geomorphology and Hidrology. Wellington, Uniwin Hyman, 601 str.
- Gabrovšek, F., 2000: Evolution of early karst aquifers: from simple principles to complex models. Doktorska disertacija, Bremen, 109 str.
- Gabrovšek, F., 2005: Modeliranje razvoja udornic s korozijo. (osebni vir; oktober 2005)
- Gams, I., 1961: h geomorfologiji Bele krajine. Geografski zbornik, 6, str. 191–240.
- Gams, I., 1962: Nekateri značilnosti Krke in njenih pritokov. Dolenjska zemlja in ljudje, Dolenjska založba Novo mesto, str. 92–110.
- Gams, I., 1963: Logarček. Acta carsologica, 3, str. 7–84.

- Gams, I., 1964: Terminologija večjih kraških površinskih oblik. Geografski vestnik, 34, str. 116–123.
- Gams, I., 1965: H kvartarni morfogenezi ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerknjskim poljem. Geografski vestnik, 37, str. 211–222.
- Gams, I., 1966: Poročilo o barvanju v Dimnicah in v Triglavskem breznu v letu 1964. Acta carsologica, 4, str. 151–156.
- Gams, I., 1974: Kras. Ljubljana, Slovenska matica, 359 str.
- Gams, I., 1983: Škocjanski kras kot vzorec kontaktnega krasa. V: Mednarodni simpozij „Zaščita Krasa ob 160-letnici turističnega razvoja Škocjanskih jam, Lipica, 7.–9. oktobra“ (urednik: France Habe), Sežana, str. 22–26.
- Gams, I., 1998: Chemical denudation as a geomorphic process. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 21, str. 19–22.
- Gams, I., 2000: Doline morphogenetic processes from global and local viewpoints. Acta carsologica, 29, 2, str. 123–138.
- Gams, I., 2004: Kras v Sloveniji v prostoru in času. 2. izdaja, Založba ZRC, 515 str.
- Geršl, M., Stepišnik, U., Šušteršič, S., 1999: The „unroofed cave“ near the bunker (Laški Ravnik) = Brezstropa jama pri bunkerju (Laški Ravnik). Acta carsologica, 28, 2, str. 77–90.
- Gospodarič, R., 1964: Sledovi tektonskih premikov iz ledene dobe v Postojnski jami. Naše jame, 5, str. 5–11.
- Gospodarič, R., 1973: Viršnica – jamski sistem Šice ob Radenskem polju. Naše jame, 14, str. 25–33.
- Gospodarič, R., 1974: Fluvialni sedimenti v Križni jami. Acta carsologica, 6, 1, str. 325–366.
- Gospodarič, R., 1976: Razvoj jam med Pivško kotlino in Planinskim poljem. Acta carsologica, 7, str. 5–139.
- Gospodarič, R., 1984: O starosti sige v Škocjanskih jamah. V: Mednarodni simpozij „Zaščita Krasa ob 160-letnici turističnega razvoja Škocjanskih jam“, Lipica. (urednik France Habe), Sežana, str. 10–21.
- Gospodarič, R., 1985: Age and development of collapse dolines above the cave systems the examples from classical karst of Slovenia (NW Yugoslavia). Annales de la Societe Geologique de Belgique, 108, 1, str. 113–116.
- Gospodarič, R., Habič, P., 1976: Underground water tracing. ZRC, Postojna, 312 str.
- Gospodarič, R., Habič, P., 1979: Kraški pojavi Cerknjskega polja. Acta carsologica, 8, str. 7–162.
- Gunn, J. C., 1981: Hydrological processes in karst depressions. Zeitschrift für Geomorphologie, 25, 3, str. 313–331.
- Habe, F., Hribar, F., 1965: Sajevoško polje. Geografski vestnik, 36, str. 13–49.
- Habič, P., 1963: Udorne vrtače, koliševke in podzemni tokovi. 3. jugoslovanski speleološki kongres, Sarajevo, str. 125–129.
- Habič, P., 1973: O vodnih sifonih v kraških jamah. Naše jame, 14, str. 15–24.
- Habič, P., 1984: Nenadni udorni in hidrografska funkcija udornov na krasu. Naš krš, 10, 16–17, str. 95–103.
- Habič, P., 1984: Reliefne enote in strukturnice matičnega Krasa. Acta carsologica, 12, str. 2–26.
- Habič, P., 1985: Vodna gladina v notranjskem in primorskem krasu Slovenije. Acta carsologica, 13, 1, str. 37–74.
- Habič, P., 1986: Površinska razčlenjenost Dinarskega krasa. Acta carsologica, 14–15, str. 39–58.
- Habič, P., 1988: Tektonska pogojenost kraškega reliefa zahodne Suhe krajine. Acta carsologica, 17, str. 33–64.
- Habič, P., 1989: Kraška bifurkacija Pivke na jadranskem in črnorskem razvodju. Acta carsologica, 18, 1, str. 235–264.
- Habič, P., 1990: Sledenje kraških voda v Sloveniji. Geografski vestnik, 61, str. 3–19.

- Habič, P., 1991: Geomorphological classification of NW Dinaric karst. *Acta carsologica*, 20, str: 133–164.
- Habič, P., Kogovšek, J., 1992: Sledenje voda v kraškem zaledju Krupe v jugovzhodni Sloveniji. *Acta carsologica*, 21, str: 35–76.
- Hribar, F., Habe, F., Savnik, R., 1955: Podzemeljski svet Prestranškega in Slavenskega ravnika. *Acta carsologica*, 1, str: 91–147.
- Hrovat, A., 1953: Kraška ilovica, njene značilnosti in vpliv na zgradbe. Ljubljana, 96 str.
- Ilić, U., 2002: Nove raziskave v Velikem in Malem Okencu. *Naše jame*, 44, 1, str: 124–134.
- Jenko, F., 1956: Hidrologija in vodno gospodarstvo krasa. DZS, Ljubljana, 237 str.
- Jennings, J. N., 1985: Karst geomorphology. Oxford, Blackwell, 293 str.
- Kataster jam JZS 2005. Jamarska zveza slovenije.
- Kaufmann, G., 2003: Karst landscape evolution. Evolution of karst: from prekarst to cessation / edited by Franci Gabrovšek, str: 327–337.
- Kirkby, M. J., 1978: Hillslope Hidrology. Wiley, Chichester and New York, 139 str.
- Kranjc, A., 1981: Prispevek k poznavanju krasa v Ribniški Mali gori. *Acta carsologica*, 9, str: 27–85.
- Kranjc, A., 1986: Cerknjsko jezero in njegove poplave. *Geografski zbornik*, 25, str: 75–123.
- Kranjc, A., 1990: Dolenjski kraški svet. Dolenjska založba, Novo mesto, 240 str.
- Krivic, P., Bricelj, M., Zupan, M., 1989: Podzemne vodne zveze na področju Čičarije in osrednjega dela Istre. *Acta carsologica*, 18, 1, str: 265–295.
- Maucci, W., 1953: L'ipotesi dell' erosione inversa' come contributo allo studio della speleogenesi. *Boll. Soc. Adriatica Scienze Naturale Trieste*, 56, 1, str: 1–60.
- Maucci, W., 1955: Inghiottioti fossili e paleoidrografia epigea del Solco di Aurisina. Prvi mednarodni speleološki kongres, Pariz, str: 155–199.
- Melik, A., 1929: Pliocensko porečje Ljubljanice. *Geografski vestnik*, 4, str: 69–88.
- Melik, A., 1931: Hidrografski in morfološki razvoj na srednjem Dolenjskem. *Geografski vestnik*, 7, str: 66–100.
- Melik, A., 1955: Kraška polja Slovenije v pleistocenu. Inštitut za geografijo, SAZU, 162 str.
- Meze, D., 1983: Poplavna področja v porečju Rašice z Dobropoljami = Flood areas in the river-basin of Rašica with Dobropolje. *Geografski zbornik*, 22, 1, str: 5–37.
- Mihevc, A., 1984: Nova spoznanja o Kačni jami. *Naše jame*, 26, 1, str: 11–20.
- Mihevc, A., 1991: Morfološke značilnosti ponornega krasa Slovenije. *Geografski vestnik*, 63, str: 41–50.
- Mihevc, A., 1994: Martelova dvorana v Škocjanskih jamah. *Acta carsologica*, 23, str: 205–214.
- Mihevc, A., 1996: Brezstropa jama pri Povirju. *Naše jame*, 38, str: 65–75.
- Mihevc, A., 1997: Doline, their morphology and origin, case study: dolines from the Kras, west Slovenia (the Škocjan karst). Fourth international conference on gomorphology, Milano, str: 69–74.
- Mihevc, A., 1999: Speleogeneza Matičnega krasa. Doktorska disertacija, Ljubljana, 150 str.
- Mihevc, A., 2001: Speleogeneza Divaškega krasa. Založba ZRC, Ljubljana, 180 str.
- Novak, D., 1969: O barvanju potoka v Križni jami. *Geografski vestnik*, 41, str: 75–79.
- Novak, D., 1970: Hidrogeološke značilnosti osrednje Dolenjske. *Naše jame*, 11, str: 17–24.
- Novak, D., 1974: Nekaj o vodnih razmerah na Kočevkem polju. *Acta carsologica*, 6, str: 368–394.

- Novak, D., 1991: Novejša sledenja kraških voda v Sloveniji pol letu 1965. *Geologija*, 33, str: 461–478.
- Peric, B., 1999: Morfološke in metrične značilnosti udornic na območju Škocjanskega regijskega parka. *Diplomska naloga*, Filozofska fakulteta, Ljubljana, 88 str.
- Pleničar, M., 1963: Tolmač osnovne geološke karte za list Postojna. *Geološki zavod Ljubljana*, 53 str.
- Pleničar, M., Polšak, A., Sikić, D., 1965: Tolmač osnovne geološke karte za list Trst. *Geološki zavod Ljubljana*, 55 str.
- Pleničar, M., Sikić, D., 1967: Tolmač osnovne geološke karte za list Ilirska bistrica. *Geološki zavod Ljubljana*, 41 str.
- Radinja, D., 1966: Morfogenetska problematika matičnega Krasa. *Geografski obzornik*, 13, 3–4, str: 108–114.
- Radinja, D., 1967: Vremenska dolina in Divaški kras. *Problematika kraške morfogeneze*. *Geografski zbornik*, 10, str: 113–159.
- Radinja, D., 1968: O obliki in genezi kraškega drobirja. *Geografski obzornik*, 15, 1–2, str: 14–16.
- Radinja, D., 1972: Zakrasevanje v Sloveniji v luči celotnega morfogenetskega razvoja. *Geografski zbornik*, 13, str: 197–242.
- Radinja, D., 1974: Matičnik Kras v luči širšega morfogenetskega razvoja. *Acta carsologica*, 6, str: 21–33.
- Radinja, D., 1974: Senožeško podolje – pokrajina na stiku fluvialnega in kraškega reliefa. *Geografski zbornik*, 13, str: 83–126.
- Radinja, D., 1986: Kras v luči fosilne fluvialne akumulacije. *Acta carsologica*, 14–15, str: 99–108.
- Rijavec, J., 2002: Udornice južno od Sežane. *Naše jame*, 44, 1, str: 50–70.
- Roglič, J., 1938: Imotsko polje (fizičko geografske osobine). *Posebna izdaja Geografskega društva*, Beograd, 125 str.
- Savić, D., Dozet, S., 1983: Tolmač osnovne geološke karte za list Delnice. *Geološki zavod Ljubljana*, 62 str.
- Scheidegger, A. E., 1974: *Theoretical Geomorphology*. Springer – Verlag, Berlin, 435 str.
- Stepišnik, U., 2001: Udornice na Postojnskem krasu. *Diplomsko delo*, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani, Oddelek za geografijo, 1–99, Ljubljana.
- Stepišnik, U., 2003: Morfogenetske značilnosti vrhniških udornic. *Naše jame* 45, str: 47.
- Stepišnik, U., 2004: The origin of sediments inside collapse dolines of Postojna karst (Slovenia). *Acta carsologica*, 33, 1, str: 237–244.
- Stepišnik, U., 2006: Udornice na slovenskem krasu. *Doktorska disertacija*, Ljubljana, 198 str.
- Stepišnik, U., Mihevc, A., 2008: Investigation of structure of various surface karst formations in limestone and dolomite bedrock with application of the electrical resistivity imaging. *Acta carsologica*, 37, str: 133–140.
- Summerfield, M., A., 1996: *Global geomorphology: an introduction to study of landforms*. Longmann, Burnt Mill, 537 str.
- Sweeting, M., 1972: *Karst Landforms*. Heineman, London, str: 362
- Šifrer, M., 1967: Kvartarni razvoj doline Rašice in Dobrega polja. *Geografski zbornik*, 10, str: 273–305.
- Šušteršič, F., 1968: Nekaj o nastanku kraških udornih dolin. *Naše jame*, 9, 1, str: 58–65.
- Šušteršič, F., 1973: K problematiki udornic in sorodnih oblik visoke Notranjske. *Geografski vestnik*, 45, 1, str: 71–84.
- Šušteršič, F., 1984: Preprost model preoblikovanja udornic. *Acta carsologica*, 12, 1, str: 107–138.
- Šušteršič, F., 1998: Rakovska kukava- udor ali tumor? *Acta carsologica*, 27, 1, str: 231–260.
- Šušteršič, F., 2000: Ali so udornice zgolj posledica udara? *Acta carsologica*, 29, 2, str: 213–230.
- Šušteršič, F., 2002: Collapse dolines and deflector faults as indicators of karst flow corridors. *International journal*

of speleology, 31, 1–4, str. 115–127.

- Šušteršič, F., Šušteršič, S., Stepišnik, U., 2003: The late quaternary dynamics of Planinska jama, south-central Slovenia. *Cave and karst science*, 30, 2, str. 89–96.
- Waltham, T., Bell, F., Culshaw, M., 2005: *Sinkholes and Subsidence, Karst and Cavernous Rocks in Engineering and Construction*. 1. izd, Chichester, Praxis Publishing, 382 str.
- Žalec, P., Vrhovec, T., Mihajlovski, M., Zwolf, D., Drole, F., 1997: Sistem Zelške jame – Karlovica. *Naše jame*, 39, str. 87–94.

7 SEZNAM PREGLEDNIC

Preglednica 1: Udomnice na Divaškem krasu	25
Preglednica 2: Udomnice na Sežanskem in Tržaškem krasu	28
Preglednica 3: Udomnice v Taborskih in Gabrških brdih	30
Preglednica 4: Udomnice, severno od Divaškega preloma	31
Preglednica 5: Udomnice v zaledju reliktnih vršajev pri Slopah in Rodiku	34
Preglednica 6: Udomnice v okolici Kozine in Hrpelj	36
Preglednica 7: Udomnice v zaledju slepih dolin Brezovica in Odolina	36
Preglednica 8: Udomnice v zaledju slepe doline Odolina in zatrepnih ponorov Hotične, Slivarskega potoka ter Močilnika ..	38
Preglednica 9: Udomnice v zaledju zatrepnega ponora Močilnik in slepe doline Jezerina	38
Preglednica 10: Udomnice v zaledju slepih dolin Jezerina in Male Loče	39
Preglednica 11: Udomnice na Slavenskem ravniku	42
Preglednica 12: Udomnice na grebenu Mlečnika in Osojnice	43
Preglednica 13: Udomnice v zaledju izvirov Ljubljane	46
Preglednica 14: Udomnice med Logaškim poljem in zaledjem izvirov Ljubljane	47
Preglednica 15: Udomnice na Pokojiški planoti	49
Preglednica 16: Udomnice na Lanskem vrhu	50
Preglednica 17: Udomnice na Logaškem ravniku	51
Preglednica 18: Udomnice na Begunjskem ravniku	52
Preglednica 19: Udomnice med Pivško kotlino in Planinskim poljem	54
Preglednica 20: Udomnice med Cerkniškim in Planinskim poljem	56
Preglednica 21: Udomnice med Cerkniškim in Loškim poljem	58
Preglednica 22: Udomnice v zaledju izvirov Krke	59
Preglednica 23: Udomnice v zahodni Suhi krajini	61
Preglednica 24: Udomnice južno in vzhodno od Kočevskega polja	62
Preglednica 25: Udomnice v Beli krajini	63

8 SEZNAM SLIK

Slika 1: Cvijićeva risba Črne jame (Cvijić, 1893)	4
Slika 2: Skica simulacije nastanka udornice izključno s korozijskim spodjedanjem	6
Slika 3: Modeliranje razvoja pobočja z linearno difuzijsko enačbo.	12
Slika 4: Modeliranje razvoja pobočja pod vplivom vertikalne kemične denudacije.	13
Slika 5: Profil konveksnega uravnoteženega pobočja v udornici Veliki dol pri Avbrju, azimut 265 stopinj.	14
Slika 6: Profil konkavnega aktivnega pobočja v udornici Velika Drnulca, azimut 20 stopinj.	15
Slika 7: Model erozijsko preoblikovanega pobočja	17
Slika 8: Grogarjev dol ob višjem nivoju piezometra (Stepišnik, 2000).	19
Slika 9: Udornice v Sloveniji	22
Slika 10: Udornice na Krasu	23
Slika 11: Udornice na Divaškem krasu.	25
Slika 12: Udornica Risnik z označeno smerjo geoelektričnega profila.	26
Slika 13: Geoelektrični profil preko Risnika	26
Slika 14: Geomorfološka karta Sapendola z označeno smerjo geoelektričnega profila	27
Slika 15: Geoelektrični profil preko Sapendola	27
Slika 16: Lazni dol z označenimi smermi geoelektričnih profilov	27
Slika 17: Geoelektrični profil 1 preko Laznega dola	27
Slika 18: Geoelektrični profil 2 preko Laznega dola	27
Slika 19: Udornice na Sežanskem in Tržaškem krasu.	29
Slika 20: Geomorfološka karta Sežanskega dola z označenimi smermi geoelektričnih profilov.	29
Slika 21: Geoelektrični profil 1 preko Sežanskega dola.	29
Slika 22: Geoelektrični profil 2 preko Sežanskega dola.	29
Slika 23: Udornice v Taborskih in Gabrških brdih.	30
Slika 24: Geomorfološka karta Lipovnika z označeno smerjo geoelektričnega profila	30
Slika 25: Geoelektrični profil preko Lipovnika	30
Slika 26: Udornice, severno od Divaškega preloma	31
Slika 27: Geomorfološka karta Velikega dola pri Avberju	32
Slika 28: Ajdovščanik z označeno smerjo geoelektričnega profila	32
Slika 29: Geoelektrični profil preko Ajdovščanika	32
Slika 30: Udornice na Matarskem podolju	33
Slika 31: Udornice v zaledju reliktnih vršajev pri Rodiku in Slopah	34
Slika 32: Geomorfološka karta Glivnika	35
Slika 33: Udornice v okolici Kozine in Hrpelj	36
Slika 34: Udornice v zaledju slepih dolin Brezovica in Odolina	37
Slika 35: Geomorfološka karta Dola pri Borovcih.	37
Slika 36: Udornice v zaledju slepe doline Odolina in zatrepnih ponorov Hotične, Slivarskega potoka ter Močilnika	38
Slika 37: Udornice v zaledju zatrepnega ponora Močilnik in slepe doline Jezerina	39
Slika 38: Udornice v zaledju slepih dolin Jezerina in Male Loče	39

Slika 39: Geomorfološka karta Kamenjaka	40
Slika 40: Udornice med Pivško kotlino in Košansko dolino	41
Slika 41: Udornice na Slavenskem ravniku	42
Slika 42: Geomorfološka karta Čermelaške doline 2	42
Slika 43: Udornice na grebenu Mlečnika in Osojnice	44
Slika 44: Udornice v porečju kraške Ljubljane	45
Slika 45: Udornice v zaledju izvirov Ljubljane	46
Slika 46: Geomorfološka karta Meletove doline z označenimi smermi geoelektričnih profilov.	46
Slika 47: Geoelektrični profil 1 preko Meletove doline	46
Slika 48: Geoelektrični profil 2 preko Meletove doline	46
Slika 49: Geoelektrični profil 3 preko Meletove doline	46
Slika 50: Udornice med Logaškim poljem in zaledjem izvirov Ljubljane	48
Slika 51: Geomorfološka karta Velike jame	48
Slika 52: Logaške koliševke	48
Slika 53: Udornice na Pokojiški planoti	49
Slika 54: Udornice na Lanskem vrhu	50
Slika 55: Udornice na Logaškem ravniku	51
Slika 56: Dolga dolina z označenimi smermi geoelektričnih profilov	51
Slika 57: Geoelektrični profil 1 preko Dolge doline	51
Slika 58: Geoelektrični profil 2 preko Dolge doline	52
Slika 59: Udornice na Begunjskem ravniku	53
Slika 60: Udornice med Pivško kotlino in Planinskim poljem	53
Slika 61: Geomorfološka karta Velike Jeršanove doline z označenimi smermi geoelektričnih profilov	55
Slika 62: Geoelektrični profil 1 preko Velike Jeršanove doline	55
Slika 63: Geoelektrični profil 2 preko Velike Jeršanove doline	55
Slika 64: Geoelektrični profil 3 preko Velike Jeršanove doline	55
Slika 65: Udornice med Cerkniškim in Planinskim poljem	57
Slika 66: Geomorfološka karta Dvojnega Globoščaka z označenimi smermi geoelektričnih profilov	57
Slika 67: Geoelektrični profil 1 preko Dvojnega Globoščaka	57
Slika 68: Geoelektrični profil 2 preko Dvojnega Globoščaka	57
Slika 69: Geoelektrični profil 3 preko Dvojnega Globoščaka	57
Slika 70: Udornice med Cerkniškim in Loškim poljem	58
Slika 71: Udornice v zaledju izvirov Krke	59
Slika 72: Geomorfološka karta Male Prestrane	60
Slika 73: Udornice v zahodni Suhi krajini	61
Slika 74: Udornice južno in vzhodno od Kočevskega polja	62
Slika 75: Geomorfološka karta Ušive jame	63
Slika 76: Udornice v Beli krajini	63
Slika 77: Geomorfološka karta Vodenice pri Brstovcu	64
Slika 78: Klasifikacija udornic v vadozni coni	65
Slika 79: Klasifikacija udornic v epifreatični coni	66

9 STVARNO KAZALO

aktivno pobočje	18, 24
cenote	27
denudacija	10, 20, 21, 23, 105
dinamika oblikovanja udornic	11, 12
dno udornic	15, 104
dol	8
dolac	8
dolina	8
električna prevodnost	12
električna upornost tal	29
erozijski jarek	23, 105
erozijsko spodjedanje	13, 14
globočak	8, 15
hidravlični gradient	13
ilovnat sediment	16, 26, 27, 30, 105
ilovnata zaplata na pobočju	18, 23, 25
jamska dvorana	10
kemično preperevanje	17
koliševka	8, 10
koncentriran podzemni tok	9, 17
konkavno pobočje	16, 22
konta	104
konveksno pobočje	16, 20, 22
korozija	10, 15, 17
korozijsko spodjedanje	7, 9, 10, 12, 13
kukava	8
lijakasto dno	15, 17, 22, 105
majhna udornica	7, 9, 15, 104
mehansko preperevanje	17, 19, 22
melišče	15, 17, 22, 25, 104
mlada udornica	25
modeliranje pobočij	18
obruk	27
piezometrični nivo	10, 13, 27, 29
pobočje	16, 20, 21
podorni blok	15, 17, 22, 104
poplavna ilovica	25
specifična kinetična energija	13, 14, 28

specifična potencialna energija	13, 28
spodjedanje	17
spodjedanje	25, 26
stara udornica	25
starost udornic	15
tektonika	10, 15, 23
udor	9, 17
udorna dolina	8
udorna vrtača	8
udorno brezno	8, 15
uravnano dno	15, 22, 104
uravnano dno	25, 29
uravnoteženo pobočje	18, 104, 107
vadozna cona	10
velika udornica	7, 9, 10, 15, 104
vrtača	7, 8, 9, 23
zaporni prelom	10
zbirni kanal	10

O avtorju

Uroš Stepišnik je docent na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Njegovo raziskovalno in pedagoško področje obsega fizično geografijo, predvsem geomorfologijo krasa. Podrobneje raziskuje predvsem geomorfne učinke poplav na kraškem površju in v podzemlju.

Poudarki iz recenzije

Avtor je znotraj geomorfološkega proučevanja udornic na območju Slovenije prikazal strukturiran metodološki pristop za sistematično znanstveno proučevanje oblikovanja, predvsem pa preoblikovanja udornic. Knjiga prinaša nova spoznanja o prostorski razporeditvi udornic na slovenskem krasu ter o mehanizmi in dinamiki njihovega oblikovanja. Podrobno so razčlenjeni procesi preoblikovanja pobočij na krasu in aplicirani na preoblikovanje samih udornic. Oblikovana je bila tudi nova tipizacija, ki sloni predvsem na morfo-genetskih značilnostih udornic.

dr. Karel Natek

E-GeograFF

Monografije iz serije E-GeograFF predstavljajo izvirne raziskovalne dosežke in rezultate znanstvenega in strokovnega dela sodelavcev Oddelka za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Namenjene so strokovni javnosti, študentom, učiteljem geografije in vsem, ki jih zanimajo poglobljene razlage aktualnih prostorskih procesov, problemov in izzivov.