

**KRAŠKI POJAVI CERKNIŠKEGA POLJA**

(Z 1 KARTO IN 63 SLIKAMI)

**KARST PHENOMENA OF CERKNIŠKO POLJE**

(WITH 1 MAP AND 63 FIGURES)

**RADO GOSPODARIČ, PETER HABIČ**

SPREJETO NA SEJI  
RAZREDA ZA PRIRODOSLOVNE VEDE  
SLOVENSKE AKADEMIJE ZNANOSTI IN UMETNOSTI  
DNE 19. OKTOBRA 1977

## VSEBINA

Izvleček — Abstract . . . . .	10 (4)
UVOD . . . . .	11 (5)
<b>GEOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE OSNOVE . . . . .</b>	<b>13 (7)</b>
Litologija in stratigrafija . . . . .	13 (7)
Tektonika . . . . .	16 (10)
Geološki razvoj ozemlja ob Cerknškem polju . . . . .	24 (18)
<b>OBLIKOVANJE RELIEFA V OBMOČJU CERKNIŠKEGA POLJA . . . . .</b>	<b>25 (19)</b>
Pregled dosedanjih naziranj o nastanku in razvoju polja . . . . .	25 (19)
Razvoj reliefa med Javorniki in Bloško planoto . . . . .	27 (21)
Oblikovanje kraškega Cerknškega polja . . . . .	29 (23)
<b>KVARTARNI SEDIMENTI . . . . .</b>	<b>34 (28)</b>
Klastični sedimenti na obrobju polja . . . . .	34 (28)
Naplavine na skalnem dnu polja . . . . .	37 (31)
Potek pleistocenske sedimentacije na Cerknškem polju . . . . .	46 (40)
<b>SPELEOLOŠKI POJAVI OB ROBU POLJA . . . . .</b>	<b>48 (42)</b>
Kratek pregled speleoloških preučevanj . . . . .	48 (42)
Jame na ponorni strani . . . . .	50 (44)
Jame na izvirni strani . . . . .	56 (50)
<b>POŽIRALNIKI, PONIKVE IN ESTAVELE NA DNU CERKNIŠKEGA POLJA . . . . .</b>	<b>60 (54)</b>
Splošni pregled . . . . .	60 (54)
Zahodni del polja z Jamskim zalivom . . . . .	60 (54)
Osrednji del polja z glavnimi ponikvami . . . . .	63 (57)
Zadnji kraj . . . . .	86 (80)
Razvoj in povezanost ponikev . . . . .	94 (88)
<b>HIDROLOŠKE ZNAČILNOSTI IN POSKUSNA OJEZERITEV . . . . .</b>	<b>96 (90)</b>
Pregled hidrografskih in hidroloških preučevanj . . . . .	96 (90)
Hidrogeološki oris polja in njegovo hidrografsko zaledje . . . . .	99 (93)
Načrt stalne ojezeritve in poskusna zajezitev ponorov . . . . .	104 (98)
Polnjenje in presihanje jezera . . . . .	109 (103)
Nekatere fizikalno kemične lastnosti voda . . . . .	129 (123)
Hidrološki učinek poskusne zajezitve ponorov . . . . .	140 (134)
<b>NOVI POGLEDI NA RAZVOJ IN FUNKCIJO KRAŠKIH POJAVOV CERKNIŠKEGA POLJA . . . . .</b>	<b>143 (137)</b>
<b>KARST PHENOMENA OF CERKNIŠKO POLJE (Summary) . . . . .</b>	<b>150 (144)</b>
Literatura . . . . .	159 (153)

**Izvleček**

UDK 551.44(497.12—14)  
551.89(497.12—14)

**Gospodarič Rado, Peter Habič: Kraški pojavi Cerkniškega polja. Acta carsologica 8, 7—162, Ljubljana, 1978, lit. 92.**

Razprava obravnava geološki in geomorfološki razvoj kraškega Cerkniškega polja, pri čemer kritično presoja starejše raziskave in rezultate prirodoslovnih raziskav kraških pojavov iz obdobja 1967—1972. Posebej so preučeni pleistocenski sedimenti na polju in v obrobni jamah ter holocenski in recentni hidrološki pojavi. Podani so novi pogledi o razvoju in funkciji kraških pojavov Cerkniškega polja. Vsi podatki so pomagali pojasniti učinke poskusne ojezeritve 1968—1972, ki se kaže v podaljšanju poplavne dobe za največ dva meseca.

**Abstract**

UDC 551.44(497.12—14)  
551.89(497.12—14)

**Gospodarič Rado, Peter Habič: Karst Phenomena of Cerknisko polje. Acta carsologica 8, 7—162, Ljubljana, 1978, Lit. 92.**

Geological and geomorphological development of karst polje of Cerknica is treated. Critically are analysed previous investigations and natural researches results of karst phenomena from time 1967—1972. Pleistocene sedimentation on the polje and in the marginal caves as well holocene and recent hydrological phenomena are studied separately. New perceptions about development and function of Cerknisko polje karst phenomena are given. All these facts contributed to explanation the experimental lake effects in 1968—1972, which are shown in prolongation of flooded period for two months at the most.

Naslov — Address:

dr. Rado Gospodarič  
dr. Peter Habič

Inštitut za raziskovanje krasa SAZU  
Titov trg 2  
66230 Postojna, Jugoslavija



## UVOD

Sredi Notranjskih kraških planot je v osrčju porečja Ljubljanice niz kraških polj, ki se razen po obliki tudi po vodnih razmerah razlikujejo od sosednjih višjih predelov (glej zemljevid v prilogi). Na eni strani teh polj izvirajo vode iz kraškega obrobja, na drugi strani pa vanj ponikajo. Izviri in struge na poljih se v poletnih mesecih ali pa sredi zime posuše, po večjem dežju pa se vode razlijejo po poljih. Obseg in trajanje poplav pa sta na različnih poljih različna.

Med vsemi kraškimi polji v porečju Ljubljanice in tudi sicer v Sloveniji je Cerkniško polje po obsegu največje, odlikuje pa se tudi po razsežnosti in trajnosti poplav. Celotno dno polja meri okrog 35 km<sup>2</sup> in največja poplava z gladino na koti 552 obsega okrog 26 km<sup>2</sup> površja ter vsebuje okrog 70 milijonov m<sup>3</sup> vode. Nepoplavljene, za kmetijstvo primerne ravnice je na tem kraškem polju razmeroma malo, komaj  $\frac{1}{3}$  celotne površine. Zaradi nihanja vodne gladine med 548 in 552 m se tudi obseg jezera spreminja. Najvišje vode trajajo le krajši čas, zato se višja področja polja lahko delno izkoriščajo za travnike in pašnike. Celo na najdalj poplavljenem območju v Zadnjem kraju, kjer raste le trstika, kmetje pridobivajo steljo, ko jezero presahne. Nestalne vodne razmere so najbolj neugodne, zato tudi toliko poskusov in načrtov za ureditev Cerkniškega jezera. Na Cerkniškem polju trajajo poplave poprečno do osem mesecev na leto, včasih manj, včasih pa tudi vse leto voda s polja ne odteče. Prav zato se poplavljeni del kraškega polja imenuje kar jezero. Ker pa se tudi za več mesecev posuši, ga uvrščamo med presihajoča kraška jezera. V hidrološkem pogledu to ni pravo jezero, temveč je le nekakšna obrečna poplava, ki jo predvsem uravnavajo padavine. Poplave nastajajo zaradi omejene prepustnosti požiralnikov in podzemeljskih kanalov, ki so razporejeni po dnu in na obrobju polja. Kadar priteka na polje več vode, kot je lahko odteče skozi številne požiralnike, poplava narašča, ko pa je dotok manjši od požiralne sposobnosti ponikev, jezero upada in končno presahne.

Kraška polja zavzemajo pri preučevanju krasa posebno mesto. Kot obsežne uravnane površine s tekočimi in poplavnimi vodami, pa s privlačnimi poljedelskimi predeli, so kljub manj ugodnemu zakraselemu obrobju deležne dolgotrajnih prizadevanj in preučevanj naravnih pojavov za izboljšanje njihove gospodarske izrabe. Redkokje na krasu so se gospodarski interesi tako tesno prepletali z znanstvenimi preučevanji kot prav na kraških poljih. To velja tako za dobo prvih zapisov o kraških fenomenih od Valvasorja (1689) dalje, pa vse do današnjih dni, ko marsikateri problem tega kraškega polja še vedno ni rešen. Rekli bi celo, da številna nova, teoretično poglobljena prirodoslovna spoznanja in praktične gospodarske potrebe v kraških pokrajinah zopet in zopet postavljajo fenomen hidrografije kraških polj v ospredje pred druga raziskovalna

področja. Za Cerkniško polje to velja še toliko bolj, ker ima pomembno geografsko lego v Sloveniji in je bistven sestavni del kraškega porečja Ljubljance ter se ob njem in na njem razvija intenzivno in pestro gospodarsko življenje.

Ker so naravovarstveni in prostorski ter splošno gospodarski problemi obravnavani drugod, nas v okviru našega naslova zanima predvsem prirodoslovni del Cerkniškega kraškega polja. Pa še tu se moramo omejiti na področje krasa in kraških procesov, na kronološko genetski pristop obravnave, kjer nam bodo aktualistični podatki o geologiji, hidrologiji in hidrogeologiji dopolnjevali sklepe o nastanku in razvoju tega našega največjega kraškega polja.

Največja teža bo torej dana prav vprašanju, kdaj in kako je polje nastalo, kako se je sredi kraške pokrajine razvila današnja ravnina polja in njegovo bolj ali manj strmo obrobje z zakraselim površjem in podzemljem. To vprašanje so si zastavljali domala vsi dosedanji raziskovalci Cerkniškega polja, ne da bi mogli nanj zadovoljivo odgovoriti. Tudi naše prizadevanje je lahko samo poskus v tej smeri, ki se od drugih razlikuje le po obsegu novih podatkov in analiz ter po presoji nekaterih novih spoznanj.

Razvoj Cerkniškega polja so skušali že razni avtorji razlagati kompleksno s pomočjo geoloških, morfoloških, hidroloških in speleoloških podatkov. Zato kaže tudi pri nadaljnjem preučevanju razvoja polja ubrati takšno kompleksno metodo, seveda ob upoštevanju novih podatkov, ki so bili zbrani in preučeni v okviru naravoslovnih raziskav Cerkniškega polja v letih 1966—1973.

Nastanek in razvoj Cerkniškega polja se neposredno in posredno odražata v speleoloških pojavih v obrobju polja in njegovem skalnem dnu. Poznavanje teh pojavov pa je bilo do pričetka zgoraj omenjenih naravoslovnih raziskav najmanj popolno. Težišče našega raziskovalnega dela je bilo torej v prvi fazi usmerjeno najprej v obsežne ponorne jame ob Jamskem zalivu. Raziskali smo Malo in Veliko Karlovico, Svinjsko jamo, Zelške jame in še nekatere druge ter preučili ponikve, požiralnike, greze in estavele na polju samem.

V drugi fazi je bil poudarek na jamah pritočne strani polja ter na preučevanju klastičnih sedimentov na skalnem dnu polja. Bogato speleološko gradivo je že objavljeno (Gospodarič 1970; 1971; 1971a; 1974; Brodar, M., R. Gospodarič 1973). Novi podatki o geologiji in geomorfologiji ter o klastičnih naplavinah in hidrologiji pa so bili zbrani v tretji fazi speleoloških raziskav Cerkniškega polja, ko smo podali tudi zaokroženo predstavo o paleogeografskem razvoju ozemlja današnjega Cerkniškega polja in njegove okolice v neogenu. Po eni strani smo tako z geološko-geomorfološko analizo spoznali starejša razvojna obdobja, po drugi strani pa smo z analizo speleogenetskih procesov razčlenili razvoj podzemlja v holocenu in mlajšem kvartarju, kar nam je olajšalo tudi razumevanje sedanjih hidroloških značilnosti polja.

Preostala pa je še zahtevna naloga medsebojne primerjave in uskladitve različnih »kronostratigrafskih stolpcev« iz kraškega podzemlja in vmesnega površja na kraškem polju, kjer so skriti sledovi pestrega paleohidrografskega razvoja polja in okolice.

Pri klastičnih naplavinah polja smo se ukvarjali predvsem z vprašanji o sestavi, izvoru, časovnem zaporedju in pogojih odlaganja naplavin na skalno dno polja. Z ročnimi vrtnami in izkopi smo dosegli pestre naplavine, katerih analize so dale obilo novih podatkov, ki jih zadnje takšne raziskave l. 1953 še niso po-

sredovale. S podobnim načinom analize smo se ukvarjali tudi pri fluvialnih sedimentih, najdenih v jamah.

Ker so bistveni geološki in morfološki podatki Cerkniskega polja že objavljeni, jih koristimo le v toliko, kolikor so neobhodno potrebni za dopolnilo in razumevanje razvoja in funkcije kraških pojavov Cerkniskega polja.

Več prostora smo posvetili hidrološkim značilnostim in rezultatom poskusne ojezeritve polja. Prirodoslovne raziskave zadnjih deset let so bile namreč opravljene prav z namenom, da preučimo zamotane vodne razmere in najdemo možnosti za smotrno izrabo tega poseljenega kraškega prostora.

## GEOLOŠKE IN HIDROGEOLOŠKE OSNOVE

Geološke podatke o tem, da je Cerknisko polje izoblikovano v triasnih in krednih kamninah, najdemo v delu B. H a c q u e t a (1779, 133—138), na manuskriptni karti Višnja gora - Cerknica N. L i p o l d a (1857), v opisu geoloških razmer tega kraškega polja W. P u t i c k a (1902), na geološki karti Ajdovščina - Postojna F. K o s s m a t a (1905) ter v geoloških skicah, ki sta jih objavila A. L ö h n b e r g (1934, 10) in G. S p ö c k e r (1932, 261). Jurske kamnine ob Cerkniskem jezeru pa sta prva ugotovila B. M i l o v a n o v i č (1937, 74—78) in J. Ž u r g a (1940, 54).

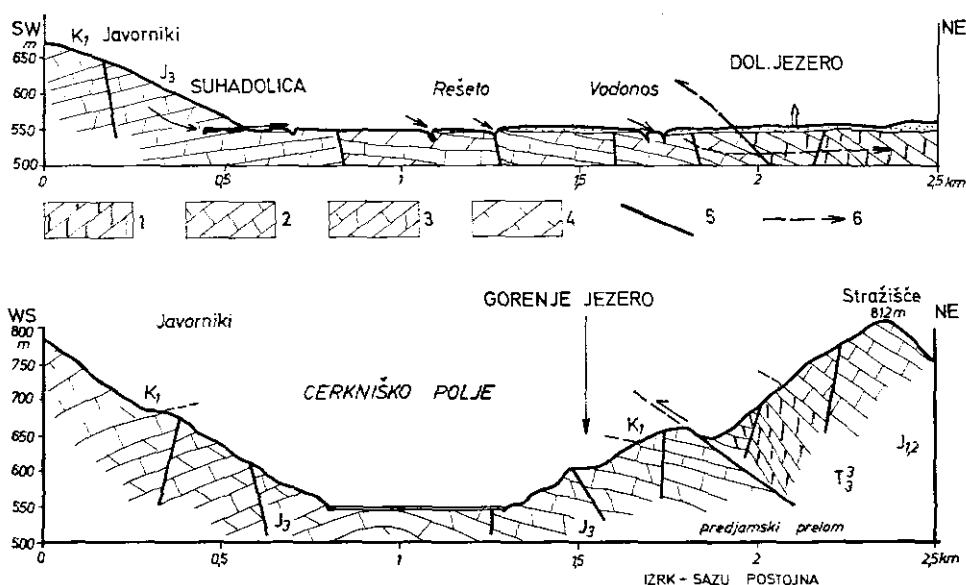
Pomemben napredek v spoznavanju stratigrafije in tektonike polja in njegove okolice je očiten v razpravi M. P l e n i č a r j a (1953), kjer je med drugim govor tudi o pleistocenskih naplavinah na polju in o oblikovitosti skalnega dna. Podatki tedanjega kartiranja in omenjene razprave so s kasnejšimi dopolnitvami (M. P l e n i č a r in D. K e r č m a r 1959; S. B u s e r 1965) zajeti na tiskani geološki karti Postojna 1 : 100 000 iz leta 1967.

Med naravoslovnimi raziskavami v obdobju 1969—1972 smo ugotovili nekaj nadaljnjih geoloških podatkov o stratigrafiji in litologiji ter tektoniki kamnin Cerkniskega polja, ki dopolnjujejo dosedanje znanje. Na novo ugotovljene geološke podatke smo pri geološkem opisu posebej poudarili ter jih upoštevali tudi pri sestavljanju prirejene geološke karte in profilov (sl. 1 v prilogi in sl. 2). Tu so poleg geoloških navedene tudi hidrogeološke značilnosti kamnin.

## LITOLOGIJA IN STRATIGRAFIJA

### TRIAS

V območju Cerkniskega jezera je zgornjetriasni dolomit najstarejša razgaljena kronostratigrafska enota. Na površju vidimo ta dolomit med Planinskim in Cerkniskim poljem ter ob jugozahodnem vznožju Slivnice (1114 m). Vnovič se pojavi v ozkem pasu pri Gorenjem Jezeru, od koder seže na Loško polje. NE del skalne podlage polja je v dolomitu, razen pod Grahovim, Žerovnico in Lipsnjem, kjer je dno v liasnem apnencu. Kamnine spodnjega dela zgornjega triasa v obliki skrilavca, ploščnatega apnenca in boksitnih vložkov v talnini obravnavanega dolomita, so razgaljene šele severno od Cerknice v povirju Cerkniščice.



Sl. 2. Geološka prereza Cerklješkega polja

1 — zgornjetriasni dolomit, 2 — liasni apnec, 3 — malmski apnec in dolomit, 4 — spodnjekredni apnec, 5 — prelom, 6 — tokovi vode

Fig. 2. Geologic cross-sections of Cerklješko polje

1 — Uppertriassic dolomite, 2 — Liassic limestone, 3 — Malmian limestone and dolomite, 4 — Lowercretaceous limestone, 5 — fault, 6 — water flows

Dobro skladovit in pasnat zgornjetriasni dolomit je ob prelomih in lezicah pogostno spremenjen v milonit. Kjer je narinjen na spodnjekredne in malmske kamnine, je milonitna cona debela tudi nad 10 m. V kamnolomih pri Podskrajniku najdeni fosilni ostanki — do 3 mm veliki preseki sferokodij — kažejo, da je tod razgaljen srednji del skladovnice zgornjetriasnega dolomita. Pod Slivnico in pri Gorenjem Jezeru pa vidimo zgornji del te skladovnice, saj jo konkordantno prekrivata liasni dolomit in nato apnec. Najdišče sferokodijev v srednjem delu dolomitne formacije omenja severovzhodno od Cerknice tudi že S. Buser (1966, 385).

V obravnavanem dolomitu so številne vrtače npr. ob stiku z liasnimi kamninami severovzhodno od ceste Cerknica - Rakek - Ivanje selo in v zaledju izvirov Zerovniščiце. Hidrologi so tudi dokazali, da voda iz ponikev (Rešeto, Retje, Vodonos), odteka skozi dolomit proti severu v liasni apnec Logaške planote in dalje v izvire Bistre in Ljublanice. Dolomit ob Cerklješkem polju torej ni povsod vododržen.

#### JURA

Ob Cerklješkem jezeru so jurske kamnine razgaljene predvsem na vzhodnem obrobju tja do Križne gore in Loškega polja. Litiotide govorijo za liasno stopnjo skladovitih apnecov in dolomitov, drugi fosili pa za zgornji lias in

dogger. Hidrozoi *Cladocoropsis mirabilis* (Felix) in *Shuqraia arabidensis* (Dehorne), korala *Doplaraea* sp., alga *Lithocodium* ter foraminifere vrste *Pseudocyclamina jaccardi* (Schrodt) ter taumatoporele, tekstularije in troholine pa nakazujejo spodnje malmsko starost tukajšnjega zrnatega krušljivega apnenca. Nad krušljivim apnencem je neskladoviti zrnati dolomit srednjega malma. Zgornji malm in kreda pa sta ob vzhodnem robu jezera že erodirana. Kamnine te starosti pa gradijo dno in pobočje SW polovice skalnega dna polja. Gornjemalmsko starost apnenca na SW polovici in obodu polja dokazujejo klipeine (*C. jurassica* in *C. inopinata*). Med apnencem so pogostne plasti in gnezda dolomita, najdemo pa tudi gomolje roženca. Skladovitost zgornjemalmskega apnenca je dobro izražena v spodnjem delu skladovnice, v zgornjem delu skladovnice pa so skladi debelejši, kamnina je tudi brečasta.

Pestra litološka sestava jurskih kamnin Cerknškega polja se odraža v različni zakraselosti. Spodnjeliasni dolomit je po zakraselosti podoben zgornjetriasnemu; številne vrtače, gola škrapljasta površja s podzemeljskim pretakanjem vode pa so šele v krovnem liasnem in doggerskem apnencu, ki sta brez dolomita. Tak kras je posebno izrazit severno od Cerknice, kjer se pojavljajo obsežne koliševke. Na Kamni gorici (630 m) so v liasnem apnencu ohranjene sige in fluvialni sedimenti, ki so se nekdanj odložili v podzemeljskih prostorih. Ta kras se posredno razvija še recentno, zaradi podzemeljskih tokov vode, ki iz požiralnikov sredi jezera tečejo proti severu v izvire Ljublanice nekje v globini 50—100m. Posebno hidrogeološko vlogo pripisujemo malmskim kamninam SW polovice polja, kjer se menjava apnenc z dolomitiziranim apnencem. Ta sestava vpliva na drobno oblikovitost obstoječih estavel in ponikev in na nastajanje novih požiralnih mest. Ponikve slutimo tam, kjer so paketi apnenca debelejši, kjer razpoke in prelomi večajo pretrstost in kjer je pokrov pleistocenskih naplavin tanjši kot drugod. Tudi na obodu polja vidimo, da je na malmskem dolomitu površje bolj uravnano in manj zakraselo kot na malmskem apnencu.

#### SPODNJA KREDA

Malmske kamnine konkordantno preidejo navzgor v spodnjekredne kamnine, ki so v njih pianele, miliolide in številne favreine, tekstularije, oftmalidide in vermikulinide. Ti skladoviti in debelo skladoviti apnenci so razgaljeni ob vzhodu Javornikov in v zahodnih obronkih jezera južno od Zelš prav tja do Rakovega Škocjana, v njih pa je tudi jugozahodni del skalnega dna polja, kjer je takoimenovani Jamski zaliv. Nekaj spodnje krede je tudi pri Gorenjem Jezeru, kjer je nanjo narinjen zgornjetriasni dolomit tako kot pri Zelšah.

V skladih spodnjekrednega apnenca je dosti zrnatega dolomita, vendar manj kot v malmskem apnencu. Dolomit nastopa v nepravilnih vključkih poleg apnene breče sedimentacijskega izvora. V zbruskih vidimo številne kristale dolomita okrog posameznih gnezd mikritskega apnenca, poedini kristali pa so tudi v samih gnezdih. Kristali imajo ostre robove in gladke mejne ploskve. Očitno gre za sekundarni nastanek dolomitnih kristalov iz apnenca. Dolomitizacija pa je zajela manj spodnjekrednega, a več malmskega apnenca.

V plasteh spodnje krede so največji speleološki objekti Cerknškega jezera: Velika in Mala Karlovica ter Svinjska jama. Tu je površje najbolj zakraselo, pa tudi skalno dno jezera je v spodnjekrednem apnencu najnižje. Vse kaže, da je litološka sestava (različno debeli skladi, drobnozrnata struktura z malo fosil-

nimi ostanki) ugodna za površinsko in podzemeljsko zakrasovanje, ki ga dolomitizirane cone niso mogle preprečiti. Današnje pretakanje vode skozi te apnence se odvija dokaj neovirano v obliki ponornic in v obliki prenikajoče vode. O tem se bomo prepričali pri speleološki obdelavi jam ob jezeru.

Druge mezozojske in terciarne plasti iz neposredne okolice Cerknškega jezera niso znane. Najbližje so razvite na grebenih Javornikov in v Pivški kotlini. Poznamo pa pestre kvartarne naplavine, ki jih bomo obravnavali v posebnem sestavku.

### TEKTONIKA

Ozemlje Cerknškega polja je v tektonski enoti Visokega krasa, kjer poznamo gube in narive ter različne rupture (glej sl. 1 v prilogi).

#### SMERI PLASTI IN GUB

V območju monoklinale Logaške planote severno od Cerknice vpadajo plasti proti WSW in se šele na Slivnici obrnejo v dinarsko NW—SE smer. Proti Grahovem sestavljajo grahovsko sinklinalo, ki ima v jedru malm Križne gore, na krilih pri Bloški polici oziroma Danah pa doseže površje zgornjetriasni dolomit (glej profil v R. Gospodarič 1974, 360). Ko monoklinala Logaške planote zadene na zgornjetriasni dolomit Rakeka in Planine, pa njene plasti obrnejo proti jugu in jugozahodu, tako da o dinarski usmerjenosti ne moremo več govoriti.

V jugozahodnem delu Cerknškega jezera je dinarska usmerjenost plasti še manj jasna. Pri Gorenjem Jezeru so sicer malmske plasti še v antiklinali NW—SE smeri, vendar to gubo proti severozahodu nadomestijo proti SW, W in NW vpadajoče plasti malma in spodnje krede. Kreda Javornikov ima šele ob eocenskem flišu Pivške kotline NW—SE usmerjene plasti.

Posebno lego imata zgornjetriasni in spodnjeliasni dolomit med Planino, Rakekom in Cerknico, kjer sta vkleščena med kredo Javornikov ter kredo in juro Logaške planote. Okoli Rakeka se pokažejo NE—SW usmerjene lezike, bliže prelomnim kontaktom pa obrnejo v smer predjamskega in idrijskega preloma.

#### RUPTURE

(razpoke in prelomi)

Vode Cerknškega jezera se podzemeljsko pretakajo v pretrem apnencu in dolomitiziranem apnencu. Propustnost v vadozni in freatični coni omogočajo lezike, različni prelomi in razpoke. Kakšne in katere razpoke so pri tem s hidrogeološkega in speleološkega stališča najbolj pomembne, bomo skušali ugotoviti s podrobnim preučevanjem razpok v liasno-doggerskem apnencu med Grahovim in Bločicami na dotočni strani jezera ter v malmskem apnencu in dolomitu v grebenu Drvošča, Klinjega vrha in otoku Goričici, kjer voda komunicira med ponikvami Zadnjega kraja in ponikvami osrednjega dela jezera.

Razpoke je možno preučevati na dva načina — statistično ali genetsko. Prvi način bomo izbrali tedaj, če bomo hoteli ugotoviti le prevladujoče smeri razpok. V ta namen bomo v prostorsko čim manjši golici izmerili čim več razpok (ustaljeno število je okoli 200) ne glede na to, kakšne so. Videli bomo, da nastopajo

razpoke v eni, dveh, treh ali več poglavitnih smereh. Žal pa skoraj ni tako ugodne golice, da bi se v statistično zbranih meritvah in ustrezno sestavljenih diagramih zrcalila resnična razporeditev razpok. Iz objektivnih in subjektivnih vzrokov obstoja nevarnost, da bomo dobili povprečne smeri razpok, ki jih ne bo mogoče pojasniti s tektonskega stališča, niti spoznati njih hidrološkega pomena, ker so lahko te smeri povsem druge, kot pa ugotovljene smeri podzemeljske vode.

Bolj uporaben se kaže drugi, genetski način preučevanja, ki temelji na spoznanju, da so razpoke največkrat zavite za večji ali manjši kot, da prehajajo v radialne razpoke, robno cono in robne razpoke z drugačno orientacijo v prostoru kot pa jo ima inicialno polje začetne, glavne razpočne ploskve (P. B a n k w i t z 1966; R. G o s p o d a r i č 1973). Kamnine so prelomljene s skupinskimi razpokami prostorsko lečaste oblike, katerih razsežnost in sestava sta odvisna od petrografske in litološke sestave kamnine in od glavnih tektonskih napetosti, ki so povzročile nastanek inicialne glavne razpočne ploskve. Kot meritveni podatek pride za tektonsko analizo v poštev le orientacija glavne razpočne ploskve v njenem inicialnem polju, vse druge strukture pa pojasnjujejo sestavo skupinske razpoke. Pri tem preučevanju torej statistično zbiranje meritev ni več v ospredju, saj lahko že z nekaj desetnimi skupinskimi razpok v razmeroma majhni golicu ugotovimo njihovo razmerje do lezik in prelomov, po njihovi sestavi in pogostosti pa sodimo na hidrološki pomen.

Za grafično predstavo razpok je v rabi polarna projekcija meritvenih podatkov na Schmidtovo mrežo. Na spodnjo polovico te mreže projicirani številčni in opisni podatki pokažejo na genetsko podobne glavne razpoke v enem, dveh, le redko v več poglavitnih smereh. Pri tem so lahko manjše radialne in robne razpoke vzporedne z glavnimi razpokami ali pa tudi ne. Na podoben način so projicirane tudi prelomne ploskve, ki dopuščajo sklepe o nastanku v samostojnih smereh ali pa v smereh predhodno razvitih razpok (sl. 3).

Pa poglejmo, kako po gornji metodi zbrani podatki o rupturah v kamnolomu nad Grahovim, v cestnih usekih Klinjega vrha in Drvošca ter v stenah otoka Goričice kažejo na strukturo apnenčevih in dolomitnih skladov ter na hidrogeološko funkcijo ugotovljenih ruptur.

### Kamnolom nad Grahovim

Pred kratkim opuščeni kamnolom ima več odkopnih mest na približno 200 m<sup>2</sup> površine. Liasnodoggerski apnenec so drobili v gramoz za gradnjo cest. Skladi z jasnimi lezikami so debeli med 0,1—1 m. Nagnjeni so do 15° proti severu, vzhodu in jugu, tako da sestavljajo nekako antiklinalno zgradbo, ki pa je le navidezna, kajti plasti so zasukane ob prelomih — zmikih. Ti prelomi se javljajo pogostno v smereh NE—SW, manj pa v smereh NW—SE. Paketi apnenca so premaknjeni bolj ali manj vodoravno ob zelo strmih in valovitih drsnih ploskvah, kje so vidne drsne raze. Takšne raze so tudi na nekaterih lezikah. Ob prelomih je tu in tam tektonska breča, poleg poglavitne drsne ploskve je še več stranskih.

Glavne ploskve razpok, njihove radialne in robne razpoke so razvite v enem sistemu smeri NNE—SSW skoraj vzporedno z večino zmikov. Ne glede na

različne sklade so zelo enotno usmerjene. To govori za njih nastanek pri premikanju paketov in skladov apnenca ob prelomih — zmikih. Nekaj razpok poteka skoraj v smeri W—E, tudi te so spremljajoči pojavi prelomov. Rotacija merjenih razpok na skupno leziko oziroma vodoravne sklade je pokazala, da so vse razpoke verjetno nastale že v različno usmerjenih skladih, to je tedaj, ko se je skladovnica lomila v pakete.

Razpoke glavnega sistema NNE—SSW se pojavljajo v posameznih skladih. Sežejo od zgornje k spodnji leziki ter se v talnino in krovino ne nadaljujejo zvezno. Podolgovata inicialna polja glavnih ploskev so večinoma sredi skladov, navzgor in navzdol k lezikam pa se glavne ploskve drobijo v rahlo odklonjene robne razpoke. V enem primeru je na razgaljeni zgornji leziki sklada videti, da se glavne ploskve razpok pojavljajo paralelno v razdaljah po pol metra. Skladi so pokali istočasno, a ločeno na več mestih. Dobro razvite lezike so onemogočile razvoj daljših zveznih razpok.

V hidrološkem oziru so obravnavane razpoke slabo prevodne, čeprav na gosto sečejo sklade. Glavne ploskve so majhne, zelo ravne, lomine se tesno prilagajajo ena drugi, robne razpoke se le malo odklanjajo od glavne razpoke. Vse to otežkoča neposredno navpično pronicanje padavin v kamnine. Tudi spoznanje, da ploskve obravnavanih razpok niso prevlečene s tanko limonitno skorjo, ki se je lahko izločila le iz prenikujočih padavin, govori za tak sklep.

Limonitne prevleke in obstoječe kraške špranje pa so zelo pogostne na razpokah W—E in NW—SE smeri, ki so sicer v apnencu v manjšini. Te bolj vijugave in hrapave ter peresasto razporejene razpoke so bile za zakrasevanje ugodnejše. Skupaj z lezikami kot najbolj pogostnimi in najdaljšimi zveznimi ploskvami v apnencu sestavljajo prevodno mrežo v vadozni coni, po kateri so pronicale in še pronicajo padavine s površja. Podzemeljsko pretakanje vode v današnji zaliti ali freatični coni pa se lahko odvija skupaj z lezikami po razpokah in prelomih smeri NNE—SSW. Takšno smer ima bližnja vodna jama Žerovnica.

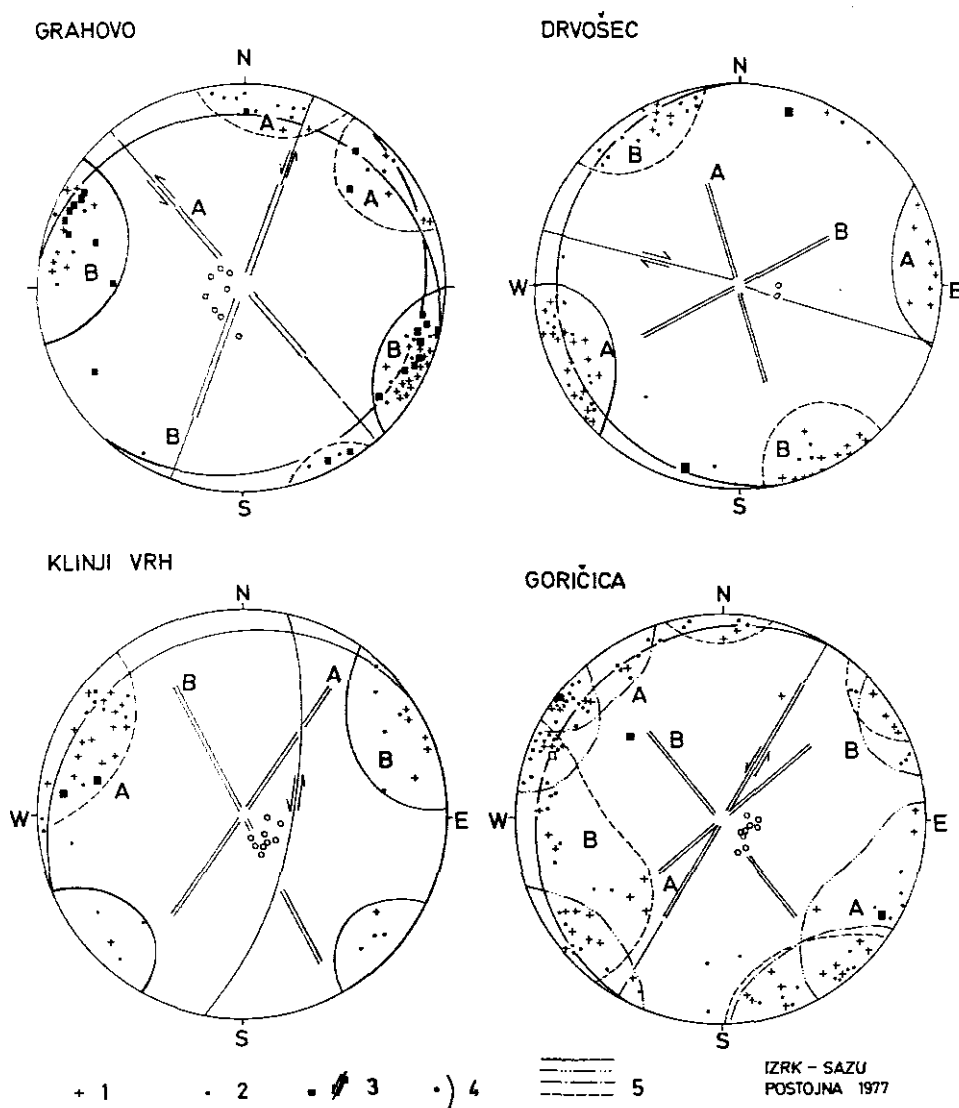
### **Golice ob Drvošču in Klinjem vrhu**

Cesta prek Cerkniškega jezera poteka od Goričice proti Otoku ob robu Klinjega vrha in Drvošča. Razpokanost tukajšnjega malmskega apnenca in dolo-mitiziranega apnenca je bilo možno študirati v dveh 10 m visokih in okoli 100 m dolgih golicah.

Pod Drvoščem so skladi drobnozrnatega apnenca debeli do 1 m. Sredi izbrane 100 m dolge golice poteka navpičen prelom — zmik v smeri WNW—ESE, kjer skladi skoraj niso zasukani, saj v vsej golici vpadajo za 15° proti vzhodu. V obsegu golice smo namerili okoli 100 razpok, katerih glavne ploskve so združene v dveh smereh oziroma sistemih.

Prvi sistem v smeri NNW—SSE ima rahlo povite glavne razpoke in rahlo odklonjene radialne in robne razpoke. Glavne ploskve potekajo prek dveh, treh in več skladov. Prevlečene so z limonitno prevleko, ob nekaterih med njimi so kraške špranje. Za zakrasevanje in prevajanje vode se kažejo bolj ugodne kot pa razpoke drugega sistema v smeri NEE—SWW. Te glavne ploskve se pojav-





Sl. 3. Rupture ob Cerknškem polju

1 — glavne in radialne razpoke s strukturami, 2 — razpoke brez vidnih struktur, 3 — prelomi, večinoma zmiki, 4 — skladi, 5 — območje koncentracije polov ruptur v diagramih (za diagram Goričica glej razlago v tekstu), A, B — poglobitve smeri glavnih razpok z ustreznimi območji koncentriranih polov

Fig. 3. Ruptures around the Cerknško polje

1 — main joints and radial joints with structures, 2 — joints without visible structures, 3 — faults, wrench-faults mostly, 4 — beds, 5 — diagram area of poles concentration (for diagram Goričica see closer explanation in the text), A, B — principal trends of main joints with corresponding concentration pole areas in the diagrams

ljajo v posameznih skladih, pokajo sredi njih in prehajajo navzgor in navzdol v robne cone. Ploskve so gladke in kratke, krajevno nastopajo zelo na gosto.

V 100 m dolgem in 5 m visokem strmem zaseku pod Klinjim vrhom vpadajo pod 1 m debeli skladi dolomitiziranega apnenca za največ 15° proti vzhodu in severovzhodu. Ob edinem vidnem prelomu v smeri N—S so skladi le malo premaknjeni. Že na prvi pogled je videti, da so tukajšnje glavne razpoke razmeroma ravne, vendar manjše kot npr. v apnencu Drvošca, pogosto so na njih nastavljene radialne razpoke in tudi za 90° odklonjene robne razpoke. Okoli 60 merjenih glavnih ploskev se združuje v močnejši in šibkejši sistem.

Glavne ploskve razpok močnejšega sistema potekajo v smeri NE—SW. Nahajajo se v skladih, krajevno zelo na gosto v dm presledku. Inicialna polja so ob zgornji ali spodnji leziki, a tudi sredi sklada. Glavne razpoke se ne raztezajo prek dveh ali treh skladov, pač pa se v vsakem skladu odpirajo nove, podobno usmerjene. Te razpoke imajo limonitno skorjo in korozijsko razjedene površine, kar kaže na njih nekdanjo hidrološko aktivnost.

Šibkejši sistem glavnih razpok v NW—SE smeri seče največkrat 2 do 3 sklade. Poleg glavnih razpok je zelo malo robnih razpok.

Dolomitizirani apnenec Klinjega vrha je zelo na drobno razpokan, vendar zaradi kratkih razpok slabše propusten kot npr. apnenec Drvošca. Če k temu dodamo še relativno slabšo topnost v padavinski in jezerski vodi ter razmeroma stisnjene lezike je razumljivo, da predstavlja hidrološko pregrado.

### Razpoke v apnencu Goričice

V zahodnem, severnem in vzhodnem bregu otoka Goričice se menjavajo 0,5—1 m debeli skladi apnenca in dolomitiziranega apnenca malmske starosti. Skladi vpadajo položno proti zahodu in severu ter v vmesnih smereh, njih paketi so vodoravno prestavljeni v 4 strmih prelomih NNE—SSW smeri. Iz treh posameznih odsekov preiskanega roba smo zbrali skupinske razpoke v diagramu (sl. 3). Poli razpok so dokaj razkropljeni ob robu diagrama, kar je pojasniti z razmeroma dolgo golic in dejstvom, da so razpoke iz apnenca in dolomitiziranega apnenca, ki se različno lomijo. Različno usmerjeni skladi niso vplivali na razporeditev razpok, ker je rotacija na isto smer oziroma vodoravne sklade pokazala še večjo razkropljenost. Na vzhodni strani Goričice je razvita skupina NE—SW usmerjenih glavnih ploskev razpok z jasnimi prehodi v robne cone in robne razpoke. Na severni strani otoka izstopata smeri NE—SW in NW—SE, medtem ko so na zahodni strani glavne razpoke zelo različno orientirane. Vidimo celo, da se strme glavne ploskve povijajo za 90° in da se skupinske razpoke po smeri in sestavi med seboj prepletajo. Korodirane ploskve smo opazili na razpokah NNE—SSW smeri, kjer je tudi največ z limonitno skorjo prevlečenih ploskev. Na razpokah smeri NW—SE, ki nastopajo pretežno v dolomitnih plasteh, pa teh prevlek ni.

Če primerjamo vse tri diagrame razpok z grebena Drvošca in Goričice vidimo, da so hidrološko bolj aktivne razpoke, ki sklade sečejo po dolgem, manj pa tiste, ki sklade križajo počez. Pronicanje padavin je torej možno domnevati ob kombinaciji strmih vzdolžnih razpok in vzdolž položnih lezik.

Po vpadnicah skladov je pretok bolj oviran, ker se na gosto menjavajo manj prepustni skladi dolomitiziranega apnenca in bolj propustni skladi apnenca. S plastmi in razpokami vzporedno potekajoči prelomi so hidrološko bolj aktivni kot prelomi, ki sklade prečkajo.

Odtočne poti v freatični coni iz jugovzhodnega dela Zadnjega kraja pod Drvoščem k ostalemu jezeru so verjetno vezane na smeri lezik apnenca in na vzdolžne razpoke smeri NNW—SSE, iz severozahodnega dela Zadnjega kraja pa proti NNE, ker so tu tako usmerjeni skladi in vzdolžne razpoke.

### Ostale rupture ob Cerkniškem jezeru

Ugotovitve o razpokanosti in domnevnih podzemeljskih vodnih poteh je mogoče prenesti na ostali del požiralne cone Cerkniškega jezera v območje Ponikev, Bečkov, Vodonosa in Rešeta. Tu je skalno dno prav tako iz malmskega apnenca in dolomitiziranega apnenca, vendar pokrito z naplavinami, razgaljeno le ob ponikvah, vendar le toliko, da lahko merimo slemenitev, ne pa razpok in prelomov. Vodopropustne razpoke so verjetno tudi tu vzporedne s slemenitvijo NNW—SSE, saj so v tej smeri razporejene obstoječe ponikve, pa tudi vsa ponorna cona tja do Dolenjega Jezera ima to smer. Ob triasnem dolomitu in ob coni predjamskega nariva se skladi povijajo vzporedno k narivnici.

Na ponorni strani Cerkniškega jezera v spodnjekrednem apnencu ni ugodnih golic za študij razpokanosti. Tudi na pritočni strani okoli Laz in Gorenjega Jezera ni bilo mogoče zaradi pomanjkanja ustreznih golic zaenkrat ugotoviti, kakšne so razpoke in v kateri smeri potekajo.

Rupture z znaki premaknitev na drsnih ploskvah smo merili v usekih cest in v drugih golicah ob jezeru. V skladovitem liasnem apnencu na Kamni gorici (630 m) nad Cerknico potekajo prelomi v NW—SE in NE—SW smeri. Ob cesti med Cerknico in Begunjami je močno zglajena drsna ploskev 115/85 z vodoravnimi razami v levem zniku sestavni del dislokacije, po kateri je Cerkniščica izdelala svojo strugo, preden je dosegla Cerkniško jezero. Podobno usmerjeni prelom poteka ob cesti med Grahovim in Radljekom, saj loči liasni dolomit Slivnice od liasnodoggerskega apnenca Žerunščka; tu je pretrgana grahovska sinklinala. Ta prelom se lahko nadaljuje v skalno dno Cerkniškega jezera.

Ob cestnih ovinkih med Grahovim in Bločicami potekajo prelomi v NNE—SSW in WNW—ESE smeri kot je razvidno tudi iz diagrama razpok, merjenih v opuščnem kamnolomu pri Grahovem. Tudi v SW obodu jezera prevladujejo NE—SW usmerjeni prelomi, kjer sečejo kamnine Zadnjega kraja, Laz in Gorenjega Jezera, so pa tudi v kamninah pokritega skalnega dna jezera na primer pri požiralniku Veliki ponikvi, Sitarici in Bečkih. Pomembnejši od ostalih je prelom na zahodni strani Klinjega vrha (617 m), saj seže od Zadnjega kraja tja do Rešeta.

Na ponorni strani prevladujejo prelomi NE—SW smeri, ki jim sledijo rovi obeh Karlovic blizu ponornega roba jamskega zaliva.

Širši pregled geološke zgradbe Cerkniškega jezera kaže, da so kamnine presekane z mrežo prelomov dekametrskih razsežnosti, da gre za mozaikasto prelomljenost, kjer so posamezni paketi prav malo premaknjeni.

K podobi današnje tektonske zgradbe pa prispevata precejšnji delež dve dislokaciji regionalnega značaja, predjamska in idrijska, ki Cerkniško polje vzdolž prečkata (glej sl. 1 v prilogi).

### **Predjamski nariv**

Nariv deli Cerkniško polje poprek na NE del, zgrajen pretežno iz zgornjetriasnega dolomita in SW del, ki ga sestavljajo malmske in spodnjekredne plasti. Na polju je ohranjen narivni značaj predjamskega preloma, kakor ga je označil F. Kossmat (1905) ter pojmoval in poimenoval J. Rus (1925). Naklon nariva je različen. Med Planino in Zelšami vpada narivna ploskev za 45° proti NE. Na SW strani jezera v grapi nad Gorenjim Jezerom je narivna ploskev prav tako nagnjena proti NE za 30 do 40°. Ob njej so strme lezike spremenjene v tektonska zrcala. Dolomit pa je močno zdrobljen. V večji oddaljenosti od narivne ploskve so skladi dolomita bolj položni, pokrivata pa ga že spodnjeliasni dolomit in apnenec, ki sta nagnjena proti NE za 10 do 20°. V kamnolomu pred vasjo Klance so položne plasti dolomita zasukane proti vzhodu in presekanе s prelomi NW—SE in NE—SW smeri, pa se zdi, da se nekako 100 m od narivne ploskve uravnajo in ne izklinijo, kot bi sodili po vpadu plasti prav ob narivu. Med Klancami in Danami pa je drsna ploskev navpična ali zelo strma, tako kot so strme dolomitne plasti ob njej. Ta sprememba nastopi, kjer v narivnico preide prelom iz doline med Stražiščem (812 m) in koto 694 m. Prelom je moč potegniti do Cerkniškega jezera in še v njegovo skalno podlago, tako da skupaj s predjamskim narivom lečasto objema trias in lias Stražišča (812 m).

V kamnolomu pri Danah pa je opaziti ponovni prehod v položnejšo narivno ploskev (30°) in odcep zmkov proti NE. Kaže se težnja k oblikovanju novega lečastega paketa med zmičnimi prelomi. V sestavo take leče bi lahko šteli pojavljanje jurskega in spodnjekrednega apnenca in dolomita v omenjenem kamnolomu.

Navedena spoznanja omogočajo podati sodbo o predjamskem narivu, ki je na jezeru pokrit s kvartarnimi naplavinami.

Ko doseže predjamski nariv Cerkniško jezero ima za 45° proti NE nagnjeno vpadnico. Ta naklon se obdrži še do sredine polja, kamor se že stekajo prelomi iz Klinjega vrha (617 m) in Cerknice, da bi sklenili lečasto telo zgornjetriasnega dolomita Unca in Rakeka. Na tem območju so pglavitni požiralniki v dnu Cerkniškega jezera. V nadaljevanju preloma proti SW pa lahko domnevamo zelo strm ali celo navpičen stik zgornjetriasnega dolomita in malmskih plasti tja do pojavljanja lečastega paketa Stražišča, ki smo ga omenili že zgoraj.

Predjamski nariv je najstarejša prelomna dislokacija na območju Cerkniškega polja. Glede na njegov potek in tektonske enote, ki se ob njem stikajo, lahko rečemo, da je sestavni del prerivnih struktur, ki so v večjem obsegu ohranjene na ozemlju Trnovskega gozda in Hrušice ter Idrijskega območja. Še posebej je opozoriti na tako imenovani »četrti pokrov« na idrijskem ozemlju, kje leži največkrat triasni dolomit na eocenu in kredi. Na ozemlju Cerkniškega jezera pa leži triasni dolomit na stratigrafsko starejših kamninah. To pomeni, da tu pokrov ni več tako izrazit in izdaten, da prerivni prelom prehaja v narivnega (pod 45°), skratka, da smo bliže njegovi izhodiščni strukturi poševni in prelomljeni gubi.

### Idrijski zmik

Za ta prelom je bila doslej že večkrat dokazana vodoravna premaknitev nagubanih in narivnih struktur v smeri NW—SE (I. Mlakar 1967). Geološka karta okolice Planinskega polja kaže, da sta monoklinala Logaške planote in sinklinala Hrušice premaknjeni relativno vsaj 6 km vsak sebi, če postavimo, da sta obe enoti nekdanj sestavljali skupno strukturo. Ob taki predpostavki pa zadenemo na težave ob strukturah Cerkniškega jezera, kjer taka premaknitev ni več tako jasna.

Med Planinskim poljem in Cerkniškim jezerom je idrijski zmik med zgornjim mezozoikom Logaške planote in zgornjetriasnim ter spodnjeliasnim dolomitom Rakeka. Smeri skladov se prilagajajo smeri tektonske cone, vzporedni prelomi pa vključujejo v prelomno cono leče jure in triasa. V takšni leči je predel Gorice (681 m) nad Rakekom ter več paketov dolomita pri Ivanjem selu med Planinskim poljem in pri Uncu, kjer najdemo celo nariвне kontakte. Te leče se izklinjajo pri Cerknici, kjer idrijski zmik lahko delno preide v predjamski nariv, saj so vodoravne premaknitve na tem prelomu jasno vidne pri Gorenjem Jezeru, lahko pa se nadaljuje v triasnem dolomitu proti SE k Žerovnici in v dolino Štebersčice ter nato v Podlož in v Lož, kjer zapusti obravnavani teren.

Novejše kartiranje je pokazalo, da poteka nek prelom v SW krilu grahovske sinklinale. Ob njem sta krilo in teme gube premaknjena v smislu desnega znika vsaj za 1 km, pretrgane so skladovnice spodnjemalmskega apnenca in dolomita. V teh malmskih kamninah se premik jasno odraža, v triasnem dolomitu in liasnem apnencu med Cerknico in Žirovnico ter vzhodno od Loža pa ga je težje spoznati, ker se stikajo enake kamnine. Obravnavani loški prelom ima značilnosti idrijskega znika, zelo verjetno je njegov sestavni del.

Ob idrijskem prelomu na ozemlju Cerkniškega jezera so nagubane in narinjene skladovnice vodoravno premaknjene v smeri NW—SE, a tudi v smeri, ki je pravokotna nanjo. Takšno zgradbo ob coni idrijskega znika poznamo tudi na ozemlju Idrije, saj je tu ta dislokacija najbolj podrobno preučena. Če pri Idriji znaša vodoravna premaknitev okoli 6 km, potem je ob Cerknškem jezeru možno spoznati le okoli 1 km dolgo vodoravno premaknitev. Ker je močno verjetno, da paketi ob navpičnih drsnih ploskvah niso vodoravno, ampak tudi poševno premaknjeni, so gibajoči bloki prestavljeni tudi po višini, npr. Slivnica je bolj dvignjena v primerjavi s Križno goro ali Kamno gorico oziroma Javorniki. Vodoravne premaknitve so mlajše kot prerivne. Največjo intenziteto so dosegle v mlajšem terciarju, računati pa je z njihovo sorazmerno aktivnostjo tudi v kvartarju.

Prikazani potek obeh poglavitnih prelomov je za hidrološke razmere jezera pomemben, ker kaže, da je med Dolenjim Jezerom in Cerknico paket triasnega dolomita najožji. Sosednji paketi so širši in v njih ni pogojev za podzemeljsko odtekanje vode proti severu. Na najožjem pasu dolomita so vrtime pokazale kaverne še v globini do 100 m, v ta pas pa izginja tudi nekaj vode Cerkniščice (M. Breznik 1961).

## GEOLOŠKI RAZVOJ OZEMLJA OB CERKNIŠKEM POLJU

(slika 4 v prilogi)

Na podlagi doslej znanih in zgoraj obravnavanih podatkov smo sestavili razvojne skice geološke zgradbe današnjega ozemlja Cerkniškega polja v obdobju med eocenom in kvartarjem, ki naj pomagajo razumeti grobo geološko zgodovino obravnavanega ozemlja. V podrobnem je nastajanje današnje zgradbe gotovo mnogo bolj zamotano od prikazanega, vendar bo teoretično in praktično bolj zadovoljive razvojne slike možno sestaviti v bodoče, ko bomo opravili bolj intenzivna preučevanja ožje in širše regije.

1. V posteocenskem obdobju sta bila na površju današnjega Cerkniškega polja in okolice razgaljena zgornjekredni apnenec in eocenski fliš, ki verjetno ni segal dlje proti severu od današnjih Javornikov. Kamnine so bile rahlo nagubane, v splošnem pa nagnjene proti jugozahodu, saj jih je imeti za sestavni del obsežnejše borovniške antiklinale. Ozemlje Cerkniškega polja je bilo tedaj le malo nad morje dvignjeno kopno.

2. Intenzivno gubanje v začetku neogena, ki je zajelo vse ozemlje Slovenije oziroma alpsko in dinarsko sedimentacijsko območje, se je na ozemlju Cerknice posebej uveljavilo v gibkih srednjetriasnih kamninah. Gibljive zgornjetriasne in ostale mezocoidske kamnine nad njimi so se sprva povile v prevrnjeno gubo, nato pa prelomile, tako da je NE krilo zdrselo na SW krilo. Nastal je današnji predjamski nariv, ki je bil proti površju vedno bolj položen, v globino k spodnjetriasnim kamninam pa strm. Celotno ozemlje se je precej dvignilo nad morsk gladino, erozija pa je spreminjala površje. V NE krilu so bile razgaljene spodnekredne in małmske kamnine, narivnica je potekala nekako po današnjem NE pobočju Javornikov, meja med eocenskim flišem in krednim apnencem pa se je zaradi erozije pomaknila proti SW.

3. Zaradi spremenjenih tektonskih napetosti v zemeljski skorji se je po narivanju v pliocenu uveljavilo premeščanje kamnin ob novi navpični dislokaciji — današnjem idrijskem zniku. Geološka zgradba kaže, da so se taki premiki uveljavili tudi na starejšem predjamskem prelomu. Tedaj so v kamninah nastale pretežno vzdolžne razpoke, ki smo jih pri obravnavi ruptur spoznali za starejše. Erozija je nadalje razgaljala mezocoidske kamnine in zniževala površje na obeh straneh narivnice, tako da se je ta premaknila še bolj proti severozahodu.

4. Struktura se je nadalje spreminjala v zgornjem pliocenu in spodnjem kvartarju. Paketi so se vodoravno in poševno najbolj intenzivno prestavljali, skladi pa so tokrat razpokali tudi počez. Erozija je hkrati zniževala površje različno dvignjenih strukturnih enot. Na površju se je pokazala zamotana sestava obeh pglavitnih dislokacij kot so prečni zniki in lečasto oblikovane in zdobljene tektonske cone.

5. Današnja geološka zgradba je približno takšna kot v mlajšem in ostalem kvartarju. Relief je nižan za okoli 2000 m. Prvotno 2,5 km oddaljeni gubi sta za enkrat bliže ena drugi, narivnica pa je razgaljena za km bolj severovzhodno kot poprej. Domnevamo, da je NE krilo dvignjeno ob narivu skupno za več kot 1,5 km, strukturni paketi pa vodoravno premaknjeni ob pglavitnih dislokacijah najmanj za 1 km, ob manjših znikih pa ustrezno manj.

## OBLIKOVANJE RELIEFA V OBMOČJU CERKNIŠKEGA POLJA

### PREGLED DOSEDANJIH NAZIRANJ O NASTANKU IN RAZVOJU POLJA

Iz dosegljive literature smo zbrali mnenja o nastanku polja in jih razvrstili v 3 poglavitne skupine: tektonsko — udorni, erozijski in korozijski nastanek. Kar zadeva tektonski nastanek skoraj vsi v spodnji tabeli navedeni avtorji mislijo na udore, ki bi naj dali polju nekakšno poglobljeno obliko. V vseh delih je upoštevana tektonska zveza med dolomitom in apnencem, vendar nanjo vežejo nastanek polja neposredno. Razlike nastopijo šele v pogledih o pomenu in prevladovanju poedinih činiteljev na posamezne razvojne faze in nekdanje uravnave Notranjskega podolja. Z deli J. Cvijića (1895; 1901) in F. Kossmata (1897; 1916) smo dobili prve geomorfološke podatke o razvoju polja, ki temeljijo pri prvem na opisnem postopku, pri drugem pa na razvojni shemi reliefa in geoloških procesov v neogenu. Nekatera starejša stališča pa izven teh spoznanj razlagajo nastanek polja in njegove poplave z udiranjem stropovja nad jamami (W. Putick 1888, 9). Ta odlični poznavalec cerkniškega podzemlja je v zarušitvah in naplavljanju sedimentov videl vzroke nastajanja polja in poplav, ki jih je upal odpraviti z odstranjevanjem podornega materiala pred jamskimi vhodi, se pravi ob vsem ponornem robu. Tako je mislil tudi E. A. Martel (1894, 458).

Zagovornik udornega nastanka je bil tudi V. Knebel (1906, 165). Spčetka je takšen nastanek Cerkniškega polja zagovarjal tudi J. Cvijić (1895, 148), pozneje (1926, 408) pa je upošteval tudi erozijsko delovanje reke verjetno pod vplivom Kossmatovih razprav. Misel o udorih zasledimo še pri F. Krausu (1894, 141), ki je za poglobitev upošteval tudi erozijo.

Pregled mnenj o nastanku Cerkniškega polja pri različnih avtorjih:

Tektonsko udorni	Erozijski	Korozijski
W. Putick 1888		
F. Kraus 1894		
J. Cvijić 1895; 1926		
V. Knebel 1906	F. Kossmat 1897; 1916	
	H. Krebs 1924	
	J. Rus 1925; 1930	
	G. Spöcker 1932	
	A. Löhnberg 1934	
	A. Hočevar 1940	
	M. Pleničar 1953	
	A. Melik 1955	
	F. Jenko 1959	
		D. Kuščer 1963
		I. Gams 1965; 1966; 1973

F. K o s s m a t (1916) je govoril o razvoju reliefa v okolici Cerkniškega jezera na podlagi geoloških in geomorfoloških primerjav. Zelo jasno je povedal, da so dislokacije, ki polje križajo, starejše kot suhe doline in kraška polja. Zato so pri oblikovanju depresij udeležene le posredno, ker se pač ob njih stikajo različno odporne kamenine (1916, 656).

K o s s m a t postavlja izoblikovanje rečnih dolin v pliocen, v konec te stopnje pa poglobljanje in širjenje teh dolin v posamezna kraška polja. To je hipoteza o erozijskem nastanku Cerkniškega polja. Njegovi argumenti so bili tako prepričljivi, da so jih kasneje prevzeli J. R u s (1925), G. S p ö c k e r (1932), A. L ö h n b e r g (1934), A. H o č e v a r (1940), M. P l e n i č a r (1953), A. M e l i k (1955) in F. J e n k o (1959).

J. R u s (1925, 106—111) je bolj določno pisal o ravniku pliocenske Ljubljanice, ki je začela v pliocenu izginjati v apnenčevo podzemlje, na dolomitu pa je še naprej erodirala. Tako so nastale višinske razlike ob stiku apnenca z dolomitom, kjer je voda zastajala in poplavljala, skratka ustvarila izolirana kraška polja z ravnim dnom, med njimi tudi Cerkniško.

G. S p ö c k e r (1932, 273) je zaradi napačnih geoloških podatkov (celotno dno polja je v triasnem dolomitu, dva vzdolžna preloma pa ob obodih polja) mislil, da je polje nastalo ob treh prelomih, pozneje pa še z normalno rečno erozijo.

A. L ö h n b e r g (1934, 70) je del polja na dolomitu pripisal eroziji, del na apnencu pa udorom. Isti raziskovalec je kot prvi razčlenil terase na pobočjih polja med 650 do 480 m in jih dokaj ponesrečeno primerjal z obstoječimi vodnimi horizonti. Tako npr., primerja uravnavo 630 m z vodnim tokom v Križni jami, ki se z višino 620 m na kratki razdalji spusti k izviru Podsteberšice ob polju na 560 m. Z razvojnega stališča zgornja primerjava ničesar ne pove.

Po A. H o č e v a r j u (1940, 29) je Cerkniško polje nastalo z erozijo materiala, ki ga je voda odnašala z uravnava na nadmorski višini 650 m v ponor v Vranjem dolu, s terase 580 m v Svinjsko jamo in Dobrovčo jamo in v ponor pod Koriti nad Malo Karlovico (570 m). To so tudi nekatere L ö h n b e r g o v e terase. Kot pa danes vemo, so ti domnevni ponori le sekundarni vhodi v spodnje starejše podzemeljske prostore. Namesto njih bi bilo v višini 650 m upoštevati ohranjeno suho dolino, ki se vleče proti zahodu v Rakov Škocjan (A. M e l i k 1951, 27; I. G a m s 1965, 84).

M. P l e n i č a r (1953, 116) je zastopal K o s s m a t o v o mnenje o razširjenem delu doline, prodnate in ilovnate naplavine na skalni podlagi pa mu dokazujejo star rečni tok in več ojezeritev. Prod in grušč so dajale hudourniške grape. Ena med njimi naj bi segala na polje z grebena med Menešijo in Slivnico, njene vode pa so pozneje pretočile predhodnico Cerknišice proti jugu. Po A. M e l i k u (1928) se je ta pretočitev zgodila v pliocenu, po I. G a m s u (1965) pa v kvartarju.

Podatke vrtnanja in palinoloških analiz je uporabil A. M e l i k (1955, 144) pri razlagi geomorfoloških in hidrografskih pojavov na kraških poljih Slovenije v pleistocenu, posebej še na Cerkniškem polju. Podprl je K o s s m a t o v a izvajanja in dodal, da je bilo konec pliocena dno polja že golo in preluknano, z nastopom ledene dobe pa so depresijo pokrile rečne naplavine v povprečni debelini 5 m. Po fosilnem pelodu sodeč, pa kažejo te naplavine kvečjemu mlado pleistocensko starost (A. B u d n a r 1953). Ob M e l i k o v i razlagi bi se ledena



doba odražala na polju v zelo tankem pokrovu naplavin. D. K u š č e r (1963, 9) pa je podvomil celo v pleistocensko starost naplavin. Prav tako se mu ne zdi verjetno, da bi bočna erozija reke razširila nekdanje dno doline v polje, ker bi lahko v enaki meri razširila ostale dele suhih dolin, ki so na enaki geološki podlagi. Obe polji Cerknisko in Planinsko sta po njegovem korozijskega nastanka.

Z geomorfološko metodo drobnega razčlenjevanja reliefa ob Cerkniskem polju se je ukvarjal I. G a m s (1965, 84—87). Polje naj bi nastalo v kvartarju iz dveh vzporednih, dinarsko usmerjenih dolin, kjer so se uveljavili procesi pospešene korozije. Poleg korozijskega zniževanja pa je upoštevati še udiranje stropovja nad podzemeljskimi prostori npr. v Jamskem zalivu in v Zadnjem kraju, kjer je I. G a m s predvideval začetni podzemeljski odtok vode iz nastajajočega Cerkniskega polja. V klasifikaciji kraških polj govori I. G a m s (1973) o pretočnem in robnem kraškem Cerkniskem polju.

Morfološki razvoj polja in njegovega širšega zaledja so raziskovalci skušali razčleniti na podlagi reliefnih značilnosti. Sledili so različnim fazam fluvialnega in kraškega uravnavanja, razčlenjevanja ter poglobljanja reliefa pod vplivom splošnih epirogenetskih pa tudi lokalnih neotektonskih premikov. Zakrasevanje se je sprva uveljavilo v obrobni apniških predelih, v poznejšem razvoju pa se je stopnjevalo zaradi morfoloških sprememb v spodnjem delu porečja Ljubljaničice, ki jih je povzročilo predvsem neotektonsko poglobljanje Ljubljanskega barja. Po dokončni prestavitvi površinskih tokov v podzemlje so na oblikovanje kraških globeli vplivale predvsem klimatske spremembe v kvartarju in tedaj so prišle do veljave tudi podedovane morfološke in hidrografske osnove ter reliefne značilnosti ob stiku dolomita in apnenca.

## RAZVOJ RELIEFA MED JAVORNIKI IN BLOŠKO PLANOTO

(slika 5 v prilogi)

Cerknisko polje leži v obsežni reliefni vrzeli med dvema višjima planotama. Najvišji vrhovi na vzhodni Pokojiško-bloški planoti danes ne segajo veliko čez 1100 m (Slivnica 1114 m, Racna gora 1140 m), na zahodni strani pa so vrhovi nekaj višji (Javornik 1268 m, Škodovnik 1257 m, Bička gora 1257 m). Na obeh straneh Cerkniske doline lahko sledimo ob najvišjih vrhovih slemenske in vršne nivoje. Na zahodni strani prevladujejo v višinah med 900 in 1000 m, medtem ko je na vzhodni strani najvišje planotasto površje ohranjeno v višinah med 800 in 850 m. Vse kaže, da je ta razlika nastala pod vplivom različnega tektonskega dviganja na obeh straneh idrijskega preloma. Ne smemo prezreti, da so k temu lahko prispevale nekoliko tudi razlike v odpornosti kamnin. Pretežni del vzhodnega planotastega površja je na dolomitu, kjer prevladuje površinsko fluvialno oblikovanje, medtem ko je zahodni del na apnencih sproti zakraseval in je tam namesto uravnavanja prevladovalo kraško razčlenjevanje.

Fluvialno preoblikovanje je vztrajalo predvsem na triasnem dolomitu in skrilavcih v porečju Cerkniščice in je potekalo skladno z razvojem Notranjskega podolja, ki je s prvotnim površinskim odtokom predstavljalo lokalno erozijsko bazo. S prestavitvijo površinskih voda Notranjskega podolja v podzemlje pa je vlogo erozijske baze Cerkniščice prevzelo Cerknisko polje. V porečju sedanje Cerkniščice so ohranjene številne terase, ki nam olajšujejo preučevanje morfološkega razvoja tega porečja kot tudi primerjavo z reliefnimi značilnostmi

Cerkniškega polja. Zaradi različne geološke zgradbe in hidrogeografskega zaledja so na približno enako obsežnem prostoru nastale bistveno drugačne reliefne značilnosti. Pod enakimi klimatskimi in splošnimi morfo-genetskimi pogoji se je v porečju Cerknišči-ce oblikoval dolinast in grapast relief, na območju Cerkniškega polja pa se je predvsem zaradi koncentracije skoraj 10-krat večjih vodnih količin oblikovala sprva široka ploska dolina. Pozneje se je v njenem dnu razvila plitva, toda razsežna kraška globel, ki so ji šele mlade kvartarne naplavine dale podobo današnjega kraškega polja.

Dolina med Javorniki in Slivnico je nastajala verjetno v enakih stopnjah kot jih sledimo v povirju Cerknišči-ce. Toda na pobočjih Slivnice in Javornikov skoraj ni reliefnih polic, ki bi ustrezale terasam v porečju Cerknišči-ce. Po našem mnenju so izginile s širjenjem Cerkniške doline. Nasprotno pa so police v ustreznih višinah izrazitejše v predelu med Cerkniškim in Loškim poljem, a tudi na odtočni strani Cerkniškega polja ob neposrednem vznožju Javornikov. Vrsta kopastih vrhov in teras nakazuje skladno zniževanje reliefa na obeh straneh Slivnice.

Kopasti vrhovi med Cerkniškim in Loškim poljem Stražišče (812 m), Devin (792 m), Jesenovce (818 m), Križna gora (858 m) ter Golo (874 m), Draga (805 m) in Lisec (873 m) so ostanki sklenjene uravnave v višinah nad 800 m, ki je tudi na Bloški planoti in v obrobju Loške doline lepo ohranjena. Pod ostanki tega planotastega površja so nižji prevali, robne police in v kopaste vrhove razčlenjeni ostanki nižje uravnave oziroma erozijske stopnje, ki jo v celotnem predelu sledimo v višinah med 700 in 750 m.

V porečju Cerknišči-ce in Blošči-ce pripadajo tem višinam številna slemena, medtem ko so ostanki tega površja v obrobju Cerkniške in Loške doline bolj skromni. Ko se je oblikovalo to površje, je porečju nekdanje Cerknišči-ce oziroma prvotne Begunjšči-ce, ki se je odtekala še v smeri proti Logatcu, pripadalo celotno porečje sedanje Blošči-ce (A. Melik 1928, 76). Reliefne poteze v razvodju med obema porečjema to jasno kažejo. V predelu med Cerkniškim poljem in Loško dolino pa se je začela diferenciacija reliefa, saj erozija ni uspela znižati nekaterih delov starejše uravnave. Po teh značilnostih sklepamo, da sta se že takrat začeli ločeno oblikovati Cerkniška in Loška dolina, čeprav sta bili še povezani s površinskim tokom. Reliefne oblike so se začele prilagajati hidrogeološkim razmeram.

Še bolj so se te razlike uveljavile v naslednji fazi poglobljanja reliefa, ko so bili izoblikovani vrhovi, police in zatrepi v višinah med 650 in 680 m. Sledimo jih lahko po vsem obrobju Cerkniškega polja ob vznožju Javornikov, na obrobju Rakove doline. Tudi ostanki takratnega dolinskega dna v Postojnskih vratih in drugod po Notranjskem podolju se skladajo s terasami ob Cerknišči-ci, ki niso posebno razsežne. Pač pa so v porečju Cerknišči-ce nastale v tej fazi razvoja pomembne spremembe. Nedvomno je poglobitev reliefa hitreje napredovala v Notranjskem podolju in v njegovem neposrednem zaledju v območju Cerkniškega in Loškega polja kot v povirju Cerknišči-ce. S poglobitvijo osrednje Cerkniške doline se je na Bloški planoti preusmeril odtok. Južni del doline se je hitreje poglobljal zaradi podzemeljskega odtoka proti Bloški polici, nato se je tudi severni del Blošči-ce preusmeril iz porečja Cerknišči-ce proti jugu. Na Bloški planoti se je začelo oblikovati samostojno hidrografsko omrežje s podzemeljskim odtokom. Cerknišči-ca je bila prikrajšana za skoraj polovico prvotnega porečja.

Na območju Loškega polja je zakrasevanje očitno v tej fazi že toliko napredovalo, da je površinski odtok proti Cerkniškemu polju komaj še oblikoval ozko dolino, predno se je dokončno prestavil v podzemlje. Najnižji preval v današnji suhi dolini med Cerkniškim in Loškim poljem je v višini okrog 640 m, medtem ko je preval v tem predelu nekaj širši šele v višinah med 670 in 700 m.

Sledila je nova faza v razvoju reliefa, ki je zapustila obsežen ravnik v Notranjskem podolju med Hrušico in Pokojiško planoto, pa tudi v porečju Cerknishčice, ki se je tedaj poslednjič odtekala še v smeri proti Logatcu, so terase v višinah med 600 in 630 m sorazmerno najbolj razsežne. Poglobitev v tej fazi ni bila posebno izrazita, precej bolj učinkovito je bilo zato uravnavanje. V tem času se je poslednjič sklenjeno oblikovalo celotno Notranjsko podolje s površinskimi vodami in tudi vode iz Pivške kotline so še površinsko pritekale skozi Postojnska vrata in v zadnjem delu te faze izoblikovale ozko suho dolino med Ravbarkomando in Uncem.

Z erozijsko in deloma tudi tektonsko poglobitvijo spodnjega dela porečja Ljubljanice je v naslednji fazi sledilo kraško razčlenjevanje Notranjskega podolja in lokalno poglobljanje reliefa v območju kraških polj, v vmesnih predelih pa je prevladalo podzemeljsko pretakanje in oblikovanje kraškega podzemlja. V tej fazi se je dejansko šele začel kraški razvoj Cerkniškega polja.

### OBLIKOVANJE KRAŠKEGA CERKNIŠKEGA POLJA

Kraško poglobljanje Cerkniškega polja je bilo na eni strani pogojeno z razvojem podzemeljskega odtoka, po drugi strani pa s površinskimi procesi na območju polja in v njegovem obrobju. Pomembno vlogo pri oblikovanju in poglobljanju dna je imela tudi površinska Cerknishčica, ki je še v višinah okrog 610 m odtekala proti severozahodu in izoblikovala od Begunj do Logatca obsežen ravnik, pozneje je bodisi zaradi lastnega naplavljanja ali zaradi zadenjske erozije potoka z obrobja Cerkniškega polja preusmerila svoj tok ob vznožju Slivnice na Cerkniško polje (A. Melik 1928, 70—71). Na oblikovanje Cerkniškega polja in njegove hidrološke razmere je Cerknishčica vplivala predvsem s svojimi naplavinami, s katerimi je zasipala odtočne kanale in je zaježevala podzemeljski odtok. Z naplavinami je zaščitila skalno dno polja pred erozijskim poglobljanjem, hkrati pa vplivala na korozijsko širjenje polja ob robu naplavljenega ravnic predvsem na apnencih ob vznožju Javornikov in na odtočni strani.

Poleg Cerknishčice so precej drobirja in naplavin prispevali tudi strmi bregovi dolomitne Slivnice, ki so bili zlasti v hladnih obdobjih izpostavljeni intenzivnemu razpadanju in spiranju. Zasipanje odtočnih kanalov je zadrževalo vode na površju in pospeševalo korozijsko širjenje skalnega apniškega obrobja. Skoraj ves apniški rob polja je strm in spominja na obrežni klif, ki je verjetno bolj korozijskega kot abrazijskega nastanka. Pomen ploskovne denudacije s strmih dolomitnih bregov Slivnice se kaže tudi v območju Grahovskega zatropa, kjer je nastala obsežna reliefna vrzel v obrobju polja, ob vznožju zatropa je ohranjeno starejše živoskalno dno polja. Po drobnih reliefnih značilnostih dna in obrobja polja odkrivamo zaporednost pojavov in procesov pri nastajanju in oblikovanju celotnega Cerkniškega polja, zato si bomo nekatere teh značilnosti podrobneje ogledali.

Strmo in visoko pobočje Slivnice je izredno skromno razčlenjeno. Ob vznožju na prehodu v dno polja je rahel pregib v strmini, ki je predvsem posledica denudacijskih procesov. Le manjše, neizrazite grape so zarezane v pobočje Slivnice. Pravo nasprotje temu delu oboda Cerkniškega polja je morfološko izredno razčlenjeno kraško pritočno obrobje v predelu med Žerovnico in Gorenjim Jezerom. Tamkajšnja razčlenjenost reliefa je prav gotovo posledica pestre geološke zgradbe in izdatnejšega fluvialnega erozijsko-denudacijskega pa tudi korozijskega delovanja kraških voda na pritočni strani polja.

Medtem ko je v geološko homogenem dolomitnem pobočju nad Grahovim nastal značilen enostaven zatrep, se je v predelu med Žerovnico, Bloško polico in Šteberkom izoblikoval znatno bolj razčlenjen in sestavljen zatrep. V območju Bločiškega zatropa se stikajo apnenci in dolomiti, poleg lokalnih voda pa so v ta predel usmerjene tudi podzemeljske vode iz Blok in kraškega predela med Blokami in Loško dolino.

V Grahovskem zatrepu, ki so ga oblikovale le padavine s tega območja, ni ohranjenih erozijskih stopenj, ki bi ustrezale postopnemu poglobljanju Cerkniškega polja. Očitno pa je zatrep starejši od današnjega skalnega dna polja, saj je ob njegovem vznožju skalna polica, ki pripada višjemu, starejšemu dnu polja. To je hkrati dokaz intenzivnejšega oblikovanja pobočij v obdobju pred zadnjo poglobitvijo polja.

V sosednjem Bločiškem zatrepu lahko sledimo vse faze poglobljanja polja. Najvišje terase ob robu in sam zatrep v zgornjem delu Bloške police ustreza terasam v višinah med 720 in 750 m. Nižji zatrep Bloške police in posamezni vrhovi južno od Bločic pripadajo terasam med 650 in 680 m. V to površje sta v naslednji erozijski fazi poglobljena dva ločena zatropa v višini med 610 in 630 m. Pri Bločicah je zaključen zatrep, ki se višje neposredno nadaljuje v zatrep Bloške police. Pod Križno goro je nastal zatrep ob Šteberščici. Prvotno sklenjeno dno obeh zatrepov je bilo pozneje razčlenjeno z novimi zatrepnimi stopnjami ob Žerovniščici in Šteberščici v višinah 580—590 m in 565—570 m. Na višjo sklenjeno polico opozarjajo danes le enako visoki griči. K njenemu razčlenjevanju so precej prispevali prav erozijski procesi ob izvirih, v razporeditvi grap in vrhov pa se odraža tudi razlika v odpornosti kamnin. Pri Bločicah se je v prvotnem zatrepu izoblikovala lokalna kraška globel očitno pod vplivom denudacije z dolomitnih bregov severno od Bločic in korozijskega poglobljanja dna na apnencih južno od naselja. Delno so k temu prispevale tudi vode, ki so se prelivale v izvire Žerovniščice. Morfološki razvoj celotnega Bločiškega zatropa je izredno pester ter predstavlja s Križno jamo ter izviri Žerovniščice in Šteberščice enega najbolj zanimivih delov kraškega obrobja Cerkniškega polja.

Postopno zakrasevanje višjega obrobja polja se kaže v zatrepnih dolinah, ki so nastale predvsem ob kraških izvirih in so razvrščene v stopnjah od zgornjega zatropa Bloške police v višini 710 do 720 m do sedanjih izvirov v višini 565 m.

Med Lipsnjem in Gorenjim Jezerom je v obodu polja obsežen dolinski zatrep imenovan Vrtačna dolina med Stražiščem (812 m) in Jesenovcem (818 m). Na obeh straneh Devina (792 m) vodita ozka prevala proti Loški dolini v višini 690 do 700 m, medtem ko se vznožje zatropa razširi in nekoliko zravna v višinah med 590 in 570 m. Očitno pripada tudi to površje starejšemu dnu polja, na hidro-

loško funkcijo zatrepa pa opozarjata dva izvira v najmanjših zatrepnih dolinicah južno in severno od vasi Goričica.

Pri Gorenjem Jezeru višji zatrepi niso ohranjeni. Verjetno jih je izdatna zadenjska erozija ob izvirih Obrha in Stržena uničila in zabrisala sledove postopnega spuščanja izvirov. Edino v višinah med 590 in 600 m je ohranjen zatrep, ki bi ustrezal polici 620 m na ponorni strani Loškega polja.

Iz Loškega polja se je pretok v celoti prestavil v podzemlje po izoblikovanju prevala v suhi dolini med Danami in Gorenjim Jezerom v višini 640 in 650 m. Na območju Cerknškega polja so pod tem prevalom nastale police v višinah med 600 in 630 m, ko so vode dalje še površinsko odtekale. Pod omejenim prevalom na odtočni strani Loškega polja se je izoblikovalo široko skalno dno v višini med 580 in 590 m. Višje police so ohranjene le ponekod in še to v zelo majhnem obsegu v višinah med 600 in 610 m. Po teh skromnih sledovih pa vendar lahko sklepamo na najstarejše kraško dno Loškega polja. Očitno je bilo poznejše izoblikovanje dna med 580 in 590 m najbolj učinkovito, saj predstavlja še danes na Loškem polju osrednjo uravnavo. Vanjo so se v naslednji fazi zarezala le še korita površinskih tokov. Bolj na široko pa se je izoblikovalo najmlajše dno polja le ob ponorih in v predelu med Pudobom in Danami. Najnižje skalno dno Loškega polja je v višini okrog 560 in 570 m in je skoraj 20 m višje kot na Cerknškem polju. Po morfoloških značilnostih pa se od njega tudi bistveno loči. V celoti se je Loško polje kraško poglobilo za okrog 80 m, kraško poglobljanje pa se je začelo bolj zgodaj kot na Cerknškem polju, ki je poglobljeno le za 40 m.

Jugozahodno obrobje Cerknškega polja je na prvi pogled zelo premočrtno tako v vzdolžni kot tudi v vertikalni smeri od najvišjih vrhov do dna polja. Po takšnih reliefnih potezah bi mogli sklepati na tektonsko zasnovo tega obrobja. Kljub temu so ponekod ob vznožju ohranjene manjše police v stopnjah, ki se skladajo s starejšimi terasami in nivoji okrog Cerknškega polja. Nad Lazami so police v višinah med 720 in 770 m (Vodinek 728, Šmarni hrbet 767), nižja pa je Kurjica (621), ki jo po višini primerjamo s Klinjim vrhom (617) nad Goričico in je del obsežnega najnižjega predkraškega dna polja. Sledijo še nižje police ob vznožju Javornikov, ki so nastale že pod vplivom kraškega poglobljanja. Najobsežnejši ostanek starejšega kraškega dna pod Javorniki se vleče od Goričice čez Drvošec na Otok. Po nastanku se sklada z višjim skalnim dnom ob vznožju grahovskega zatrepa in s terasami ob Žerovniščici ter Šteberščici. Premočrtno pobočje Javornikov se je izoblikovalo v glavnem že pred kraško poglobitvijo, le na posameznih mestih je širjenje tudi ob najmlajši poglobitvi seglo prav pod starejše strmo pobočje, npr. v Zadnjem kraju. I. G a m s (1965, 92) uvršča Zadnji kraj med doline, ki so začele nastajati z udori jamskega stropovja. Toda po podrobnejših morfoloških raziskavah tega naziranja ne moremo podpreti. Nikjer v obodu ni večjih jam, pa tudi hidrogeološke in morfološke značilnosti ne kažejo, da se je jezerski zaliv za Otokom in Drvošcem razvil bolj v smislu podgorske doline s korozijskim poglobljanjem starejšega jezerskega dna ob strmem vznožju Javornikov. Na prvi pogled sega tudi v Jamskem zalivu današnje skalno dno neposredno pod strmo vznožje Javornikov, toda prav pri Nartih je ohranjena denudacijska polica starejšega dna polja, v katero je zarezan sedanji breg.

Svojevrsne morfološke razmere ob vznožju Javornikov so v predelu med Cerknškim poljem in Rakovim Škocjanom. Tam so ohranjene starejše police

v prvotnem obsegu, ker poglobljanje polja ni seglo do njih. Nadlišek (708) in Škanski grič (704) spadata med ostanke površja, ki jih nakazujejo tudi police v porečju Cerknjšice v višinah med 720 in 750 m. Del tega površja sledimo v najvišjih vrhovih Postojnskih vrat kot so Počivalnik (725), Travni vrh (734), Koliševka (751). Nižje police so ob Škanskem griču na cerknjški kot tudi na škocjanski strani v višinah 630 do 640 m. Posebno obsežna je polica na zahodni strani Rakovega Škocjana ob vznožju glavnega hrbta Javornikov. Podobno površje je tudi v Postojnskih vratih med Ravbarkomando in Strmico. Vrhovi v višinah med 630 in 650 m so značilni tudi za ves obod Unškega polja in Ravnika.

Površje v višinah med 600 in 620 m, ki se sklada z obsežno uravnavo ravnika med Cerknico in Begunjami, je v predelu nad Karlovice ob vznožju Nadliška in Škanskega griča razmeroma skromno. Ohranjeno je na obrobju Balantovih dolin, v Cvingerju — Gradišču in severno od Škanskega griča, pa tudi na dolomitu med Podskrajnikom in Rakekom so posamezni hrbti v teh višinah. To površje predstavlja hkrati najnižje sklenjeno obrobje odtočne strani Cerknjškega polja. Vanj so poglobljene le nekatere ozke suhe dolinke, na primer ob cesti na Rakek ali iz Zelš v Rakov Škocjan. Najnižji prevali v teh suhih dolinkah so proti Rakovemu Škocjanu v višinah med 585 in 590 m, proti Rakeku pa med 565 in 570 m. Tu sicer ne moremo zatrdno ugotoviti, koliko se je ozek preval znižal že po prekinitvi površinskega odtoka iz Cerknjškega polja. Po usmerjenosti dolink v dolomitu, kjer je še vedno učinkovita površinska denudacija, sodimo, da je tam relief pod 585 m nastajal predvsem pod vplivom lokalnega spiranja. Ni pa izključeno, da so se vsaj občasno tudi visoke vode prelivale iz Cerknjškega polja proti Unškemu v višinah med 570 in 580 m. Odtok iz Cerknjškega polja se je po omenjenih reliefnih značilnostih sodeč dokončno prestavil v podzemlje po izoblikovanju skalnih polic in razvodnih prevalov v višinah med 570 in 580 m. S tem pa seveda ni izključeno, da se je del voda iz Cerknjškega polja že prej podzemeljsko odtekal, ker je prav kraški podzemeljski odtok omogočil lokalno poglobitev polja in končno prekinitve površinskega odtoka.

V višinah med 560 in 590 m so po vsem obrobju polja ohranjeni različno obsežni ostanke starega živoskalnega dna. Na odtočni strani sta južno od Zelš dve polici v obrobju polja. Višja je do 300 m široka s prevladujočimi višinami med 580 in 590 m, nižja pa je še nekoliko širša v višinah med 560 in 570 m. Na sosednjem dolomitu so ostanke tega površja sicer ohranjeni, vendar le v ozkih hrbtih med mlajšimi dolinkami. Na apnencu so police v obeh stopnjah kraško že močno razčlenjene z vrtačami in udornicami, ki so nastale nad odtočnim jamskim sistemom. Police v višinah med 570 in 580 m so lepo ohranjene tudi ob robu Unškega polja. Tam segajo v enake višine še posamezni kopasti vrhovi sredi polja (Orehek 561, Kalič 573). V to uravnavo se je začela poglobljati tudi uvala Rakovega Škocjana, saj so na njeni pritočni in odtočni strani v teh višinah izrazite razvodne police tako med Škanskim in Rakovskim gričem na cerknjški strani kot med Suhim gričem in Cerovico na unški strani, kamor so se očitno tedaj odtekale vode.

Po izoblikovanju omenjenih polic v višinah med 580 in 590 m je povsem prevladalo kraško razčlenjevanje površja in poglobljanje v posameznih uvalah in poljih je bilo različno intenzivno.

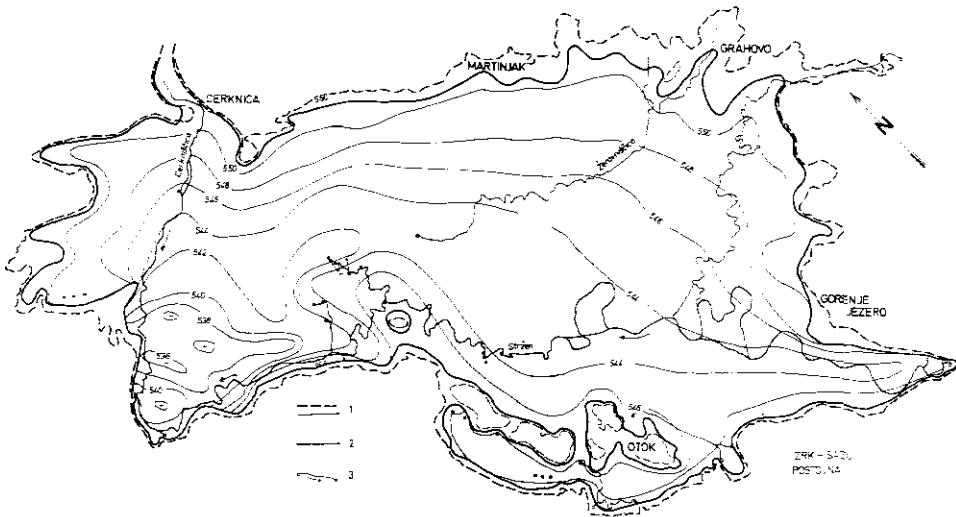
Na Planinskem in Unškem polju je v prvi fazi prevladovalo še enotno poglobljanje do višin okrog 520—530 m. V naslednji fazi pa se je izdatno poglobilo

le ožje Planinsko polje, saj vse do sedanjega dna v višinah med 440 in 445 m ni po obrobju nobenih polic. Unško polje je bilo izločeno iz skladnega poglobljanja predvsem zaradi preusmeritve odtoka iz Rakovega Škocjana neposredno na Planinsko polje. Preoblikovanje Unškega polja je odtlej dalje potekalo le pod vplivom lokalnih, predvsem denudacijskih in korozijskih procesov.

V Rakovem Škocjanu je višja skalna terasa v podobnih višinah med 520 in 530 m kot na Unškem polju, nadaljnja poglobitev pa je zajela le ožje dno doline, saj je vanj zarezana razmeroma ozka struga v višinah med 490 in 510 m.

Cerkniško polje se je v vsem tem obdobju, ko se je znižalo površje Planinskega polja za najmanj 120 m, poglobilo le za okrog 30 do 40 m in tako je današnje skalno dno polja v višinah med 540 in 545 m. S pomočjo vrtin, ki jih podrobneje navaja M. Pleničar (1953) in na podlagi novejših ročnih vrtin ter opazovanj ob ponikvah in v strugi Stržena smo lahko z interpolacijo sestavili izohipse skalnega dna (sl. 6).

Skalno dno Cerknškega polja je rahlo nagnjeno od NE roba proti sredini polja. Le pri Cerknici je v dolomitu zaznaven položen skalni prag. Na malmskem apnencu onkraj predjamskega nariva pa je dno uravnano in le rahlo dvignjeno do vznožja Javornikov. Večje neenakomernosti vidimo v območju med Jamskim zalivom in Goričico. Tako se greben Drvošča in Goričice še zaznava v višjem dnu tja proti Dolenjemu Jezeru, proti Jamskemu zalivu pa se pogloblja. Tu med vzpetinami je tudi nekaj vdolbin. Verjetno bi s podrobnejšo preiskavo in bolj gostimi vrtinami našli takšnih depresij in vzpetin še več. Nekakšna poglobljena



Sl. 6. Relief skalnega dna Cerknškega polja, sestavljen na podlagi vrtin (M. Pleničar 1954; IZRK — Postojna 1969—1972) in razkrite skalne podlage v strugah in in ponikvah

1 — izohipse, 2 — obod polja, 3 — recentni potoki z izviri, ponikvami in ponori  
Fig. 6. Relief of Cerknisko polje rocky bottom, composed with help of bore-holes (M. Pleničar 1954; IZRK — Postojna 1969—1972) and exposed rocky bottom in the creek beds and ponors

1 — contour lines, 2 — polje boundary, 3 — recent creeks with springs and ponors

starejša struga izstopa med zatrepom južno od Goričice in Gradiščem pod Dolenjo vasjo. Ta struga je morda vezana na nekdanji podzemeljski dotok vode iz Zadnjega kraja, ki se nahaja v podaljšani smeri struge. Bližnja vodna jama Suhadolica je lahko neka posledica tega starejšega pretoka. Pred ponornim robom Jamskega zaliva, podrobneje pred ovalnim zatrepom pod Gradiščem, se obravnavana struga v višini pod 540 m razširi. Izohipse se zajedajo v zakriti del ponornega roba, kar lahko pomeni, da se struga nadaljuje v zakraseli rob, v zakrite ponorne jame. V zaledju ponornega roba so v tej višini današnji sklepni rovi Velike Karlovice, predvsem njen Zahodni rov, ki po obsežnosti presega vse ostale rove te jame. Danes so te zveze zabrisane z zasipom, jamskimi in obodnimi podori.

Današnje ponikve polja so vezane na uravnani in plitvi del skalnega dna (Velika, Srednja in Mala ponikva, Sitarica, Bečki in drugi bližnji požiralniki v strugi Stržena, ponorne vodne jame pa na zakraseli rob Jamskega zaliva 5—8 m nad skalnim dnom. Skalno dno polja pod mlajšimi kvartarnimi naplavinami so očitno oblikovale površinske vode, predhodnice sedanjih tokov Stržena, Cerknjščice, Žerovniščice, Lipsenjščice ter še nekaterih manjših pritokov z dolomita in kraškega obrobja. Po razpoložljivih podatkih je bilo mogoče spoznati le glavno vzdolžno dolino, ki vodi od sedanjih izvirov Obrha do Jamskega zaliva, vendar je nekoliko bolj odmaknjena od južnega obrobja kot sedanja struga Stržena. Dolin stranskih pritokov v skalnem dnu nismo zasledili. Prevladujejo položna denudacijska pobočja zlasti ob vzhodu Slivnice. Po obliki in razporeditvi ponikev v dnu polja ter po kraških votlinah, na katere so zadeli pri geološkem vrtanju tudi do 30 m globoko pod površjem (M. P i e n i č a r 1953), pa lahko upravičeno pričakujemo precejšnjo kraško razčlenjenost skalnega dna. To pa bi mogli podrobneje spoznati le s številnimi vrtnami in geofizikalnimi raziskavami kot npr. na Planinskem polju (D. R a v n i k 1976). Kraško razčlenjevanje in poglobljanje dna je bilo torej prekinjeno z nalaganjem kvartarnih naplavin, ki v končni obliki dajejo polju današnjo podobo.

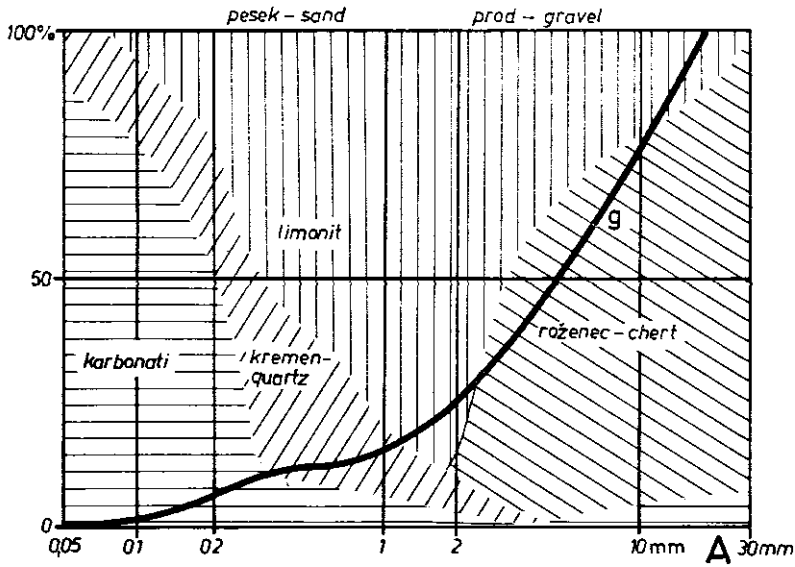
### KVARTARNI SEDIMENTI

Tako kot drugod po krasu so tudi v območju Cerknjškega polja najdeni alohtoni fluvialni prodovi, peski in ilovice, pokazatelji minulih hidroloških dogajanj. Če je v njih ohranjen npr. fosilni pelod, so takšni sedimenti tudi stratigrafsko pomembni. To je razvidno iz razprav A. Š e r c l j a (1973; 1974), ki je našel fosilni pelod v različnih plasteh na skalnem dnu in spoznal njih würmsko, postglacialno in holocensko starost. Poleg teh naplavin, ki jih obravnavamo v naslednjem poglavju, pa poznamo tudi klastične sedimente na kraških uravninah in pobočjih Cerknjškega polja npr. na površju nad Cerknjškim jamskim sistemom, nadalje v območju Drvošča, Klinjega vrha in Goričice.

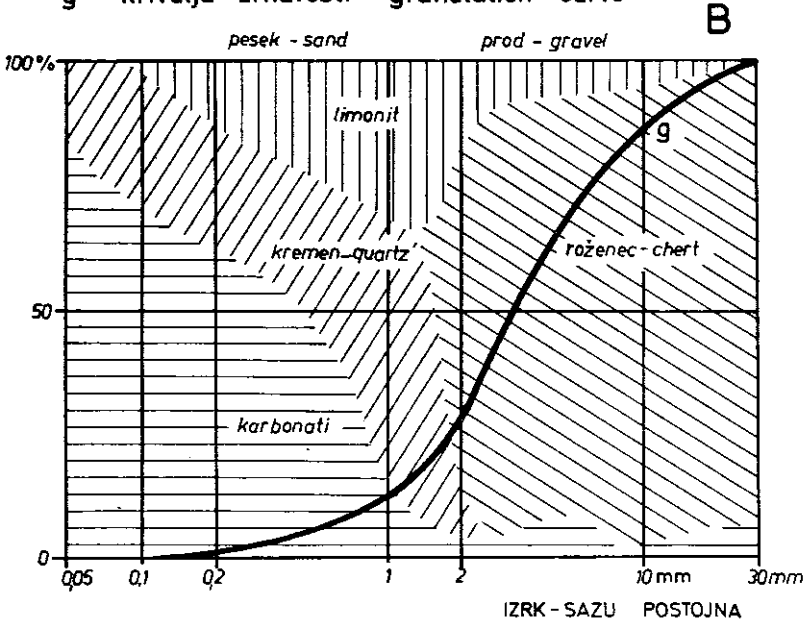
### KLASTIČNI SEDIMENTI NA OBROBJU POLJA

Podrobneje smo pregledali alohtone naplavine na uravnani v pobočju Javornikov (okoli 630 nadm. višine) tam, kjer se nahajata zatrep Ušiva loka in vodna jama Suhadolica.





g - krivulja zrnivosti - granulation curve



Sl. 7. Krivulje zrnivosti in petrografska sestava naplavin v jami Suhadolici (B) in na površju nad jamo (A)

Fig. 7. Granulation curves and petrologic composition of the sediments in the cave Suhadolica (B) and on the surface (A) above the cave

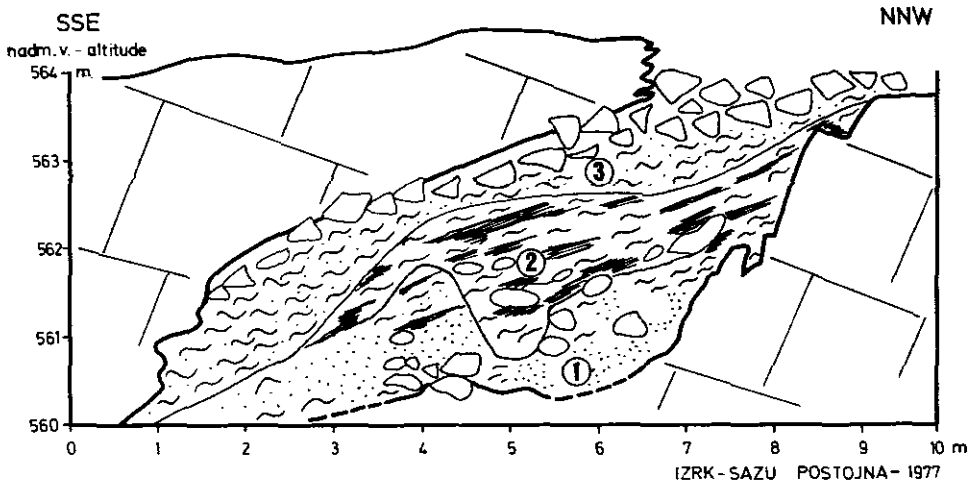
Granulacijska analiza tukajšnjega sedimenta je pokazala na pesek in prod, mineraloška pa na karbonatne, kremenčeve, limonitne in roženčeve sestavine. V meljasti frakciji so pretežno skupki karbonatne gline, v peščeni frakciji pa je največ oglatih zrn kremenca ter kongrecij in oolotov limonita. V prodni frakciji prevladuje oglat, porozen in zrnat roženec (sl. 7).

V izvirni vodni jami Suhadolci smo naleteli na naplavine, katerih zrnavost in mineraloška sestava se dobro ujema s sestavo zgoraj omenjenih sedimentov. Zrna v jami so le bolj zaobljena in sveže odkrušena. Kaže, da je ta jamska naplavina s posredovanjem vode prenesena iz kraške uravnave oziroma nahajališč v kraškem zaledju Suhadolice.

Eno takih nahajališč smo našli ob cesti po jugozahodnem pobočju Javornikov nekako 20 m nad ravnico Zadnjega kraja. Ob cesti je dosti manjših lukenj zapolnjenih s sedimenti, tu in tam pa je pobočje kar pokrito z njimi. Najbolj primeren za analizo se je pokazal sediment v skalni luknji, nekako 500 m severozahodno od Vranje jame (sl. 8).

Talna plast ima povprečno 60 % ilovice in 40 % peska in proda. Barva se giblje med 7,5 YR in 10 YR/3/2 (Munsil Color Cart), temnejša barva izhaja iz ilovice, svetlejša pa iz večje primesi kremenovega peska. Prod in pesek sta neenakomerno pomešana med ilovico ter tu in tam s karbonatnim vezivom sprijeta v kepe. Številne korozijsko zaobljene skale matičnega apnenca ležijo med sedimentom. Zaradi njih je plast različno debela, njen prehod v krovno drugo plast pa rahlo naznačen s temnosivim barvnim odtenkom.

Druga plast se petrografsko ne loči od spodnje prve plasti. Tudi zrnavost je podobna. Pač pa je tu zelo jasno izražena plastovitost peščeno-prodnih vključ-



Sl. 8. Sedimenti v zasuti jami ob Zadnjem kraju

- 1 — rjava ilovica, kremenov pesek in roženčev prod, 2 — rjavordeča ilovica z lečami peska in proda, 3 — rdeča ilovica s kremenovim peskom

Fig. 8. Sediments in the filled up cave near Zadnji kraj

- 1 — brown loam, quartz sand and chert pebbles, 2 — brownish loam with lens of quartz sand and chert pebbles, 3 — red loam with quartz sand

kov, ki so združeni v podolgovate prekinjene leče. Leče vpadajo podobno kot je nagnjen ves profil in izoblikovana skalna luknja. Zgornja meja te plasti je rahlo izbočena in zaznavna zaradi temnejše barve (5 YR 4/4 — 5 YR 4/6) krovne tretje plasti. V tej je 80 % ilovice tipa terre rosse in le 20 % peska, pretežno kremenovega. Tudi njena plastovitost je prilagojena poševnemu stropu, njun stik pa je pokrit z oglatimi skalami in vrhnjo rušo.

Ohranjeni sedimenti in njihova zrnavost kažejo predvsem na fluvialno zaplavanje kraške luknje v višini okoli 565 m, kar je 20 m nad današnjim skalnim dnom srednjega dela Zadnjega kraja. Petrografska sestava kaže na *terro rosso* v ilovnati frakciji, na kremenčev prod v peščeni frakciji ter na zrnat roženec in kose peščenjaka v prodni oziroma gruščnati frakciji. Vsepovsod so primešana zrna boksita in limonitnih konkrecij v nepomembnih količinah. Predvsem je zanimivo, da je ves plastovito in lečasto razporejen prod iz svetlosivega roženčastega peščenjaka. Nekateri kosi so obdani z limonitno prevleko, drugi pa imajo rdečkast zunanji ovoj. Očitno je že dokaj preperel prod bil nanesen v obravnavano luknjo skupaj s *terro rosso* in se v njej ohranil pred nadaljnji spreembami.

Pri iskanju izvora peščenjaka smo pregledali še okolico luknje in ugotovili, da se njegovi manjši predvsem pa večji rahlo zaobljeni kosi nahajajo po vsem delno položnem, delno strmem pobočju Javornikov presenetljivo visoko do 765 m nadmorske višine. Ta razširjenost kaže, da imamo na jugozahodnem pobočju Javornikov opraviti z zelo starimi klastičnimi sedimenti, ki so med oblikovanjem polja vplivali na sestavo klastičnih sedimentov, kjer koli jih danes tu najdemo. V obsegu poplav ali rečnih tokov na polju in ob njem so bili transportirani in odloženi na zakraselo podlago in obrobje (npr. v našo obravnavano luknjo), izven poplav in nad horizontalnimi tokovi pa so jih premeščali hudourniki in denudacijski procesi. Zaenkrat še nismo mogli ugotoviti, kje in kakšna je matična kamnina tega roženčevega peščenjaka. Petrografske in stratografske analize, od katerih si obetamo zanimive rezultate, so v to smer preučevanja šele zastavljene.

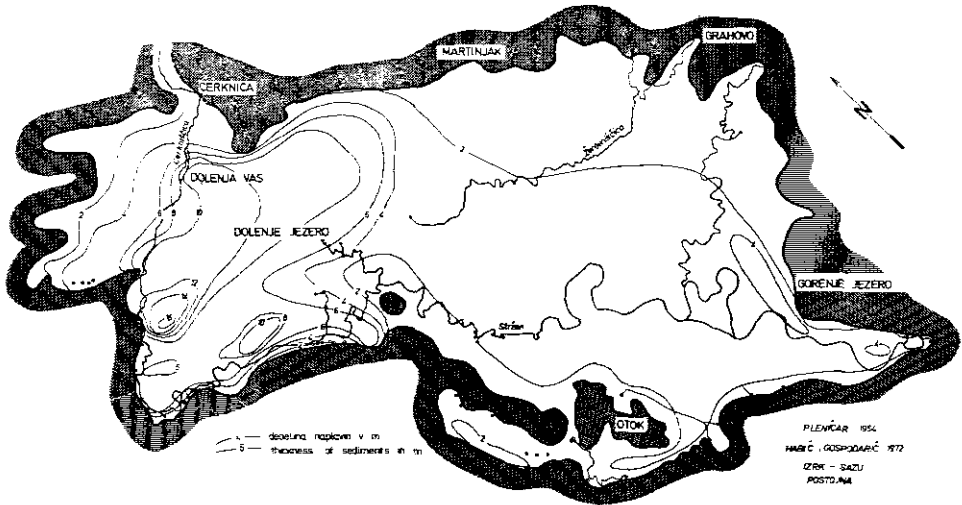
### NAPLAVINE NA SKALNEM DNU POLJA

Debelina naplavin je odvisna od konfiguracije skalnega dna, od sestave in izvora naplavin. Tako so na SE strani polja naplavine debele do 4 m, in le krajevno npr. pri Srednji ponikvi dosežejo 6—7 m debeline.

V NE polovici polja, kjer je skalno dno globlje, pa je tudi naplavinski pokrov debelejši. Če je pri Vodonosu in Rešetu debel 6—7 m, potem pokriva v območju starejše struge skalno dno 6—10 m na debelo. A tudi proti Cerknici se razteza tako odebeljeni zasip, predvsem na račun tudi do 10 m debelega mlajšega vršaja Cerknšičice, ki so ga naplavile vode iz območja Begunj in izpod Sliivnice (sl. 9).

Na višje ležečem dnu polja okrog Žerovnice in Grahovega pa je naplavni pokrov komaj meter debel. Sestavljen je iz terre rosse in črnega humusa in z vmesnim dolomitnim gruščem, kar kaže na to, da ta del polja ni bil v pleistocenu tako pogostno poplavljen kot poglobitni del polja, ki ima za 5 m globlje skalno dno.

Petrografske sestavo in zrnavost naplavin v obsegu današnje maksimalno in največkrat poplavljenega površine polja smo spoznali med Dolenjim Jezerom



Sl. 9. Debelina naplavin na skalnem dnu Cerkniskega polja, sestavljeno na podlagi vrtin (M. Pleničar 1954 in IZRK — Postojna 1969—1972)

Fig. 9. Sediments fill thickness on the Cerknisko polje rocky bottom, composed by bore-holes (M. Pleničar 1954 and IZRK — Postojna, 1969—1972)

in strugo Stržena pri Ušivi loki, nadalje pri ponikvah Vodonosu in posebej pri Rešetu ter nadalje vzvodno ob strugi Stržena proti vzhodu, kjer so Mala, Srednja in Velika ponikva. Naplavine v zahodnem delu polja so bolj pestre kot naplavine v vzhodnem delu polja. Če je pod pobočjem Slivnice še nekaj dolomitnega grušča nad jezersko ilovico, potem proti pobočju Javornikov in tja proti Jamskemu zalivu prevladujejo različne plasti ilovice, peska ter proda in grušča iz različnih erozijskih in akumulacijskih obdobij pleistocena.

#### NAPLAVINE MED VASJO DOLENJE JEZERO IN STRUGO STRŽENA POD VRŠIČEM

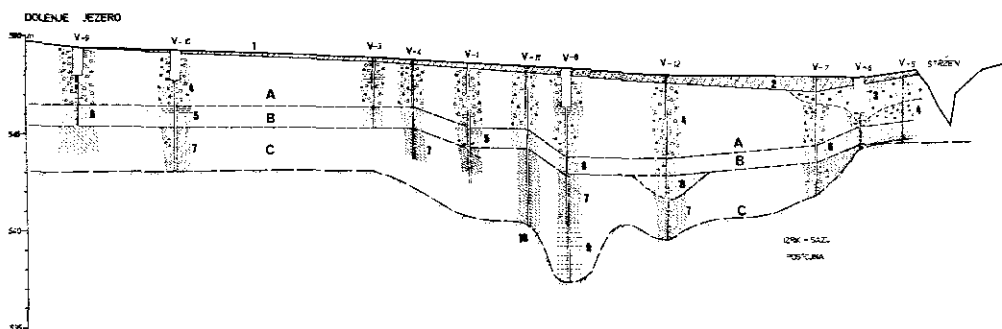
Pri načrtovanju pregradnega nasipa, ki naj bi zajezil odtekanje srednjih in nizkih voda v Jamski zaliv, smo z ročnim svedrom napravili 11 vrtin, od katerih jih je 7 doseglo skalno dno, v štirih pa zaradi talne vode nismo dosegli skalne podlage (sl. 10). V drobnem smo navrtali zelo različne naplavine, ki pa jih makroskopsko lahko strnemo v tri pglavitne skupine (A, B, C).

Pod humusom (1), ki ga je več v bližini Stržena, kjer prehaja v rjavkasto ilovico s polžjimi hišicami (2), prevladuje nekaj metrov debela plast različno preperlega dolomitnega grušča pomešanega z drobno mivko in sivo ilovico (4). V bližini Stržena je plast grušča tanjša, čezenj pa je odložena do pol drugi meter debela siva mastna ilovica z ostanki polžjih hišic (3).

Pod plastjo dolomitnega grušča mivke in ilovice, leži skoraj v vsem prerezu enako debela plast prhke rumenkaste ilovice in mivke (5 + 6). Pod njo sledi debelejša plast rjave peščene ilovice (7), ki vsebuje ponekod zaobljen prod in pesek (8), ponekod pa preperel dolomitni grušč (V 8, V 9) ter rjavo limonitizirano ilovico, ki v obravnavanem prerezu leži večinoma na skalni podlagi. Le v vrtini 8

smo pod to ilovico v nekakšni strugi zasledili še 3 m debelo plast drobno pasovite sivorjave ilovice (9). Po razmerah v vrtinah 11 in 12 sklepamo, da je pasovita ilovica omenjena le na najglobljo kotanjo v skalnem dnu. Prej omenjena plast rjave peščene ilovice pokriva pretežni del vegastega dna. Njeno prvotno površje pa je bilo precej bolj ravno od ugotovljenega, saj ga je šele poznejša erozija spet razrezala. V obravnavanem prerezu sega ta značilna plast še v višine med 545 in 546 m, le v osrednjem delu jo zasledimo šele v višini okrog 543 m. Očitno pripada plast rjave peščene ilovice z gruščem najstarejšemu zasipu v sedanjem dnu Cerkniškega polja. Verjetno začenja starejši zasip s sedimentacijo rjavosive pasovite ilovice, ki je odložena v zajezeni strugi, saj prehaja navzgor neposredno v rjavo masno glino (V 11, 12), ta pa v rjavo peščeno ilovico z več grušču, peska in drobnega proda. Preperelost dolomitnega grušču in drobnega proda (V 7) pa tudi limonitni sprimki kažejo, da je bila naplavina po sedimentaciji izpostavljena preperevanju in spiranju v bolj sušnih pogojih.

Površje najstarejšega zasipa so oblikovale površinske vode in vanj zarezale novo strugo Stržena, ki je v primeri z ono na skalni podlagi pomaknjena bolj proti jugu pod vznožje Vršiča. V vrtini 12 smo sredi stare struge zadeli na dober meter debelo plast sive jezerske gline (7), ki se po barvi in sestavi razlikuje od sedimenta v talnini in krovlini. Očitno gre za mlajšo plast, ki se je začela odlagati v spremenjenih hidrografskih in v drugačnih klimatskih pogojih. Podobne sive ilovice v drugih vrtinah nismo našli in sodimo, da je bila odložena le v dnu stare struge ali v manjši, z grezom nastali kotanji. Položaj in značaj



Sl. 10. Naplavine med Dolenjim jezerom in strugo Stržena ugotovljene z ročnimi vrtinami V 1 — V 12; podrobnejši opis plasti glej v tekstu

1 — humus, 2 — rjavkasta ilovica s hišicami polžev, 3 — siva ilovica s hišicami polžev, 4 — dolomitni grušč, pesek in siva ilovica, 5 in 6 — rumenkasta ilovica in droben kremenov pesek, 7 in 8 — rjava peščena ilovica, pesek, prod in preperel grušč, 9 — pasovita sivorjava ilovica s peskom, A — mlajši zasip, B — jezerski sedimenti, C — starejši zasip

Fig. 10. Sediments between Dolenje jezero village and Stržen creek bed, based on bore-holes V 1 — V 12; detailed description of the layers in the text

1 — humus, 2 — brownish loam with snail shells, 3 — grey loam with snail shells, 4 — dolomite rubbles, sand and grey loam, 5 and 6 — yellowish loam and silt, 7 and 8 — brown sandy loam, sand and gravel, weathered rubbles, 9 — greybrown varved loam with sand, A — younger fluvial fill, B — lake sediments, C — older fluvial fill

tega sedimenta je izjemen ter je pojasnjen šele ob primerjavi s podrobnejšimi profili pri Rešetju in Ponikvah kot bomo videli kasneje. Naplavine starejšega zasipa in siva ilovica so prekrite kljub vegastemu površju s skoraj enako debelo plastjo (0,5 do 1 m) rjave prhke ilovice in mivke (6). Nastanek te plasti nam ni povsem jasen. Ker prekriva sivo ilovico enako kot starejšo rjavo ilovico, je očitno mlajša od obeh. Morda izhaja iz spodnje rjave plasti, saj ji je po barvi precej podobna. Odložena je šele v obdobju po erozijskem preoblikovanju starejšega zasipa, ni pa izključeno, da je bila pred odložitvijo prhke rjave ilovice deloma erodirana tudi siva ilovica. Ker pa se mlajša rjava prhka ilovica jasno loči od sive glin, zgornja rjava plast ni mogla nastati s preperevanjem podlage. Plast, ki jasno loči starejši in mlajši zasip, je tedaj morala nastati v posebnih razmerah. Z odložitvijo rjave prhke ilovice se ni izravnilo takratno vegasto površje polja, zasipanje pa tudi ni bilo posebno izdatno. Odložitev enakomerno debele plasti na neravni podlagi ne more biti posledica rečnega ali eolskega nasipanja. To bi zapolnilo najnižje predele in kotanje, enakomerno debela plast pa je lahko nastala le s preperevanjem vegaste podlage, ali pa z usedanjem ilovice iz občasnih visokih poplavnih voda. Prhka rjava ilovica bi bila tedaj tudi še posledica spremenjenih hidrografskih razmer. Občasne poplave so lahko nastale bodisi s spremembo klime, ali pa z zmanjšanjem prepustnosti odtočnih kanalov.

Sledilo je obdobje mlajšega zasipa, ki ga predstavljajo v tem prerezu rečne naplavine dolomitnega gruščja, peska in ilovice. Naplavine so povsem prekrile staro površje in ga verjetno tudi precej zvišale, saj je še sedaj ohranjeno v višinah med 550 in 548 m, medtem ko je prvotna višina lahko ustrezala višini te naplavine, kakršna je ohranjena še danes v bližini Cerknice.

Mlajše odnašanje in spiranje gruščja in ilovice najbrž ni bilo enako v vsem prerezu. V severnem delu tega gruščja danes skoraj do površja, medtem ko je bliže Strženu prekrit z mlajšimi ilovicami. Pod bolj sivkasto polžarico in nad gruščjem je pri Strženu odložena še svetlorjava, bolj mastna ilovica, ki tudi vsebuje ostanke polžjih hišic. Ta ilovica je odložena v starejši strugi, ki si jo je Stržen vrezal še bolj proti jugu v naplavino dolomitnega gruščja in ilovice. Po odložitvi gruščja lahko torej računamo s krajšo erozijsko fazo, ki pa je bila verjetno kmalu prekinjena in je sledila akumulacija polžarice. Prave jezerske glinice iz tega obdobja ne poznamo, ilovica s polžki pa je lahko nastajala le s trajnejšim zastajanjem vode in obsežnejšimi poplavami Cerkniškega polja.

Današnja struga Stržena je pomaknjena še bolj pod vznožje Vršiča in je rezultat najmlajšega vrezovanja površinskih voda na območju Cerkniškega polja. Hkrati z vrezovanjem te struge pa se v njeni bližini še odlaga ilovica iz občasnih poplav, saj je tam plast rjave humusne ilovice v 100 m pasu ob Strženu najdebelejša. V višjem severnem predelu, ki ga zalijejo le najvišje vode, prevladuje spiranje ilovice in humusa, zato je tam dolomitni grušč prekrit le z izredno tanko plastjo humusa.

#### NAPLAVINE PRI VODONOSU

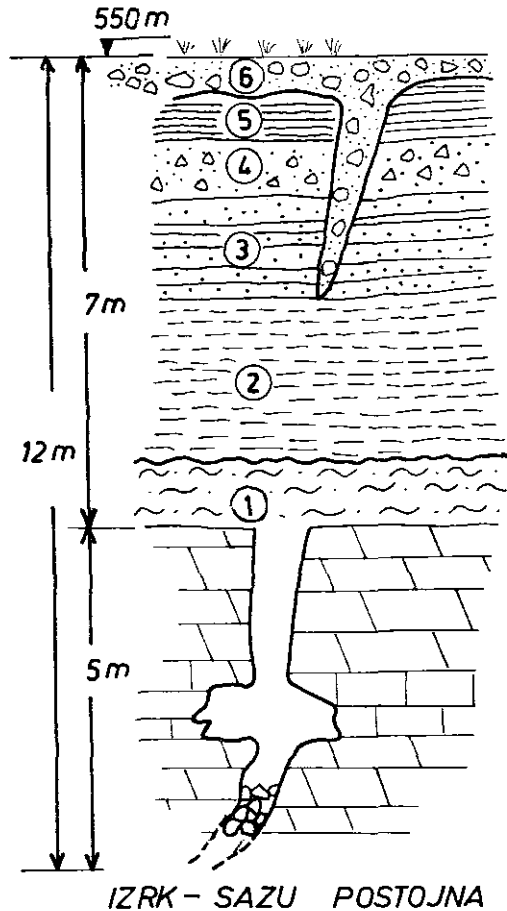
Pri svežih grezih in ponikvah Vodonosa smo ugotovili 7 m debele naplavine na skalni podlagi malmskega apnenca. Razlikovali smo lahko pet plasti ilovice s peskom in dve plasti gruščja s peskom in ilovico. V ilovici ni bilo ugotovljenih

nobenih pelodov, ki bi pomagali časovno uvrstiti različno naplavljanje. Med vsemi plastmi zelo izstopa vrhnja, meter debela plast dolomitnega gruščja, ki pripada takoimenovanemu vršaju Cerkniščice. Tri metre pod površjem se pojavlja podoben nekoliko bolj ilovnat grušč, ki prav tako kaže na zasipavanje polja z drobirjem iz severno ležečega zaledja.

**NAPLAVINE PRI REŠETU**

Leta 1970 se je izoblikoval ugrez v naplavinah ob severnih požiralnikih Rešeta. Razkril se je 3 m širok in 7 m visok profil naplavin, tako da smo jih lahko bolj podrobno preučili. V šestih plasteh smo pregledali petrografsko sestavo in zrnavost, pa tudi njihovo vsebnost fosilnega peloda (sl. 11).

Skalno podlago iz dolomitiranega apnenca zgornjega malma pokriva rumenorjava ilovica s peskom in prodom (plast 1), kjer je razen apnenčevih zrn največ colitov in kongrezij limonita.



Sl. 11. Prerez naplavin v ugrezu pri ponikvi Rešeto

1 — rumenorjava ilovica s peskom in prodom, 2 — siva plastovita ilovica z organskimi ostanki, 3 — temnorjava ilovica s peskom, 4 in 5 — dolomitni grušč in prod, pesek, siva in rumena ilovica, 6 — grušč in prod dolomita in apnenca, pesek — vršaj Cerkniščice z lednim klinom

Fig. 11. Sediments cross section in the sinkhole by Rešeto ponor

1 — yellowbrown loam with sand and gravel, 2 — grey varved loam with organic material, 3 — dark-brown loam with sand, 4 and 5 — dolomite rubbles and pebbles, sand, grey and yellow loam, 6 — rubbles and gravels of dolomite and limestone, sand — Cerkniščica creek fan with ice wedge

Zanimiva je naslednja višje ležeča plast (2) sive plastovite ilovice z mnogimi organskimi ostanki. V njej je A. Šercelj ugotovil sledečo pelodno sestavo v procentih:

*Pinus* 29, *Picea* 40, *Abies* (jelka) 3,4, *Alnus* 7,2, *Corylus* (leska) 2,3, *Carpinus* (gaber) 4,2, *Quercus* (hrast) 2,7, *Ulnus* (brest) 0,7, *Tilia* 0,3, *Fagus* (bukev) 6, *Vitis* (trta) 0,3, *Rubiaceae* 1, *Myriophyllum* 1,4, *Ranunculus* 0,3, *Artemisia* 0,7, *Potentilla* 0,7, *Chenopodiaceae* 1,8, *Typha* 0,3, *Helianthemum* 0,7, *Compositae* 0,3, *Filipendula* 4, *Ericaceae* 0,7, *Gramineae* 0,3. Ta sestava pelodov mu kaže na würmsko interstadialno vegetacijo.

Ta plast prehaja navzgor v temnosivo ilovico (plast 3) s peskom, kjer je največ limonitnih ooidov. Zrnavost je podobna zrnavosti talninske plasti.

Naslednja višje ležeča plast (4) je gruščnata z zveznim prehodom v sivo in rumeno ilovico brez peloda (5).

Krovna plast (6), pretežno iz grušča, je sestavni del nasipnega vršaja. V obravnavanem profilu se v obliki klina zajeda v spodnje tri plasti in se zdi, da imamo opraviti z lednim klinom, se pravi s stadialno starostjo gruščnatega nanosa.

O petrografski sestavi bolje preučениh frakcij peska in grušča v vseh razkritih plasteh bi bilo povedati sledeče: grušč in prod sestavljajo kosi jurskega apnenca in dolomita ter zgornjetriasnega dolomita, kar je pač pričakovati, saj je izvorno severno obrobje polja sestavljeno iz teh kamnin.

V frakcijah peska so zanimive predvsem konkretije limonita. V presevani in odsevni svetlobi jih je analizirala E. Grobelšek in ugotovila, da prevladujejo ooidi, kjer koncentrične lupine limonitno glinenega materiala objemajo zrna kremenca, glinenca, sljude in hlorita. Manj je ooidov črno rjave barve, kjer struktura ni koncentrična, in drobno zrnatega kremenca, ki je prepojen s Fe hidroksidi; to so vse delci prevladujočih ooidov, ki so verjetno nastali in situ v podzemeljskih plasteh. Velikost limonitnih konkretij imajo tudi ooliti boksita, ki se v manjši količini javljajo skoraj po vsem profilu skupaj z redkimi kosi sljude in glinenca. Tem je težko spoznati izhodiščno kamnino. Morda gre za material iz triasnih kamnin Bloško-rakitniške planote ali pa iz primarnih nahajališč boksita v mezozojskih kamninah, ki polje obdajajo. Boksit nasploh spremlja vse fluvialne naplavine Cerknškega polja na površju in v jamah, pa zato nima neke posebne stratigrfske vrednosti.

Kremen nastopa pretežno kot oglat pesek, le redki kosi so močno zaobljeni. Takega kremenca je dosti med ilovico na kraškem površju okoli jezera, našli smo ga tudi v izvirni jami Suhadolici in v pretočni Križni jami. Useda se tudi iz vode v kraških izviri, tako da ni nič čudnega, če je tudi v naplavini povsod zastopan. Pri Otoškem Obrhu smo v pesku spoznali največ karbonatnih sestavin (55 %), manj kremenca (40 %), ki je le v velikosti 0,5 mm zelo zaobljen ter nekaj bobovca, limonitnih konkretij, sljude in organskih ostankov.

V neposredni bližini opisanega profila pri Rešetu so ribiči z 1–2 m globokim in 80 m dolgim jarkom razkrili nadaljnje zanimive naplavine. V jarku smo na dveh mestih še zavrtali do skalne podlage z ročnimi vrtnami, sosednji prečni presek jarka pa je razkrila sama ponirajoča voda. Glede na vidno zaporedje plasti in konstantno debelino njihovih premaknitev ob prelomih ter znano globino skalne podlage, smo lahko razkriti profil še sestavili prav do skalne pod-



lage (sl. 12 v prilogi). Skalna podlaga je v tem profilu enkrat 3,5 m, drugič pa 5,8 m pod ravnim površjem, ki se le na NE strani prevesi v recentno strugo Rešeta. V razkriteh profilu so horizontalno in vertikalno zelo pestri sedimenti, sklenjene plasti pa so še prelomljene v »tektonske« jarke in horste.

Prvo plast na skalni podlagi sestavljajo rumena ilovica in pesek z limonitnimi in manganovimi koncentracijami. V glini ni pelodnih zrn. Druga plast je iz temnosive karbonatne gline s peskom in gruščem, ki jih karbonatno vezivo delno veže v okroglaste grude. Plast je spodaj glinena, zgoraj bolj peščena. Pelodni sestav, *Pinus* 42,5 %, *Pinus cembra* 3,4 %, *Picea* 16,8 %, *Alnus* 3,4 %, *Betula* 0,6 %, *Ephedra* 0,6 %, *Hippophae* 10 %, *NAP sporae* 1,7 %, *Compositae* 1,1 %, *Gramineae* 1,7 %, kaže na stadialno vegetacijo odprtega tipa s številnimi peščicami, kakor meni A. Šercelj (1974).

V zgornjem delu plasti, kjer je več grušča in proda, smo našli smrekov storž. 14 C analiza je pokazala na starost okoli 55 000 let b. p. (poročilo dr. W. G. Mook, analiza GrN-6317 z dne 21. 10. 1971).

Tretjo plast sestavljajo rjave in vijoličaste gline brez peloda, ki bi jih glede na stratigrafski položaj imeli lahko za interstadialne.

Četrta plast ima sivo glino, v vrhnjem delu primešano šoto in leži konkordantno med talnino in krovino. Tudi v tej plasti ni bilo pelodov, šota pa vendarle odraža neko humidno toplo klimo.

Peta plast rdeče in nato rjave gline nekje sestavlja današnja ravnica polja, drugje pa je skrita pod mlajšimi naplavinami, ker so se deli skalne podlage in naplavin nad njo različno dvignili oziroma pogreznili ob prelomih. Rdeča barva gline izdaja presedimentiran material terre rosse, ki jo danes vidimo v primarni legi na vzhodni strani polja okoli Žerovnice in Grahovega.

Sesta plast peska in grušča je nasip vršaja Cerknišči, kakor smo ga spoznali in opisali že pri prejšnjih profilih. Vršaj je ohranjen v različni debelini, ker je erodiran, a tudi pokrit s postglacialnimi naplavinami.

Sedma plast rjave in sive gline z nekaj peska je odložena na neravno podlago vršaja. Kaže na nenadno prekinitev nasipavanja in na usedanje jezerskih naplavin v različne kotanje. To dokazuje tudi podobno ležeča vrhnja plast temnorjave in sivkaste gline s progami in lečami organskega materiala, kjer so številne hišice jezerskih polžev. To je zadnji jezerski sediment pod travno rušo.

Kronološka uvrstitev obravnavanih naplavin je možna predvsem na podlagi plasti 2, ki s fosilnim pelodom in absolutno datiranim smrekovim storžem (55 000 b. p.) govori za hladno klimo in starowürmsko starost. Po klimatski krivulji H. Grosse (1964) pride za ta zgornji del plasti v pošteved hladni sunek ob koncu starejšega würma, medtem ko lahko spodnji bolj ilovnati del plasti zajema še toplejši brörupski oziroma amersfootski toplejši presledek ob relativno mirni jezerski sedimentaciji. Talninski in ilovnati peščeni plasti na skalni podlagi z mnogo limonita, pasovito teksturo in rjavorumeno barvo pa imata značilnosti fluvialnega nanosa, ki smo ga že zgodaj označili kot starejši zasip. Krovne plasti 3, 4 in 5 so zopet jezerske in interstadialne, medtem ko je grušč plasti 6 zopet stadialen, najbrže W 3.

Primerjava obeh profilov pri Rešetu je možna samo za talninsko plast starejšega zasipa in krovno gruščnato plast vršaja ali mlajšega zasipa. Vmesne

plastí pa so pri prvem profilu znatno bolj glinene z ugotovljeno interstadialno vegetacijo, v drugem profilu pa pride bolj do veljave siva glina s prodom in stadialno vegetacijo. Na kratke razdalje so torej naplavine različno debele, zrnate in pelodno bogate. Ta značilnost se kaže tudi v daljšem profilu med Dolešnjim Jezerom in Strženom, ki pa je razumljiva, če upoštevamo menjavanje rečne in jezerske sedimentacije ter vmesno erozijo.

Druga pomembna zanimivost v profilu pri Rešetu so prelomljene plasti naplavin. V razgaljenih straneh jarka smo videli z gladkimi ploskvami presekanke plasti, ob katerih so paketi dvignjeni in spuščeni. Prelomi imajo pretežno N—S smer in so nagnjeni proti vzhodu in zahodu za okoli 70°. Na drsnih ploskvah je videti večinoma navpične in poševne raze ter za 1—2 m premaknjene pakete.

Po zaporednosti posameznih plasti je možno sklepati, da prelomi segajo še v skalno podlago. Rekli bi lahko, da so se skupaj s skalnim dnom prelomile in prestavile tudi konsolidirane naplavine.

Ker so prelomljene tudi postglacialne, morda delno tudi še holocenske plasti, je ob N—S usmerjenih prelomih računati s premiki v holocenu in sicer najmanj za 4 mm vsakih 10 let v navpični in ustrezno več v poševni smeri.

V obravnavanem profilu so premiki zajeli vse ugotovljene mladopleistocenske naplavine, pa tudi vrhnje postglacialne plasti. Zato so obravnavani prelomi in premiki skoraj gotovo holocenski. Zaradi njihovega povsem tektonskega značaja jih lahko uvrstimo k neotektonskim disjunktivnim dislokacijam, ki so očitno vplivale na morfologijo dna in krovne naplavine še v holocenski dobi.

Različno dviganje in spuščanje paketov naplavin je potekalo vzporedno z uravnavanjem ravnice polja, zato imamo danes na njej razgaljene različne plasti klastičnih sedimentov, nekje grušč, drugje ilovico, ustrezno tej zgradbi pa so razporejene tudi obstoječe požiralne luknje, npr. v Rešetu. V smeri N—S razporejene in vedno znova nastajajoče ponikve in povezujoče struge v Rešetu imajo tako tudi tektonsko zasnovo.

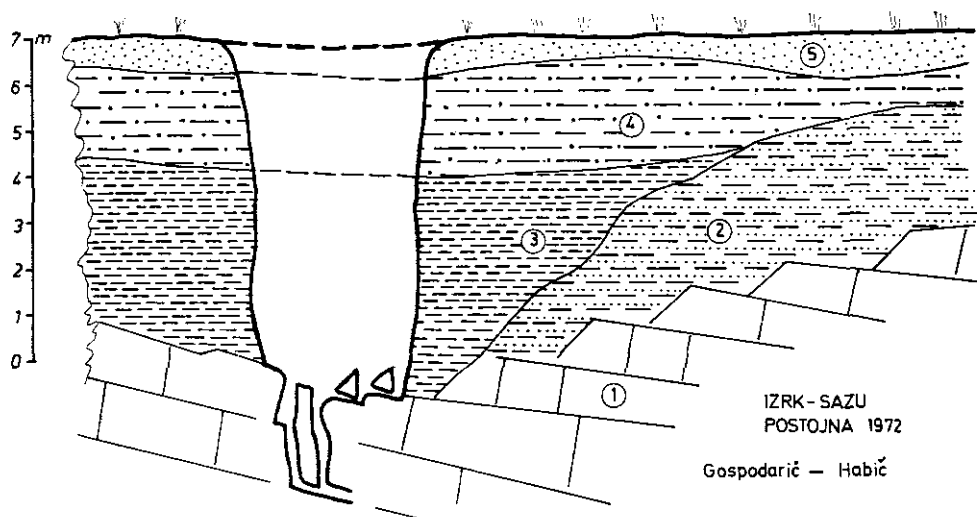
#### NAPLAVINE PRI SREDNJI PONIKVI

Ob vijugavi strugi Stržena med Goričico in Otokom so že dolgo znani požiralniki Velike in Male ponikve. Velike ponikve so sestavljene le iz dveh požiralnikov. Male pa imajo štiri in še več manjših požiralnih lukenj. Pri umiku vode najprej presušijo Male ponikve, potem šele Velike. Med obema ponikvama v strugi Stržena je Srednja ponikva.

O Srednji ponikvi zgodovinski viri ne govorijo. Domačini menijo, da se je odprla šele nekako pred desetimi leti. Od takrat dalje se vedno bolj povečuje in požira vedno več vode (0,2 m<sup>3</sup>/s). Jeseni leta 1969 smo že videli 7 m globoko luknjo v podobi jaška z zgornjim okroglim obodom premera 4 m in spodnjim le nekoliko manjšim premerom.

Navpične stene so v ilovici, dno pa v skali dolomitiziranega malmskega apnenca. Bolj kot oblika je zanimiva sestava razgaljene naplavine, ki kaže nekaj novega v sedimentaciji (sl. 13).

Nad skalnim dnom (1) je 4 m progaste sive ilovice tipa jezerske krede (2), nato 2 m svetlosive do rjave, rahlo peščene ilovice (4), ki prehaja navzgor v



Sl. 13. Naplavina pri Srednji Ponikvi

1 — skalna podlaga, malmski dolomitizirani apnenec, 2 — rjava pasovita ilovica s peskom in limonitnimi konkracijami, 3 — siva ilovica tipa jezerske krede, 4 — rjava peščena ilovica, 5 — humus

Fig. 13. Sediments at ponor Srednja Ponikva

1 — rocky bottom, Malmian dolomitic limestone, 2 — brown varved loam with sand and limonite concretions, 3 — grey loam, lacustrine type sediment, 4 — brown sandy loam, 5 — humus.

rjavo, humificirano ilovico (5), pokrito z recentno vegetacijo. V vzvodnem delu 3—4 m globoke struge Stržena nadalje vidimo, da se plast sive ilovice tanjša na račun rjave pasovite ilovice s peskom (2), ki leži pod njo na skalni podlagi. Ta ilovica s pogostnimi limonitiziranimi progami se v smeri Velike ponikve debeli, saj jo tam pokriva že zgornja humificirana plast, sive ilovice pa ni več. Sklepamo, da je v območju Srednje ponikve precej rjave pasovite ilovice erodirane, tako da je bila ponekod razgaljena celo skalna podlaga. Ta neravna tla je pokrila različno debela plast sive ilovice. Zapolnila je starejše luknje in izravnala jezerski relief.

K stratigrafski opredelitvi je omeniti še naslednje. Rjava pasovita ilovica z limonitnimi progami je najstarejša ugotovljena naplavina, ki je doživela preobrazbo z limonitizacijo posameznih peščenih in ilovnatih plasti. Limonitizirani so tudi rastlinski ostanki oziroma koreninice preslic ali podobnih rastlin z globokimi koreninami, ki so tedaj rasle. Številne pokončne limonitne cevke kažejo na nekdanjo vegetacijo, ki pa je že odmrta, ko jo je diskordantno prekrila siva jezerska krede, kjer limonitnih cevk ni.

Stratigrafski pomen ima predvsem ilovica tipa jezerske krede, kjer je A. Šercelj (1974) podrobno preučil sestavo fosilnega peloda. V 25 vzorcih ilovice je ugotovil bor, brezo in smreko ter drugo vegetacijo, kar mu govori za

relativno hladno podnebje. Ker se ta vegetacijska sestava ujema s podobno vegetacijo srednjega würma v drugih krajih Slovenije, A. Šercelj meni, da je jezerska kreda bila odložena v obdobju od 50 000—30 000 let pred sedanjostjo v stalno ojezerjenem delu polja. Zgornji del profila z rjavosivo ilovico pa ima fosilni pelod stepske vegetacije prav tako hladne kontinentalne klime. Menimo, da je bila sedimentirana pred in med zadnjim würmskim stadialom.

V vzhodnem delu polja pri Otoku in Gorenjem Jezeru je A. Šercelj (1974, 236) navrtal 1,6 m debelo postglacialno in holocensko temno ilovico, skrepenelo šoto in organski drobir. Kot smo videli že pri prejšnjih profilih npr. pri Rešetu, so takšne naplavine ohranjene delno tudi na zahodni strani polja.

### POTEK PLEISTOCENSKÉ SEDIMENTACIJE NA CERKNIŠKEM POLJU

Na podlagi navedenih spoznanj o razširjenosti in starosti naplavljenih sedimentov na skalnem dnu polja, smo lahko sestavili razvojno pot tega dogajanja (sl. 14 v prilogi). Pri tem sestavljanju smo upoštevali tudi znanje o speleogenezi ponornega Cerkniškega jamskega sistema (R. Gospodarič 1970), za nedostopno dotočno območje nad Gorenjim Jezerom pa smo skladni razvoj le domnevali.

1. V začetno prvo fazo postavljamo oblikovanje skalnega dna in ustrezne dotočne jame na višini 545 m ter ustrezno ponorno jamo na 542 m. Skalno dno je imelo v območju Goričice izoblikovan nekoliko višji hrbet v N—S smeri, ki je vplival na kasnejši potek sedimentacije. Sama Goričica in ostali humi ter jame na obrobju nad višino 570 m so pokazatelji starejšega dna, ki ga v naši razvojni shemi ne obravnavamo.

2. V drugi fazi domnevamo neenakomerno poglobitev skalnega dna v zahodnem delu polja do višine 536 m in tej višini ustrezne odtočne jame. Zakrasevanje se je lahko uveljavilo tudi drugod po polju, vendar ne tako izrazito.

3. Oblikovanje živoskalne podlage je bilo zaustavljeno z odložitvijo rumle-norjave pasovite ilovice, ki navzgor prehaja v rjavo peščeno ilovico s preperelim dolomitnim gruščem in prodrom. S tem prvim, starejšim zasipom so se hidrografske razmere Cerkniškega polja občutno spremenile. Zasuti so bili številni požiralniki v dnu in jame na obrobju, lahko tudi do višine 548 m.

4. Naplavine starejšega zasipa so bile izpostavljene preperevanju in spiranju, površinski tokovi so vanje zarezali svoje struge. Del naplavin pa je bil spran v ponorne jame, pa tudi v zakraselo skalno podlago, funkcija starih požiralnikov se je vsaj ponekod obnovila. Preperelost starejšega zasipa kaže, da je bil dalj časa izpostavljen preoblikovanju in to v razmeroma sušnih in aridnih klimatskih razmerah, ko so nastajale razne limonitne konkracije in skorje ter limonitne cevke okrog stebelc in koreninic raznih vrst preslic. V tem času je nedvomno prevladovala erozija, ki je odstranila znaten del starejšega zasipa, vendar še zdaleč ne vsega in ne povsod enako.

Klima je bila ugodna za nastajanje prve sige v jamah.

5. Močno preoblikovan starejši zasip je prekrila siva jezerska glina, ki je najbolj ohranjena v osrednjem delu polja. V spodnjem delu te gline imamo ponekod prodnati in peščeni material, ki z vegetacijo kaže na konec hladnega starejšega würma in na prehod v krovno jezersko glino. Njen fosilni pelod od-

raža manj hladno klimo, sedimentacija je po A. Šercelj (1974) potekala med 30 000—50 000 leti v humidni klimi srednjega würma. Tedanja jezerska gladina je domnevno nihala za več metrov in je seveda segala tudi v ponorne jame. Tu je naplavina prekrila vhodne dele in v njih prekrila starejšo kapniško vsebino. Globlje v jami je bila gladina nižja, zato je le občasno prekinjala rast sige, ki se je tedaj odlagala tu in v drugih kraških jamah širše okolice, npr. v Križni jami ali Postojnskem jamskem sistemu.

6. Preden je polje zasul mlajši zasip, so bile jezerske glin delno erodirane predvsem na zahodni strani in v obrobni jamah. Nastale poglobitve pa je hitro izravnala ilovica, dolomitni in drugi grušč, ki ga je predhodnica Cerkniščice nanašala iz severnega zaledja. Ta vršaj Cerkniščice je prekril zahodno polovico polja in zajezil vode na vzhodni polovici polja. To sklepamo po tamkajšnji rjavosivi ilovici, ki ima znake stepske vegetacije in kontinentalne klime. Obe različni sedimentaciji sta se menjavali v osrednjem delu polja, kjer se pojavljajo enkrat bolj gruščnate, drugič bolj ilovnate plasti. Ekstremno hladne razmere zaznavamo proti koncu te razvojne faze, saj je v grušču pri Rešetu ohranjen singenetški ledni klin, neravno površje pa so lahko oblikovali tudi soliflukcijski pojavi. Verjetno je bilo tedaj polje pretežno suho, dnevne temperaturne razlike pa so mnogo prispevale k rušenju skalnega oboda polja tako na ponorni kot na dotični strani, pa tudi na vseh ostalih apnenčevih in dolomitnih pobočjih. Podobno razpadanje skalnega obrobja domnevamo tudi pri prejšnjih würmskih ohladitvah. Suha in hladna klima tudi ni bila ugodna za rast kapnikov v jamah.

7. Postglacialna klimatska sprememba je zavrla naplavljanje drobirja z obrobja Cerkniškega polja, prevladalo je urezovanje strug in oblikovanje grezov v mlajšem in tudi starejšem zasipu, odkoder je voda spirala naplavine v zakraselo dno in obrobje polja po eni strani s površinskimi tokovi, po drugi strani pa z nihajočo talno vodo.

Nastalo neravno podlago so nato zopet izravnale temnorjave ilovice, šota in organsko blato ter svetlorjava in sivkasta ilovica s polži. Te plasti poznega glaciala in spodnjega holocena v debelini okoli 2 m je navrtal A. Šercelj (1969) pri Gorenjem Jezeru in v Zadnjem kraju pod Otokom, v manjšem obsegu pa se kažejo tudi v širši okolici Rešet. Podrobnejša stratifikacija fosilnega peloda kaže Šercelju na allerödski interstadial za čas 12 000—10 800 let pred sedanjostjo, prav tako pa tudi na dejstvo, da se je v holocenu usedlo manj kot meter organskega drobirja in skrepenele šote. Tedaj je imelo jezero značaj močvirja. Le občasne poplave so dosegale tudi ponorne jame in tam večkrat prekinjale rast holocenske sige.

Preoblikovanje sedimentov v osrednjem delu polja je bilo povezano tudi z neotektonskimi premiki, ki so zajeli hkrati naplavino in skalno dno.

Sklepno razvojno fazo predstavlja današnji izgled polja, kjer se razvijajo novi grezi, ki razgaljajo naplavine in tudi skalno dno. Odnášanje naplavin in drugi erozijski pojavi se kažejo tudi v suhih in vodnih rovih ponornih in dotičnih jam. Vodni tokovi nekje oblikujejo nove skalne rove, drugje pa so že prerezali naplavine in dosegli predriško skalno dno na površju in v podzemlju. Izdatno recentno nihanje vodne gladine bolj pospešuje izpraznjevanje kot zapolnjevanje kraškega polja in obrobni jam.

## SPELEOLOŠKI POJAVI OB ROBU POLJA

### KRATEK PREGLED SPELEOLOŠKIH PREUČEVANJ

Vsi dosedanji raziskovalci Cerknškega jezera so želeli slediti vodi na njeni podzemeljski poti, le redki med njimi pa so tudi zares raziskovali zakrasedi obod jezera in njegove požiralnike.

J. Valvasor (1689) večkrat omenja Vranjo jamo, Suhadolico in Karlovici. V spremstvu sovaščanov je jame obiskoval A. Steinberg (1758) in opisal njihov izgled. Hotel je potrditi svojo razlago o pretakanju vode pod jezerom in ob njem na principu veznih posod.

Približno 100 let kasneje se je za cerknško podzemlje posebej zanimal G. Kebe iz Dolenjega Jezera. Bil je v Križni jami, v Karlovcih, celo 400 klafter daleč, pa tudi v Zelške jame se je podal. Svoje vtise in mnenja o odpravi poplav na jezeru je popisal v Novicah (1860). Kebe je vodil A. Schmidla v te jame, ki si jih je le približno ogledal in jih nameraval še raziskovati (1850, 475). Ni pa nikjer zapisano, da bi ta namen tudi uresničil. Pač pa se je več zadrževal v Križni jami, saj je popisal 600 klafter rosov (1854, 279—291) in jih spoznal nekaj več kot prvi raziskovalec te jame J. Zörrer (1838). A. Schmidl (1854, 294) je bil v Golobini pri Danah 54 klafter globoko.

Speleološko preučevanje Cerknškega jezera se je zelo razmaknilo v zadnjih 20 letih prejšnjega stoletja, ko so bili potrebni podatki za melioracije jezerske površine. Tedaj je prevladovalo mnenje, da so ozki vhodi in vhodni rovi ponornih jam poglavitni povzročitelji poplav. Zato je tedaj najbolj uspešni avstrijski speleolog W. Putick raziskoval ponorne jame in po E. Martelu (1894, 458) prodril v Karlovico 600 m daleč, po G. Spöckerju (1932, 270) pa celo 3,5 km daleč v podzemlje. Vsekakor je zelo verjetno, da je Putick dobro poznal ponorne jame, saj bi sicer ne mogel sestaviti projekta za neškodljivo odpravo visokih voda z razstrelitvijo ozkih grl v jami, z zgraditvijo lovilnih grabelj pred vhomom, ki naj bi preprečevale, da se jama ne bi zamašila s hlodi, ločjem itd. (W. Putick 1888).

V arhivu Inštituta za raziskovanje krasa v Postojni je ohranjen načrt Velike in Male Karlovice izpred prve svetovne vojne, za katerega domnevamo, da ga je sestavil W. Putick. Septembra l. 1893 je raziskoval te jame tudi E. Martel (1894, 458) in menil, da so razvite v dveh etažah. V zgornji so npr. Golobina in Karlovici, v spodnji pa kanali 25 do 30 m pod površjem, ki so med seboj povezani v labirint proti NW usmerjenih rosov. E. Martel (1894, 541) je mislil, da so kraška polja nekdanja jezera, ki se sama izsušujejo s tem, da se zapolnjujejo z naplavinami.

Putickova in Martelova speleološka raziskovanja opisujejo F. Kraus (1894), A. Perko (1908; 1928), J. Cvijić (1901), A. Gavazzi (1904), A. Löhnberg (1934) in G. Spöcker (1932), ki pa bi naj bil še globlje v Veliki Karlovici kot Putick. Tudi poljudni opisi Cerknškega jezera in okoliških jam črpajo podatke iz teh virov (J. Žirovnik 1898; M. Kabaj 1925; P. Kunaver 1922).

Rezultate dotedanjega speleološkega preučevanja je koristno uporabil A. Löhnberg (1934, 26). Podrobneje je opisal hidrološke posebnosti jame Suha-

dolice. V bregu Vršiča 15 m nad ravnino jezera je našel večjo odprtino, nekakšen spodmol, ki ga je spoznal za nekdanji odtok iz jezera v višini 570 do 580 m.

Dotedanje znanje o podzemlju je v svoji monografiji uporabil tudi A. Hočev ar (1940). L. 1931 pa se je v družbi I. Michlerja in A. Šerka tudi udeležil raziskovanja Velike Karlovice. Takrat so izmerili 2000 m glavnega rova, približno označili njegove širine in suhe ter vodne odseke. Takrat ni bilo potrebe, da bi jamo točno izmerili in preučili. Važnejši so jim bili le vhodni deli, ker so jih širili in poglabljali, da bi poplavna voda hitreje odtekala (A. Hočev ar 1940, 188). To je bilo še nadaljevanje Putickovih načrtov.

Več raziskovalnega dela so vložili člani DZRJS v Križno jamo. O tem delu poročata I. Michler (1934) in V. Bohinec (1965). V hidrogeološkem oziru je koristna ugotovitev dveh vodnih etaž 20 in 40 m pod jamskim vhodom, sicer so podrobni opisani vodni in suhi rovi (preko 7000 m) omenjeni klastični in alotoni sedimenti in nekatere morfološke posebnosti.

Speleološke raziskave prejšnjega stoletja in prve polovice sedanjega stoletja govorijo o razsežnih vodoravnih rovih, po katerih se pretaka voda v podzemlju proti nižji erozijski bazi v obliki ponornic ali podzemeljskih rek. E. Martel, W. Putick in A. Perko so bili pristaši Katzerjeve teorije in nasprotniki Grundove teorije o nivoju kraške talne vode. A. Grund (1914) je odgovarjal na prigovore omenjenih speleologov z mnenjem, da speleološke raziskave omogočajo spoznati le del podzemeljske cirkulacije vode, na podlagi katerega še ni mogoče zanikati nekega vodnega horizonta v zakraseli kamnini, kjer se navpično kroženje meteorske vode spremeni v vodoravno kot je A. Grund (1914, 172) pojasnil pojem »Grundwasser«. Tudi te ponovne razlage niso prepričale A. Löhnerberga (1934, 103), da ne bi glede Cerkniškega jezera nasprotoval tej teoriji. A. Hočev ar (1940, 12) pa se z navajanjem primerov iz Križne jame in Velike Karlovice nagiba k teoriji A. Bocka (1913) o eforacijskem izoblikovanju podzemeljskih strug.

Po drugi svetovni vojni začenjamo s prvimi ekskurzijami v ponorne jame šele l. 1962, ko so bile že dokaj preučene geologija in hidrologija polja. Že prva raziskovalna ekskurzija je pokazala zelo razčlenjeno podzemlje na ponorni strani Cerkniškega jezera, kjer smo nato od l. 1970 spoznali čez 8 km rovoev Velike in Male Karlovice, Svinjske jame in Nart. Pri sledenju podzemeljske vode v Veliki Karloviči so pomagali potapljači. Odkrili so 270 m dolgi rov za sklepnim sifonom te jame ter se približali Zelškim jamam na 800 m zračne razdalje (P. Habič 1968, 53). S potapljanjem je bil pregledan tudi sifon v Mali Karloviči (R. Gospodarič 1969, 65) in najdemo nadaljevanje jame v izviru Žerovnišnice (R. Gospodarič 1968, 38).

O raziskovanju Male Karlovice poroča I. Gams (1966). S sodelavci je odkril nekaj dotlej še neznanih rovoev in napravil načrt jame. Na podlagi morfoloških znakov na stenah in stropovju je sklepal na večje kolebanje vode v sklepnem kotu pa v vhodnem delu jame, na odtok vode iz osrednjega rova proti NW k Zelškim jamam in SW proti pobočju Javornikov, na zaježevanje visoke vode v Veliki Karloviči in v apnencu nasploh pred bližnjim dolomitom ob predjamskem narivu (1966, 31, 39). Sklepal je tudi na nekdanji pretok vode v dveh etažah in menil, da so ponornice zasule številne špranje v apnencu, ki je preluknjan tudi pod nivojem jam. S svojimi opazovanji je prišel do predstave

o dveh hidroloških sistemih, o geostrukturnem hidrološkem kraškem pretakanju prenicujoče vode in o sklenjenih tokovih ponornic in podzemeljskih rek. Tako je združil teoriji *Grunda* in *Katzerja*, ki so si jih speleologi na prehodu prejšnjega v sedanje stoletje krojili in razlagali, kakor jim je najboljše ustrezalo. *Gamsove* mišljenje je morda posebno v trditvi, da ne gre za dve razvojni fazi, pač pa za dve različni obliki pretoka v odvisnosti od geoloških in geomorfoloških okolnosti (1966, 41).

Podrobnejši pregled speleoloških raziskav ponornega cerkniškega jamskega sistema v letih 1964 do 1969 je podal *R. Gospodarič* (1970). Prikazal je geološke in geomorfološke razmere v predelu med Cerkniškim poljem in Rakovim Škocjanom. Podrobno je opisal nad 7 km dolg jamski sistem Male in Velike Karlovice ter 3 km dolge Zelške jame z Dvatisočo jamo. Posebej je poročal tudi o raziskovanju nekaterih ponorov v Jamskem zalivu, predvsem Nart in Svinjske jame (*R. Gospodarič* 1971), pa tudi o sedimentih in razvojnih fazah Križne jame (*R. Gospodarič* 1973). Doslej znani jamski rovi predstavljajo le del votlega kraškega podzemlja na obrobju Cerkniškega polja.

### JAME NA PONORNI STRANI

Speleološke pojave Cerkniškega polja delimo po obliki in hidrogeografski funkciji v več skupin. Med največje spadajo nedvomno ponorne jame na zahodnem obrobju polja v takoimenovanem Jamskem zalivu. Po njih odteka večji del vseh voda, ki se prelivajo preko tega kraškega polja. Precej redkejša in težje prehodna so izvirne jame, zanimivo pa je, da priteka na polje pretežni del vode iz kraškega obrobja skozi neprehodne kraške izvire. Za poznavanje razvoja krasa so zanimive tudi jame v širšem obrobju Cerkniškega polja, ki so brez stalnih ali občasnih tokov, ali pa v njih dosežemo stalne kraške vode, ki podzemeljsko odtekajo na Cerkniško polje. Med temi so najpomembnejše Križna in Mrzla jama pri Ložu ter Mrzla jama na Bločicah. Del jamskega sistema na pritočni strani Cerkniškega polja naj bi predstavljala tudi ponorna jama Golobina na Loškem polju. Naslednjo skupino speleoloških pojavov pa predstavljajo številni požiralniki, ponikve in estavele na samem dnu Cerkniškega polja. To so nezapolnjene ali izprane votline v zakraselem dnu Cerkniškega polja in so ožji ali širši vhodi v nedostopen in zapleten podzemeljski sistem rogov ter špranj, po katerih doteka in odteka del podzemeljskih kraških voda.

V razmerju z razsežnostjo in ugodno geološko zgradbo kraškega obrobja Cerkniškega polja je ob njem razmeroma malo dostopnih jam. Neposredno ob robu polja je v Jamskem zalivu 12 ponornih jam, ki so bolj ali manj vse povezane s podzemeljskim sistemom rogov Velike in Male Karlovice. Ponorne jame so razvrščene v Jamskem zalivu od Nart ob vznožju Javornika pa do Tržišča pri Dolenji vasi, kjer se ob predjamskem narivu stikajo spodnjekredni apnenci s triasnim dolomitom. Pri Nartih doseže struga Stržena propustno kraško obrobje in pod dobrih 10 m visokim strmim skalnatim robom se v ravnini naplavljenega dna polja odpira 5 vhodov v krajše le do 80 m dolge ponorne jame. Večina teh se kmalu za vhomom zoži v neprehodne špranje ali pa so zasute s podornim skalovjem (*R. Gospodarič* 1971). Pred desetletji so pod vodstvom *F. Hočevarja* očistili in poglobili vhode v te ponore, da bi pospešili odtekanje jezera. Med poskusno ojezeritvijo l. 1972 pa so te ponore zazidali, ko





Sl. 15. Eden izmed požiralnikov Narte pred zaježitvijo. Foto P. Habič  
 Fig. 15. One of Narte swallow hole before being damed up.  
 Photo by P. Habič

se je po zaježitvi Karlovic njihova požiralna funkcija okrepila (sl. 15 in 16). Od Nart proti Karlovicam je ob vzhodu skalnega obrobja več neprebradnih požiralnikov, med katerimi je najpomembnejši Kamnje, voda pa uhaža v kraško podzemlje tudi v sami strugi Stržena. Ob skalnem robu sta dva neizrazita spodmola, nekaj višje v bregu pa se odpira vhod v Svinjsko jamo, v kateri na dveh mestih dosežemo del podzemeljskega odtoka. Pretežni del jame pripada starejšemu odtočnemu rovu, ki je močno preoblikovan s podori v smeri proti polju, kjer je v skalnem robu viden podorni zatrep. Podori že na več mestih zapirajo vhode v nekdanje ponorne jame. Tako je skoraj izjemen vhod v Jamo pod cesto, ki po legi in višini (587 m) nakazuje del starejšega ponornega jamskega sistema ob robu Cerkniškega polja. Pri Svinjski jami in nad vhomom v Veliko Karlovico sta znani dve vertikalni votlini Brezno pri Svinjski jami in Obravča jama, ki po obliki in legi nakazujeta postopno odpiranje in rušenje stropa nad podzemeljskimi rovi.

Podornemu zatrepu pri Svinjski jami in požiralnikom ob njegovem vzhodu je najbližji, sedaj v celoti zazidani vhod v Malo Karlovico (sl. 17). Vanjo so po regulaciji struge od Stržena do vhoda in po poglobitvi odtočnih kanalov v jami odtekale visoke in srednje vode, medtem ko so nizke vode Stržena in Cerkniščice ponikale v nekaj 100 m oddaljenem najpomembnejšem ponoru

Velike Karlovice. Vmes med obema Karlovicama je nad ravnino polja vhod v Veliko Skednenco. Te jame poplavna voda ne doseže, njeno nadaljevanje v smeri proti Mali Karlovinci pa je zasuto s podornim skalovjem.

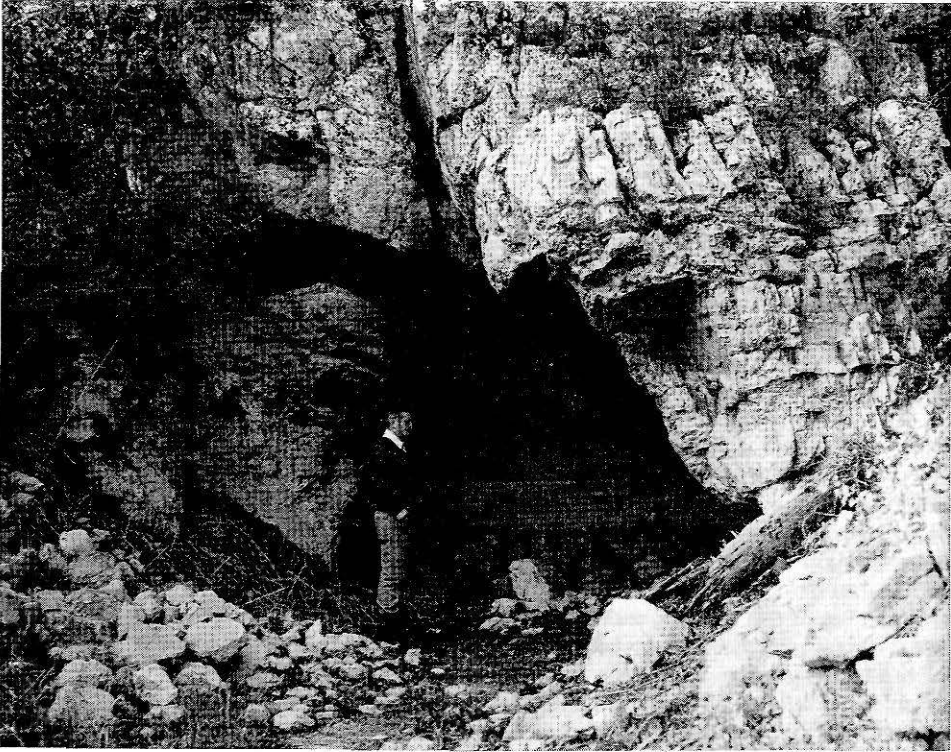
Podobno kot v Mali Karlovinci so ob osuševalnih delih pred desetletji tudi v Veliki Karlovinci opravili precej dela, saj so poglobili strugo več sto metrov v notranjost in razširili nekatere ožine, da bi voda lažje in hitreje odtekala. Bistvenega uspeha s tem seveda niso dosegli. Zdaj je vhod v Veliko Karlovico skoraj do stropa pregrajen z debelim betonskim jezom, tako da le najvišje vode nad 551,5 m nemoteno odtekajo proti Rakovemu Škocjanu. Odtok jezera pod to koto lahko uravnavaajo z zapornico pred novim 50 m dolgim in 3,7 širokim umetnim rovom, ki so ga zgradili leta 1969 nedaleč od požiralnika Rakovski mostek in s tem za okrog 800 m skrajšali vodi pot po podzemlju. Med Veliko Karlovico in umetnim rovom je pod skalno steno vrh podornega skalovja nekaj metrov nad ravnino polja vhod v Malo Skednenco, ki predstavlja le del mrežastega stranskega rova Velike Karlovice.

V smeri proti Dolenji vasi je na robu polja še nekaj neprehodnih požiralnikov, edino v ponor Okence je mogoče prodreti nekaj deset metrov v notranjost zasutega jamskega rova, ki se nadaljuje v enem od stranskih rogov Velike Karlovice. Podobnih zasutih rogov mora biti še več, nanje pa nas opozarjajo



Sl. 16. Zazidan požiralnik v Nartih. Foto P. Habič

Fig. 16. Walled in swallow hole in Narte ponor. Photo by P. Habič



Sl. 17. Vhod v Malo Karlovico, zajezen z betonsko pregrado. Foto P. Habič

Fig. 17. The entrance to Mala Karlovica cave, damed up by concrete fence.

Photo by P. Habič

na polju manjši zatrepi v obrobju in požiralniki ob njihovem vznožju, v notranjosti Karlovice pa stranski rovi, po katerih pritekajo vode s polja. Glavni rov Velike Karlovice se na kraju razdeli v dva kraka, ki se končata s sifonom in s podori blizu pod obsežno udornico Šujico.

Jamo pod cesto obravnavamo posebej izven obsega karlovškega podzemlja, ker je z vhomom v nm. v. 587,5 m ter proti NW usmerjenemu in 110 m dolgemu rovu del starega ponornega sistema, ko je bilo dno Cerknjskega polja više od današnjega. Vhod v jamo je skrit pod kolovozom ob severnem robu plitve vrtače sredi jugozahodnega skalnega z gozdom zaraščenega pobočja Jamskega zaliva.

Vhod pripelje v poševen hodnik s pokončno ovalnim prečnim presekom. Skalno dno je pokrito z drobirjem in sigo. Pri podiranju skalnega roba vrtače se je drobir valil v jamo in napravil poševna tla. Pri presoji nadmorske višine izvotljenega jamskega vhoda in rova je treba odšteti višino nasipnega stožca. Mesto 587,5 m, kolikor ima jamski vhod, bomo računali o jamskem horizontu na ponorni strani Cerknjskega polja v nm. v. 575 m (načrt jame hrani IZRK — Postojna).

V prvem delu jame je treba omeniti erozijske police in fasete na stenah, ki kažejo na nekdanji vodni tok v notranjost jame. Polic se držijo še ostanki najstarejše rjave sige. Izrazita plošča sige pod stropom kaže na sigov pokrov, ki je obvisel na stropu potem, ko je bila podlaga (naplavina?) erodirana ali izprana. Skozi naslednjo sigovo kopo med stenama je možen prehod v drugi del jame. Tu je sprva 10 m širok in 12 m visok prostor, kjer s stropa visijo skalne orglje in beli stalaktiti, ob zajedi severne stene pa stoji vitek steber z debelimi rebri. Siga je tudi na tleh tega recentno preoblikovanega prostora. Nato postane rov 9 m širok in 2,5 m visok. Rjava in rdeča ilovica zakrivata skalno dno. Stene so valovite, prav tako tudi strop, ki se niža in viša, vzdolž pa ima ohranjen celo ovalni meander. To kaže na začetno evakuacijo v skali, na sifon, ko je voda tekla gor in dol pod pritiskom.

Končni del jame je zopet recentno preoblikovan s prenikujočo vodo. Siga in ilovica pri 3 do 4 m znižanih tleh sta delno izprani v 7,5 m globoko luknjo ob sklepu rova. Zaradi izpiranja so se posedli in popokali kapniki. Med plastmi sige je rdeča ilovica, sama siga pa je ponekod tudi korozijsko razjedena. Sklep rova je ob sigovi kopi, ki je vpeta med steno in strop, tako da ni možno prirodno nadaljevanje.

Jama pod cesto je 25 m nad vodnimi rovi Svinjske jame in Karlovic in del ponornih jam Cerkniskega polja, ki so bile aktivne tedaj, ko je bilo njegovo skalno dno še v višini humov Goričice, Drvošca, Otoka in gričev ter višjih delov Cerkniskega polja okoli Žerovnice. Drugi ponorni rovi te višine niso dostopni, ker so se porušili pri oblikovanju pobočja Jamskega zaliva. Morda bi lahko k tem jamam šteli tudi zgornje prostore Svinjske jame, ki imajo strop in rahlo nakazano dno v nm. v. okoli 570 m. V Jami pod cesto so ohranjene najstarejše sige Cerkniskega polja, kakršne v niže ležečih Karlovicah in Svinjski jami nismo mogli spoznati.

Podzemeljske prostore ob ponornem robu je izoblikovala voda Cerkniskega jezera na poti proti Rakovemu Škocjanu oziroma Planinskem polju. Odtok iz jezera ni bil usmerjen v en kanal, temveč v mrežo kanalov, ki so se po današnji legi sodeč, nekako 200 m od roba polja združili v dva ali tri rove večjih razsežnosti (skozi Belo dvorano, zahodni krak Labirinta, Hočevarjev ali Kebetov rov v Svinjski jami). Po teh rovih teče tudi še današnja ponikajoča voda (glej sl. 1 v prilogi). Posamezni komaj prehodni rovi v ponornih jamah so tako nizki zato, ker je po dnu polno naplavin. Ponekod hodimo tik pod stropom, drugod naplavine zapirajo napredovanje v zoženih prostorih. Upravičeno domnevamo, da je izvotljenih več prostorov kot jih poznamo. Nasutje do nm. v. 550 je prav izrazito v vseh ponornih jamah ob jezeru, njegova debelina pa je lahko maksimalno enaka debelini kvartarnih naplavin v Jamskem zalivu, to je 8 do 15 m. Potemtakem je z najnižje ležečimi vhodi ponornih jam računati v nadmorski višini 533—540 m.

Podatki iz Svinjske jame in Velike Karlovice dopuščajo domnevo, da je pred zasipavanjem nastajala siga. Po dnu in stenah skalnih rogov se je mogla odlagati tedaj, ko v njih ni bilo trajne ponornice, ali pa se je ta pretakala v niže ležečih, kasneje zasutih rovih. Med zasipavanjem je ponornica sprva erodirala sigo in stene, nato pa nanašala zasip, ko se je tudi že umikala iz podzemlja.

K današnjemu izgledu podzemeljskih prostorov pa so prispevale tudi prenikujoče vode, enkrat s tvorbo sige, drugič z destrukcijo stropovja, ko so bile

agresivne. Oboje je trajnejši, predvsem pa večkratni speleogenetski proces, prisoten domala v vsem razvojnem ciklusu jam. Gre za proces, ki ni bil odvisen od hidroloških razmer, če mislimo pri tem na ponornico, pač pa od klimatskih razmer na površju v pleistocenskem posebej mladopleistocenskem obdobju.

Razloge za zajezovanje je iskati v različni propustnosti in oblikovitosti podzemeljskih kanalov ter v ogromnih množinah transportiranega materiala, ki je v vhodne rove odložen, negativno vplival na njih propustnost. Zasipavanje je nadalje posledica izvenjamskih hidroloških in morfoloških dogajanj. V našem primeru so to akumulacijski procesi na polju in oblikovanju strmega roba Jamškega zaliva. Apnenčev grušč tega roba so ponikujoče jezerske vode sproti in zlahka odnašale v podzemeljske kanale. Naplavine v obliki vršaja segajo v ponorne jame vsaj 100 m daleč v notranjost, kjer se pokažejo šele v primarni razsežnosti, preoblikovani le s speleološkimi procesi. K zasutju vhodov je prispeval delež tudi grušč ponornega roba. Ostanke takega grušča vidimo v pobočju pred Svinjsko jamo in pri zapornici ob Rakovskem mostku. Ponorni rob se je torej že ob izdelanih jamah krušil v klimatsko zato ugodnem obdobju in zasul ter uničil nekaj rogov. Ostanke nekdanjega skalnega roba vidimo v skalni Mali Goričici, ki je 80 m odmaknjena od današnjega strmega roba, obdajajo pa jo jezerske naplavine. Nekako 300—500 m pred današnjim ponornim robom poznamo v sicer ravnem skalnem dnu dve depresiji z dnom na 536 m. Lahko sklepamo, da so prav tu bili starejši ponori še nezasutega polja, njim ustrezni rovi pa pod višino 540 m (glej karto skalnega dna na sl. 6). Ob zasipavanju polja z glinami, peskom in prodrom pa so bili ti rovi z onimi na 545—550 m vred zasuti. Šele v postglacialni dobi se je lahko delno obnovila njihova pretočna vloga. Erodiranje zasipa v jamah pa traja še danes.

Skladno s klimatskimi spremembami v zgornjem kvartarju, ko so na polju zaznavni erozijski in akumulacijski procesi, so se tudi v ponornih jamah menjavali speleogenetski procesi. Jame so bile večkrat suhe, tedaj se je v njih odlagala sige, in poplavljen, ko je voda sigo erodirala in pokrila z naplavinami. Ti speleogenetski procesi so mnogo bolj jasni v izvirnih Zelških jamah kot v ponornih Karlovcih (R. G o s p o d a r i č 1970), vendar jih, kakršne poznamo, kljub temu navajamo v kronološkem zaporedju, da jih bomo lahko primerjali s podobnim zaporedjem v Križni jami in tudi zaporedji zasipavanja Cerknškega polja. V Karlovcih in Svinjski jami smo ugotovili sledeče kronološko zaporedje razvojnih stopenj, začenši z najstarejšo:

- oblikovanje rogov v horizontih okrog 540 m in niže, kjer so se odložile tudi prve naplavine, sledilo je
- nastajanje sige in destrukcija stropovja, nato pa je
- ponornica delno erodirala in zasipala vhodne rove z gruščem, ostale pa z ilovico; sledila je
- tvorba nove sige na zasipu, navpično izpiranje naplavin, nato pa je
- ponornica izravnala višino sedimentov v vhodnih kanalih do 548 m in se umaknila, da bi se lahko uveljavilo
- odlaganje sige in podiranje stropovja v obdobju poplavljenih rogov, kar pa so že dogajanja holocenskega oziroma recentnega razvoja.

## JAME NA IZVIRNI STRANI

Izvirne jame ob Cerkniškem polju so pod Javorniki in sicer Suhadolica, Vranja jama, nedostopni kanali izvira Mrzleka, Otoškega Obrha, Tresenca, Laških izvirov in izvirov Stržena. Tu so skalni rovi po nastanku večinoma neposredno povezani z današnjimi hidrološkimi razmerami. Le siga v Suhadolici govori za suho obdobje v razvoju te jame, naplavljeni prod, pesek in ilovica ter erozijske oblike enotnega vodnega kanala pa za recentno oblikovanje in poplavljanje v višini okoli 548 m. Nekaj znakov o podobnih razmerah vidimo tudi v Vranji jami.

### Suhadolica

Skalni rob Cerkniškega jezera med Klinjim vrhom in Ušivo loko poteka v smeri NW—SE. Iz ravnice na 547—550 m se strmo dvigne na teraso Vršiča in Klinjega vrha (610—660 m), nato pa šele preide v strmo pobočje Javornikov (1269 m). Od Ušive loke se vleče proti jugovzhodu okoli 150 m debeli horizont spodnjekrednega dolomitiziranega apnenca in sovпада z vrtačasto uravnavo Vršiča, po kateri so posuti ilovica, pesek, psevdobobovec, roženec itd. V krovlini tega horizonta je spodnjekredni apnenec, v talnini pa oolitni apnenec malmske starosti, v katerem je vodoravna vodna jama Suhadolica (načrt jame hrani IZRK — Postojna).

Vhod v jamo je ob vznožju skalnega roba na 553 m. Pred jamo je ravnica dvignjena za 5 m zaradi grušča, ki pokriva skalno dno polja. Skozi  $5 \times 5$  m velik vhod pridemo v enoten glavni kanal, ki je sprva suh, nato pa se spremeni v podolgovata jezera. Sto metrov glavnega kanala poteka proti jugu vzporedno s plastmi in prelomom, katerega drsni ploskvi sta strmo nagnjeni proti SSE. Med raziskavami 3. 8. 1969 je bil kanal do t. 7 suh, lahko smo prebredli vmesno jezerce do t. 9, kjer se je začel šele vodni del jame. Suhi del kanala ima kvadraste prečne profile s fasetiranimi policami ob stenah. V stropu so kamini, ki so delno prevlečeni s sigo. Tudi sten se drži rjava siga, ki je skupaj z njo erodirana. Pred današnjim poplavnim obdobjem je morala biti jama nekaj časa suha, da se je mogla odlagati siga.

Vodni kanal sledi prelomom do t. 11 in 12, ima koničast prečni presek nad vodno gladino, 2 m pod njo pa ga zaključí skoraj ravno skalno dno. Pri t. 12 ob jugozahodni steni lahko sestopimo na kopno, ob severovzhodni steni pa teče voda proti izhodu k jezeru pri t. 9, kjer izgine v neprehodno špranjo. Po suhem lahko dosežemo cepišče kanala pri t. 14 in njegov krak do t. 17, s čolnom pa proti jugu usmerjeni krak jame, nekakšno podolgovato s skalnimi ostmi predeljeno jezero. Skalna pregrada deli jezero tudi poprek v dve polovici. V prvi je voda 3 m globoka, v drugi pa 4 m. A. Š e r k o (Arhiv Inštituta) poroča, da so 15. 9. 1933 preplezali pregrado in po 20 m zadeli na neprehodni sifon. Dne 13. 8. 1969 je A. K r a n j c s potapljaško opremo obšel prečno pregrado, pod vodo je sledil stropu še 20 m proti SW, ne da bi dosegel zračni prostor.

Dne 3. 8. 1969 je imela voda v jezeru  $7,4^{\circ}$  C, pritekala pa je s 15 l/s. Sredi jame je zopet izginjala. Sklepamo, da prihaja na polje v izvirkih pod jamo ob strugi Stržena, saj smo v enem izmed njih namerili  $8,4^{\circ}$  C. Ker pa so ti izvirki zelo šibki, ubere ostala voda neznanu pot pod naplavinami proti severu. Ob višjem vodostaju prodre voda skozi suhi rov do jamskega vhoda in se izliva

v Stržen tudi s 6 m<sup>3</sup>/s. Tedaj deluje kot bruhalnik tudi 50 m oddaljeni izvir v smeri Klinjega vrha, ki je sicer suh.

V opazovalni dobi med 10.—14. 11. 1969 smo prvi dan ugotovili dviganje gladine v jami, drugi, tretji in četrti dan pa njeno upadanje tako kot v Strženu. Peti dan opoldne je gladina zopet narastla, da je začela jama bruhati v nezalito jezero. Suhadolica deluje kot tipičen bruhalnik, ki reagira na padavine podobno kot Mrzlik, Obrh in Stržen, skratka kot vsi izviri ob vzhodni strani polja. S površinskimi vodami ni povezana, ker ima stalno nizke temperature (7—8° C). Jama ne more vode požirati, ker je njen skalni vhod na 553 m, tako visoko pa se jezerska gladina nikoli več ne dvigne.

### Pojeno brezno, Strmška jama, Golobina, Jama Žerovnica

Na SW obrobju polja poznamo še korozijsko Pojeno brezno, ki z globino 35 m doseže nm. v. 585 m, ter suho in zasigano Strmško jamo z vodoravnim rovom na višini okoli 580 m. V vodoravnem rovu so med ilovico ohranjeni kremenov, boksitni in limonitni pesek, nekdanji fluvialni sedimenti (R. Gospodarič 1971). Rov Strmške jame je verjetno delo dotočne cevi, ki je v višini okoli 580 m dovajala vodo iz Javornikov na Cerknško polje, ko je bilo njegovo dno še tako visoko. V izviri Stržena pride na jezero največ vode, ker je tu vzpostavljena prirodna podzemeljska zveza skozi zakraseli spodnjekredni in malmski apnenec med Cerknškim in Loškim poljem. Podzemeljski kanali so dostopni na loški strani v jami Golobini (načrte jam hrani IZRK — Postojna). Ta jama kaže na več razvojnih stopenj, ki jih lahko po relativni starosti razvrstimo v

— poniranje vode v višini 570 m, na tej višini ne poznamo na jezerski strani ustreznega ekvivalentnega iztoka, lahko je zarušen v skalni steni nad izviri Stržena, nakazuje ga pa večja udornica za navpično steno;

— nastajanje stare sige, kakor smo jo spoznali tudi v Jami pod cesto,

— oblikovanje ponornih rovoov okoli nm. v. 555 m;

— nastajanje udornic in navpičnih kaminov, ki so povezali obe starejši etaži;

— sifonski pretok nizke vode v kanalih okoli nm. v. 542 m in še niže, kakor npr. v jami Žerovnici, Suhadolici in v ponornih jamah Jamskega zaliva.

S propustnostjo jezerskega oboda in tal se torej srečamo tudi na izvorni strani Cerknškega polja. Ob izviri Stržena se vodna gladina ob suši nahaja precej pod dnom površinske struge. Kako so razporejeni kanali, po katerih odteka nizka voda iz izvirnih špranj in kotanj, ne vemo, po vsej verjetnosti pa so povezani s sistemom podzemeljskih rovoov in špranj, o katerih sicer tečeje nizke vode iz Loškega polja mimo Cerknškega jezera.

V izvorni zatrepni dolini Stržena ali Cerknškega obrha, ki je 1,5 km zajedena v SE obrobju polja, so tri skupine izvirov. Najjužnejši je manjši stranski izvir Špilja. Ob suši lahko po ozkem rovu zlezemo nekaj metrov v notranjost, kjer se zadržuje voda v neprehodnih špranjah. Večja izvorna kotanja Cemuna je ob vnožju strmega brega na nasutem dnu polja. V podolgovati lijakasti globeli izvira precej vode, ob suši pa se gladina zniža pod naplavljenno dno. Tretja skupina izvirov je ob desnem severnem bregu zatrepne doline. Tam izvira Obrh iz grušča ob robu polja, po presahnitvi pa je vidna suha podolgovata skalnata globel. Nad izviri ni vhodov v jamske rove, vidni so le ne-

kateri podorni zatrepi, ki so nastali nad prvotnimi jamskimi rovi. Prave razporeditve in drugih značilnosti pritočnih podzemeljskih kanalov med Loškimi in Cerknjskim poljem pa v podrobnostih ne poznamo, ker doslej jamarjem še ni uspelo prodreti v to podzemlje.

Jame na pritočni strani Cerknjskega polja med Gorenjim Jezerom, Grahovim ter Bloško Polico in Ložem imajo zaradi drugačne geološke in tektonske zgradbe svojevrstne značilnosti. Tu poznamo kraške izvire z nedostopnimi rovi Žabjeka in Zlatavca v triasnem dolomitu ter Gorički obrh ob stiku dolomita in jurskega apnenca. Sledi Šteberski obrh v izrazitem skalnem zatrepu na kraju dolge zatrepne doline. Nad izvirov je občasen bruhalnik Lunkov Gobec, nad zatrepom pa sta dve udornici Vranjici, nastali z zrušenjem stropa nad pritočno jamo. Naslednji stalni kraški izvir je v zatrepni dolini pri Žerovnici. V izvorno jamo Žerovnico pridejo lahko le potapljači, ki so raziskali daljši vodni kanal in našli tudi višji zasigani suhi kanal. Na kraju dostopnega dela jame je globok pritočni sifon, kjer je znana najnižja točka recentnega zakrasevanja na 535 m, medtem ko zasigan suhi rov sega do 565 m (R. G o s p o d a r i č 1968; P. K r i v i c, A. P r a p r o t n i k 1973). V geološkem profilu med ponorom Bečki pri V. Blokah in izvirov Žerovniščice, ki naj bi bila hidrološko povezana (A. Š e r k o 1946), je zanimivo, da je najmanj 2,5 km podzemeljske poti ponorne Bločice v triasnem in liasnem dolomitu, le km pa v liasnem in liasnodoggerskem apnencu. Ponori so na nadmorski višini 725 m, izviri pa na 560 m. Verjetno je največji strmec podzemeljske Bločice v liasnem apnencu, v nedosegljivem nadaljevanju jame Žerovnice, kjer so skladi nagnjeni in prelomljeni v isti smeri kot domnevamo, da teče ponornica. V dosegljivem delu jame pa so skladi obrnjeni proti vodnemu toku. Tako je najnižja dosežena točka jame Žerovnice v sinklinalni strukturi. V triasnem dolomitu se vodni tokovi držijo verjetno blizu površja, kjer so med Bečki in zaselkom Studeno ter Bločicami številne vrtače. Kaže, da teče ponorna voda sprva vzporedno s plastmi dolomita proti jugu, pod Studenim pa se en krak usmeri proti zahodu k jami Žerovniščice prečno na sklade dolomita, morda ob kakšni prelomni coni, drugi krak pa lahko doseže rove Križne jame, lahko pa tudi Mrzle jame pod Bločicami.

V krasu nad vodno jamo Žerovniščice je v višini 660 m 11 m globoko stopnjasto brezno Liljevka. To brezno govori za intenzivno zakraselost liasno doggerskega apnenca in za verjetni obstoj suhih rovov v severovzhodnem izvirnem obrobje na nm. v. okoli 650 m.

### Križna jama

Speleološko je pomembna Križna jama, ker hrani obilo pleistocenskih fluvialnih alohtonih sedimentov, nadalje tri generacije sige v morfološko razmeroma malo razčlenjenih rovih s skupno dolžino okrog 8000 m. Podrobneje je te naplavine opisal R. G o s p o d a r i č (1974), odkoder povzemamo le bistvene značilnosti, potrebne za razumevanje kraškega razvoja Cerknjskega polja.

Fluvialni alohtoni sedimenti v obliki kremenovega in limonitnega peska so ohranjeni v nahajališču pri Prvem podornem rovu te jame in sicer 20 m nad skalnim dnom poglavitnega rova. To je naplavina iz neke starejše razvojne faze Križne jame, ko je jamska reka tekla v višini okoli 635 m in današnji rovi še niso obstojali.



Najbolj značilen alohtoni sediment poglavitnega vodnega kanala na okoli 615 m je prod oziroma konglomerat. Odraža samostojno erozijsko fazo v razvoju podzemeljskega kanala, kjer je jamska reka tekla s hitrostjo najmanj 1 m/s, pri tem pa tudi občutno širila ter poglobljala vodno korito.

Alohtoni pesek je drugi pomemben sediment: leži nad prodem v 2—3 m debelem sloju, odraža akumulacijsko fazo, ko je blatna ponornica domala zalivala poglavitne rove do vrha (okoli 620 m). Najbolje je ta sediment ohranjen v Medvedjem rovu, kjer ga je bilo mogoče tudi relativno datirati. V krovni peska so namreč med plastmi sige in poplavne ilovice kosti jamskega medveda (M. Brodar & R. Gospodarič 1973). Če upoštevamo spoznanje F. Osoleta (1967), da jamski medved v naših krajih ni več živel v W 3, potem so plasti z medvedjimi kostmi srednjewürmske, peščeni sloj v talnini pa najkasneje starowürmski. S tem sklepom je posredno povezana tudi relativna datacija zgoraj omenjenega proda, ki je starejši od peskov. Ker leži na skalnem dnu in je delno zasigan, je lahko najkasneje riške starosti.

Po akumulaciji peskov je jamska reka v Križni jami erodirala sedimente v osrednjem vodnem koritu prav do starejšega skalnega dna in ga že mestoma poglobila, bolj na odtočni kot na pritočni strani. To erodiranje traja še danes. V stranskih rovih pa so se razvijali podori in siga, tako da so večinoma danes slepi. Med ta proces podiranja je šteti tudi današnji jamski vhod, ki se odpira na kraju zatrepne suhe doline

Med splošne in za Cerkniško jezero pomembne sklepe o Križni jami velja povzeti, da je vodni tok domala ves mlajši pleistocen vztrajal v isti višini okoli 610 m, spreminjala se je le njegova transportna sposobnost in količina transportiranega materiala. O etažni zgradbi rovov ni moč govoriti, ker so se različni speleogenetski procesi menjavali in dopolnjevali v enem vodnem koritu. Lahko pa vseeno govorimo o neki prevotljeni coni v višini okoli 635 m, ker je tu ohranjen svojevrsten fluvialni pesek. Skalni rovi na odtočni strani jame so poglobljeni v Kittlovih breznih do absolutne višine 600 m in po njih odteka jamska reka proti izvirom Šteberščice v višini 560 m. Ti rovi so sestavni del oživljene mlajše erozijske faze, ki od konca würma z vmesnimi prekinitvami traja še danes.

Peščene jamske naplavine Križne jame lahko časovno vzporejamo s podobnimi peščenimi sedimenti na Cerknškem polju. Za prod in konglomerat v jami pa v jezerskih naplavinah nismo našli ustreznih ekvivalentov, lahko pa obstajajo na skalnem dnu, le da jih še ni uspelo odkriti.

Primerjava Križne jame z drugimi jamami ob Cerknškem jezeru, npr. Karlovicami je možna s pomočjo dveh oziroma treh generacij sig in s skupnimi erozijskimi in akumulacijskimi fazami, ko so za mlajši in srednji würm odraz skupnih klimatskih razmer. Po absolutni višini izdolbljenih podzemeljskih kanalov pa obeh jamskih sistemov ne moremo primerjati.

Alohtoni fluvialni sedimenti, katerih matične kamnine so triasne starosti in gradijo teren severno od Bloškega polja, dokazujejo, da je jama oblikovala ponornica iz tega polja. Tudi današnja jamsko reko po vsej verjetnosti napajajo ponikalnice, ki poniknejo pri Novi vasi. Iz Križne jame odteka voda v izvir Šteberščice, kar je z barvanjem ugotovil D. Novak (1966). Zanimiva je geološka zgradba podzemlja in površja, kjer se ta jamska reka giblje (R. Gospodarič 1974). Požiralniki in začetni del (2—3 km) podzemeljske poti je

v triasnem dolomitu, nato pa v sklepnem delu Križne jame, kjer je liasni dolomit. Ostali rovi so v liasnem in liasnogoggerskem apnencu. Na odtočni strani jame se voda pojavlja v 10 m globokih Kittlovih breznic (pod 600 m nm. v.), nato pa v izviru Šteberščice, ko preteče vsaj še 2 km neznane podzemeljske poti v zračni razdalji in sicer delno vzporedno, delno pa prečno na sklade. Pri tem prečka teme grahovske sinklinale in se pojavi na površju ob »loškem prelomu«, kjer malmski apnenec zadeva na malmski dolomit. Ob prelomu je nato izdelana dolina površinske struge Šteberščice tja do Lipsenja.

## POŽIRALNIKI, PONIKVE IN ESTAVELE NA DNU CERKNIŠKEGA POLJA

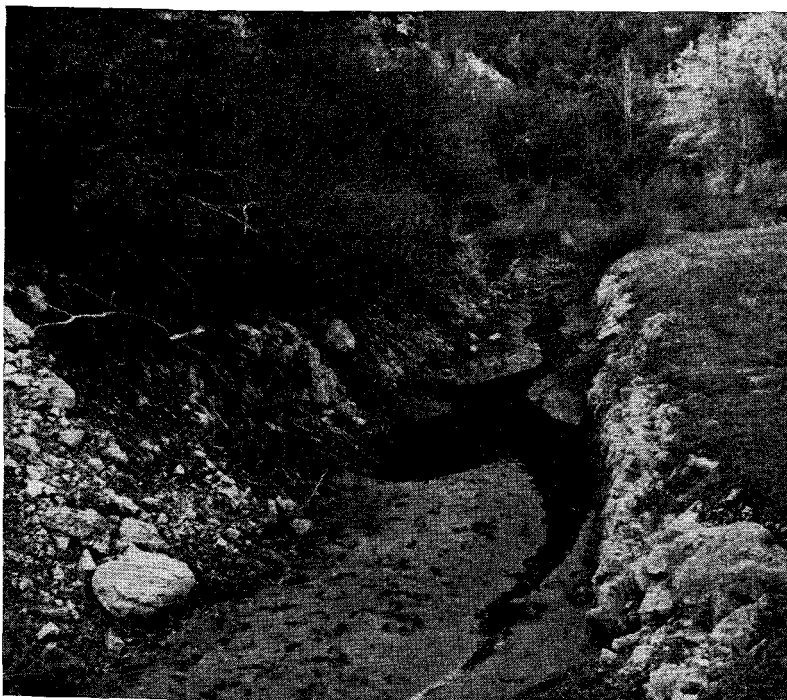
### SPLOŠNI PREGLED

V zvezi s poskusno zaježitvijo odtoka iz Cerknškega jezera se je pokazala potreba po podrobni preučitvi vseh požiralnikov, ponikev in estavel. Avgusta, oktobra in novembra 1969 je Cerknško jezero presahnilo, pa se je nudila ugodna priložnost, da pregledamo vse speleološke pojave, jih kolikor mogoče podrobno raziščemo, zmerimo in zrišemo, da bi lahko pozneje opazovali na njih neposredne učinke in posledice umetnega vodnega režima in eventualnega preusmerjenega odtoka. Pri ugotavljanju razprostranjenosti teh objektov na jezerskem dnu smo si pomagali z aerofotoposnetki, ki nam jih je dal na vpogled Geodetski zavod SRS. Po teh posnetkih smo izdelali tudi pregledno karto vseh drobnih reliefnih oblik, grezov, rup, ponikev, skalnih požiralnikov in estavel v naplavinah in v skalni podlagi (sl. 18 v prilogi). Vrisali smo tudi vse plitve struge, ki jih ni na drugih topografskih kartah, v naravi pa so komaj opazne. Še najlažje jih na terenu spoznamo po svojevrstni vegetaciji, ki je posledica večje zamočvirjenosti tal. Za večje požiralne sisteme smo izdelali topografske načrte na podlagi kompasnih meritev kot jih uporabljamo tudi v jamah. V naslednjih treh, štirih letih smo ob spremljavi poskusne zaježitve glavnih ponorov po izdelani dokumentaciji ugotavljali morfološke in hidrografske spremembe v posameznih požiralnikih pa tudi v obsežnejših požiralnih območjih. Zaradi boljšega pregleda bomo morfološke in hidrografske značilnosti speleoloških pojavov na dnu polja pregledali po bolj ali manj izrazitih naslednjih enotah:

- zahodni del polja z Jamskim zalivom ter požiralniki pri Zelšah ter ob Cerknšiči,
- osrednji del polja z največjimi ponikvami od Rešeta, Vodonosa, Sitarice, Retij ter Velike in Male ponikve,
- posebno območje predstavlja Zadnji kraj z obrobjem Drvošča in Otoka,
- medtem ko se vzhodni in severni del polja odlikujeta z morfološkimi in hidrografske potezami pritočnega obrobja polja.

### ZAHODNI DEL POLJA Z JAMSKIM ZALIVOM

Na območju med Dolenjo vasjo in Jamskim zalivom v naplavini ni sledov grezanja in spiranja v zakraselo podlago. V nasprotju z osrednjim delom polja, kjer so tla zaradi številnih ponikev kmalu po presahnitvi jezera suha, pa se v

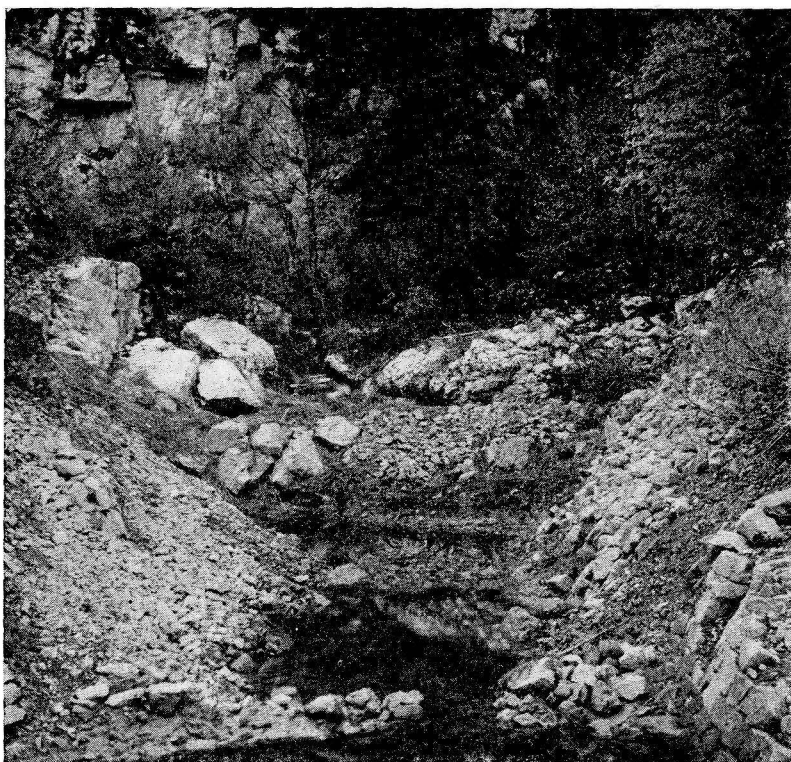


Sl. 19. Regulirane struge Stržena na obrobju Jamskega zaliva Cerkniškega polja. Foto P. H a b i č , 29. 10. 1970

Fig. 19. Regulated Stržen creek bed on the border of Jamski zaliv, the NW part of Cerkniško polje. Photo by P. H a b i č , Oct. 29, 1970

tem delu zadržuje talna voda in vlaži travnike, pa čeprav se jezero od tod najprej umakne. Površje je sicer prepreženo s številnimi strugami, ki so usmerjene proti skalnemu obodu med Tržiščem in Karlovicami. Ta usmerjenost strug nakazuje nekdanje odtekanje vode v robne požiralnike, njihova funkcija pa se je s časom spreminjala, zato so starejše struge zaraščene in mrtve. Znatna zamočvirjenost pa je zvezana z izcejanjem talne vode iz peščeno gruščnatega vršaja Cerkniščice. Z ročnim svedom smo prevrtali zgornje plasti naplavin do globine 6 m in ugotovili menjavo dolomitnega grušča in rjave ilovice. Pod temi, s talno vodo precej prepojenimi plastmi, je manj propustna ilovnata plast, ki preprečuje odtekanje vode v kraška tla pod naplavinami. V skrajnem, severozahodnem delu polja ni talnih požiralnikov, pač pa so toliko pomembnejši robni ponori, ki so razvrščeni po vsem obodu Jamskega zaliva. Začnejo se pri Nartih takoj za Ušivo loko, kjer so zadnji dolomitni izvirki pod Javorniki. Požiralni rob se nadaljuje do skrajnega severnega dela Jamskega zaliva. Največji med ponori so povezani s podzemeljskim jamskim sistemom Velike in Male Karlovice ter Svinjske jame. Poleg glavnih vhodov v te ponorne jame je ob skalnem vznožju

še vrsta neprehodnih požiralnikov, ki so vsi povezani s podzemeljskim sistemom. Pred desetletji so z odkopavanjem teh požiralnikov skušali skrajšati poplave na Cerkniškem polju (sl. 19 in 20). Strugo Stržena so umetno speljali tik ob skalnem obrežju, kjer sedaj izginja voda v več manjših jam s skupnim imenom Narte, pa tudi v požiralnike Kamnje in pod Svinjsko jamo (R. G o s p o d a r i č 1971). Pozneje so z zapiranjem robnih ponorov dosegli podaljšanje poplav (P. H a b i č 1972). V Jamskem zalivu se torej lahko uspešno umetno širijo ali zapirajo vhodi v robni požiralni sistem, ker tam ni talnih grezov in ponikev v naplavinah. Mimo umetno zajezenih ponorov pa si voda počasi le išče in širi poti v starejše zasute rove, ki so povezani v obsežen jamski sistem od Nart mimo Karlovice do vznožja Tržišča pri Dolenji vasi pa vse do Zelš. Zasute stare rove nakazujejo robni zatrepi z malimi požiralniki v grušču in naplavinah, nanje pa opozarjajo tudi slepi in zasuti jamski rovi v notranjost Karlovic. O izdatni prevotljenosti krasa na odtočnem obrobju pa pričajo tudi številni udori in koliševke, ki smo jih našli v predelu med Cerkniškim poljem in Rakovim Škocjanom in jih bo treba še podrobneje preučiti.



Sl. 20. Požiralnik pri Svinjski jami, delno reguliran pred 1940. Foto P. H a b i č , 29. 10. 1970

Fig. 20. Swallow hole near Svinjska jama, partly regulated before the year 1940. Photo by P. H a b i č , October 29, 1978

Pri Tržišču je skalni breg navidez brez požiralnikov in ponikev, toda to le v skrajnem vzhodnem delu. V smeri proti Zelšam pa se ob robu vrstijo požiralniki, ki se vanje odtekajo manjše vodice iz bližnjega dolomitnega površja. Med Dolenjo vasjo in Zelšami je v reliefni zajedi ob geološki meji nekaj manj naplavin, saj cerknški vršaj od robu očitno ni tako debel kot v svojem osrednjem delu ob sedanji strugi Cerknšičice. Pri najvišjih poplavah se iz jezera pod Dolenjo vasjo prelije voda proti Zelšam in poplavi nižje predele in požiralne kotanje, od koder se počasi umakne v podzemeljski sistem Karlovic. V te požiralnike so leta 1975 speljali kanale za odtok meteorne vode in sanitarnih odplak iz nove tovarne iveric pri Podskrajniku. V severnem območju Cerknškega polja je dvoje požiralnih območij, ki pa so le v posredni zvezi z jezerom. V severnem delu je na vzhodu Loškega griča nekaj grezov, ki nakazujejo podzemeljski odtok v smeri severno od Cerknice. V to cono, ki je verjetno le nadaljevanje požiralne cone v osrednjem delu polja, spadajo tudi posamezni grezi pri Podskrajniku, kjer niha kraška talna voda v odvisnosti od nihanja gladine jezera in talne vode v cerknškem vršaju. V požiralno cono pa spadajo tudi manjši požiralniki ob strugi Cerknšičice od Milavčeve žage pod Dolenjo vasjo navzgor skozi Cerknico. Posebej smo opazovali ponikanje Cerknšičice v sami strugi pri mostu ob tovarni Brest.

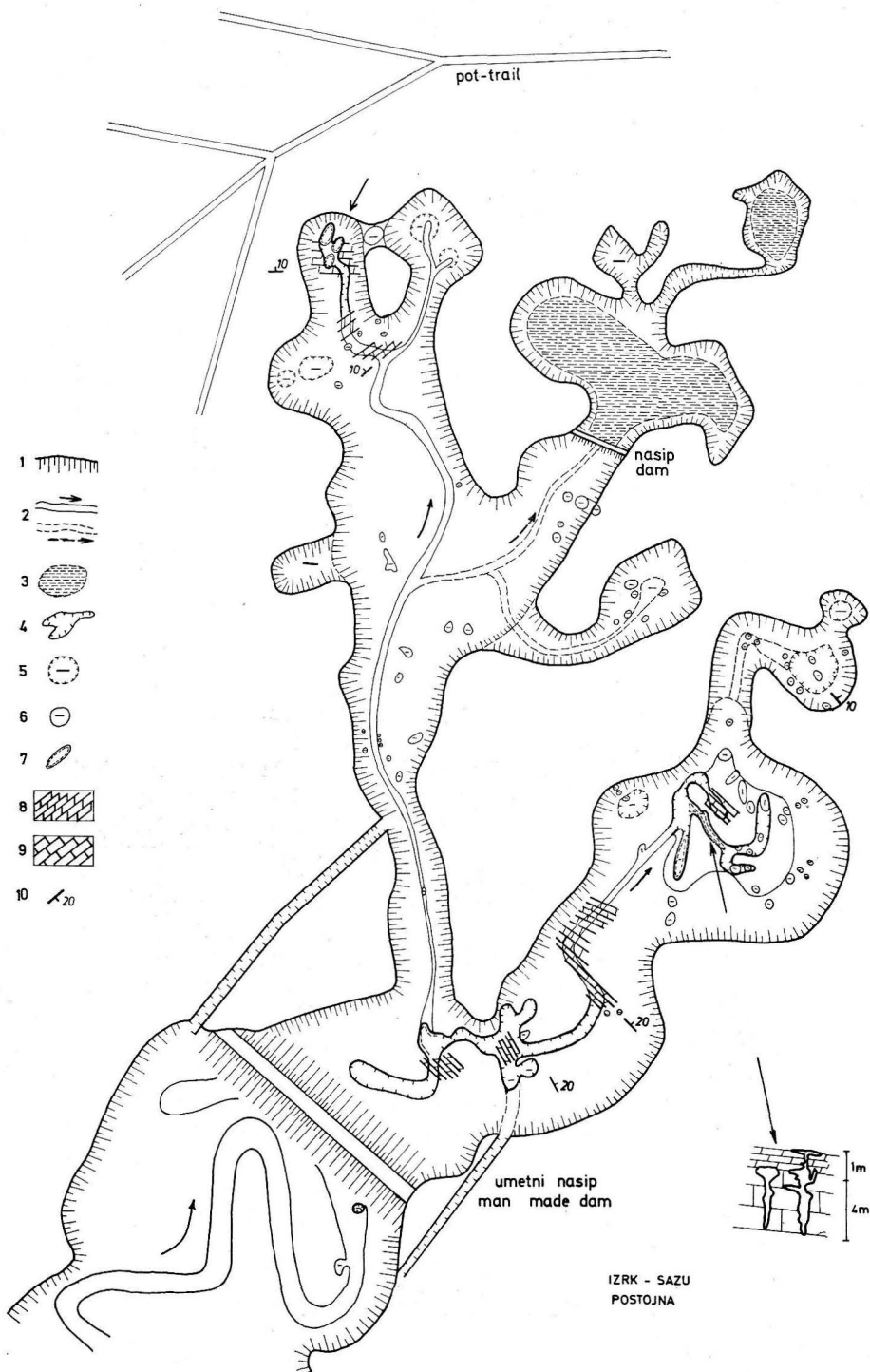
### Pijavce

Bliže Rešetu in drugim osrednjim požiralnikom in ponikvam Cerknškega jezera se površje polja v drobnem že razlikuje od onega v Jamskem zalivu. Dobrega pol kilometra bolj zahodno od Rešeta je v ozkem poplavnem pasu ob Strženu med skalnim vzhodjem Javornikov in spodnjim delom cerknškega vršaja več plitvih globeli v naplavinah. Mnoge med njimi so po obliki tipični požiralniki, vendar po večini zasuti in osamljeni kot grezi za Vodonosom in Rešetom. Podzemeljski odtok je v tem delu jezera verjetno šibkejši kot v osrednjem delu. V nizu razporejeni starejši in zaraščeni grezi in plitve kotanje kažejo, da je skalna podlaga sicer zakrasela, mora pa biti precej manj pretirna in prevotljena kot v osrednjem delu polja. Ni pa izključeno, da zavirajo razvoj ponikev tudi debelejšje plasti kvartarnih naplavin. Plitve struge sicer vodijo proti severu kot pri Rešetu in Vodonosu, vendar so v aluvialno ravnino le redkokje poglobljene za več kot meter. Tu ponika le malo jezerske vode, morda tudi zato, ker so glavni podzemeljski odtočni kanali v osrednjem delu polja zapolnjeni z vodo, ki ponika v večjih in bolj izpranih ponikvah kot so Rešeto, Vodonos, Sitarice in drugi. Nekaj starih grezov smo preiskali z vrtanjem in ugotovili v njih več metrov debele plasti humusa, ki je postopoma zapolnil prvotne greze v gruščnati naplavini.

## OSREDNJI DEL POLJA Z GLAVNIMI PONIKVAMI

### Rešeto

Rešeto (sl. 21) zavzema približno 6 ha površine nekako sredi med Dolenjim Jezerom in južnim skalnim obrobjem. Vijugava struga Stržena je pomaknjena bliže temu skalnemu robu, vendar se proti severu odcepi okoli 100 m široka struga z meandrastim koritom, ki preide v 2 glavni slepi veji. Daljša med njimi



Sl. 21. Morfologija Rešeta

1 — obod ponikve, 2 — struge v ponikvi, 3 — kotanje ujete vode, 4 — ponorne cone, 5 — stari ugrezi, 6 — sveži ugrezi, 7 — luknje v skali, 8 — razkrita skalna podlaga v dolomitu, 9 — razkrita skalna podlaga v apnencu, 10 — smer in vpad plasti

Fig. 21. Morphology of Rešeto ponor

1 — ponor boundary, 2 — creek beds in the ponor, 3 — basins of captured water, 4 — sink zones, 5 — old sinkholes, 6 — recent sinkholes, 7 — swallets in rock, 8 — exposed rocky bottom in dolomite, 9 — exposed rocky bottom in limestone, 10 — strike and dip of beds

je ponovno razcepljena v več strug s položnimi bregovi, ki zajemajo v sistem tudi nekaj ovalnih kotanj.

Bregovi struge začenjajo na 550 m nadmorske višine in nekje bolj drugje manj strmo preidejo v stopnjah z višjega na nižje in končno v najnižje koritasto dno požiralnega sistema, ki je sprva zarezan v naplavine, nato pa na mnogih mestih doseže skalno podlago malmskega apnenca in dolomita. Najnižja korita povezujejo požiralne kotanje ali pa vanje prehajajo. Razvejano požiralno korito je na cepišču obeh slepih strug, kjer nekaj špranj vodo požira. Naslednje korito pa je 80 m bolj severno, kjer so v apnenčevih skladih 2 špranj 1 m široki in 10 m globoki. Na obodu kotanj in bregovih struge so še številni ugrezi v naplavini, ki nakazujejo še več špranj v skalnem dnu. V drugi slepi strugi požiralnih kotanj pravzaprav ni, pač pa koritasto dno preide neposredno v požiralnike v skali ob sklepu te struge. Tu je razgaljen dolomitiziran apnenec v njem pa špranje, ki so dostopne do nadmorske višine 538,5 m, to je 11,5 m pod ravnino polja. Takšna je tudi globina že zgoraj omenjenih špranj. Nikjer pa nismo mogli priti tako globoko kot navaja A. L ö h n b e r g (1934, 96), ki je v neki



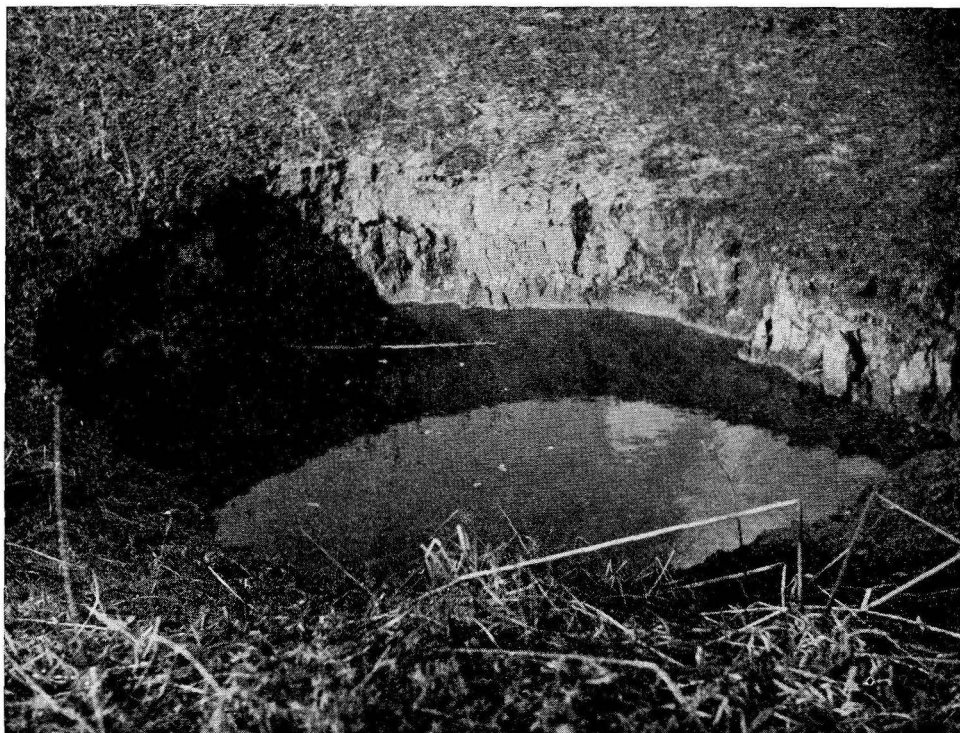
Sl. 22. Rešeto, zahodni požiralnik z razgaljeno skalno podlago pod naplavinami. Zgornjo plast naplavin sestavlja vršaj Cerknšičice, kjer je videti ledni klin (glej tudi sl. 11). Foto P. H a b i č , 13. 10. 1971

Fig. 22. Rešeto ponor, western swallet with exposed rocky bottom under the fills. The upper layer of the fill belongs to Cerknšičica fan, where ice wedge is perceived (see Fig. 11). Photo by P. H a b i č , October 13, 1971



špranji dosegel globino 28 m. Tudi ob tej slepi strugi je dosti ugrezov. Skupno smo jih v Rešetu našli 35 v naplavini in 6 požiralnikov v skali. Število požiralnikov se ujema z navedbami A. Gavazzija (1904, 48) in A. Hočevarja (1940, 125).

Po velikosti strug in obsežnosti celotnega požiralnega zatrepca, ki se v več rokavih in stopnjah zajeda v naplavine cerkniškega vršaja, lahko sklepamo, da je odplavljanje naplavin v Rešetu še izdatnejše kot pri Vodonosu. V nasprotju z Vodonosom, kjer se požiralna cona proti severu zožuje, pa se pri Rešetu širi in razdeli v dva glavna sklepna rokava. Med njima je ostala starejša požiralna cona, ki je vsaj na videz mrtva. V vzhodnem rokavu je več skalnih požiralnikov že pred sklepnim delom, ki je nekaj višji in ne kaže mlajšega napredovanja kot pri Vodonosu. Zahodni rokav je bolj enoten z edinim izdatnejšim požiralnikom prav v sklepnem delu (sl. 22). Podobnost z Vodonosom pa je še večja, ker tudi za tem požiralnikom nastajajo na bližnjih njivah sveži grezi. Očitno si pod njimi širi voda podzemeljske poti proti severu (sl. 23).

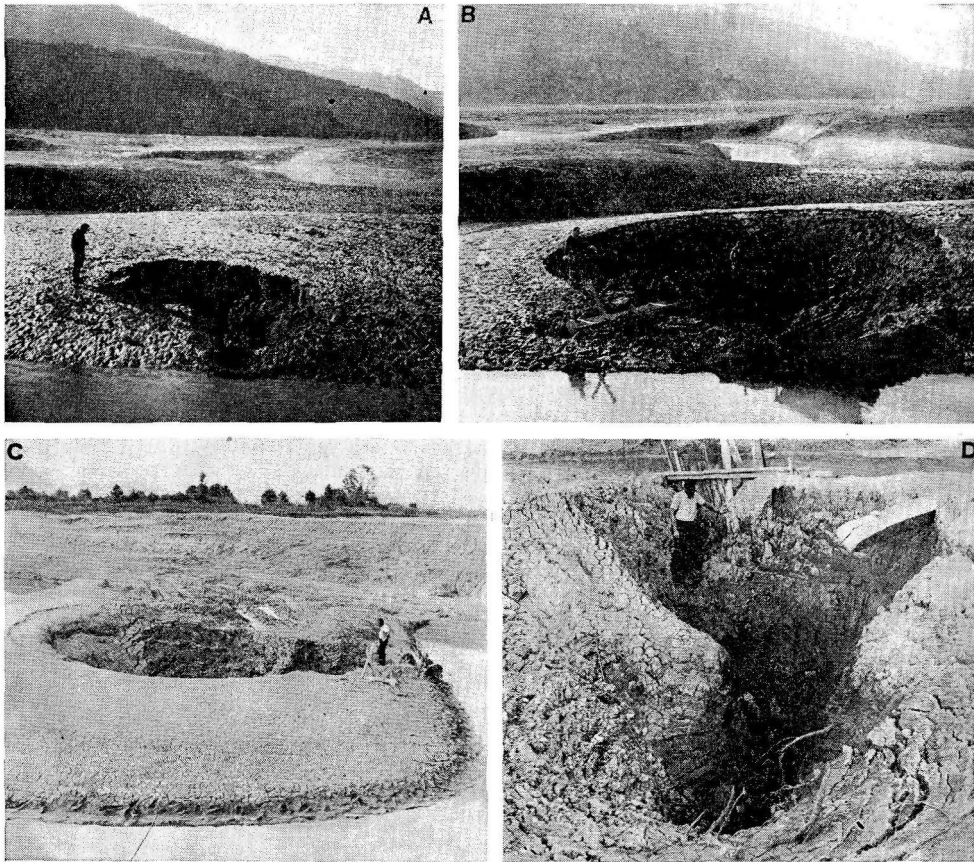


Sl. 23. Nad zadnjim požiralnikom v Rešetu je nastal grez ob polnem jezeru; voda je v 3 m globoki kotanji obvisela nad izpraznjenimi požiralniki. Foto P. Habič, 1971

Fig. 23. Above the last swallow hole in Rešeto ponor at full lake a sinkhole originated; the water remained hanging in 3 m deep trough above the drained swallow holes.

Photo by P. Habič, 1971





Sl. 24. Ugrezi pri Rešetju. Leta 1969 napravljeni jez pred poglavitnimi požiralniki Rešeta je zadrževal vodo le dober mesec, ker se je kmalu ob zajezeni strugi v naplavini odprl nov požiralnik (A). Spiranje naplavine v zakraselo podlago je hitro napredovalo, lijak je bil leto kasneje že trikrat večji (B). Poglavljanje in širjenje požiralnika se je nadaljevalo tudi v letu 1971 (C), čeprav so ribiči poskušali zavreti poniranje vode (D). V zadnjih letih ni bilo mogoče opazovati nadaljnje oblikovanje greza zaradi trajnega zadrževanja vode na polju. Foto P. Habič

Fig. 24. Sinkholes near Rešeto ponor. In the year 1969 man made dam before the main Rešeto ponors checked the water for one month only, because soon in damed up creek bed a new swallow hole opened in the fills (A). Washing off the deposits into karstified basement progresses quickly, the funnel was a year later three times bigger (B). The swallow hole deepening and widening continued in the year 1971 too (C), although the fishermen tried to hold back the water sinking (D). In last years the observations of sinkhole formation were no more possible because of constant water floods on polje.

Photo by P. Habič

V prvi polovici avgusta 1969 so ribiči povečali jez pred požiralnikom v Rešetu. Starega, ki so ga zgradili pred desetletji, je na zahodni strani predrta voda in ga precej poškodovala. Z buldožerjem so nasuli na staro jedro precejšnje zemeljsko pregrado, da bi zadržali v strugi tja proti Suhadolici in Strženu čim več vode za ribji zarod po presahnitvi jezera. Bregov nasipa niso utrdili, le ob strani so v ravnini polja izkopali dva jarka, ki naj bi preprečila prelivanje vode preko nasipa s tem, da bi ob naraščanju jezera dotok vode po omenjenih jarkih omogočil izravnavo poplave v območju Rešeta. Res se je po prvem dežju nabralo pred jezom precej vode, medtem ko so bili požiralniki v Rešetu še suhi. Pri nadaljnjem naraščanju se je voda začela prelivati po stranskih kanalih in polniti požiralno kotanjo Rešeta. Nasip je bil z vodo prekrit dober mesec. V začetku oktobra pa je jezero začelo izdatneje upadati in od 10. oktobra dalje je voda zastajala le še za jezom, Rešeto pa se je izpraznilo. Vse je kazalo, da bodo ribiči uspeli zadržati vodo v strugi Stržena z razmeroma preprostim ukrepom in tako zavarovati ribji zarod pred vsakoletno sušo. Toda po 15 dneh, 24. 10. 1969, je nenadoma odteklo skozi novo ponikev, ki se je odprla na nižji terasi ob strugi malo pred jezom, okrog 120 000 m<sup>3</sup> vode. Drugi manjši grez pa se je pozneje odprl tudi v strugi tik ob vznožju jez in iz zajezene struge je odtekla še zadnja voda. V naslednjih dveh letih smo lahko spremljali le krajše zadrževanje vode za jezom. Nastala dva požiralnika so zasuli, vendar jim je to le za kratek čas uspelo. Leta 1971 se je v zasutem večjem požiralniku obnovilo grezanje naplavin in voda je še razširila prvotni grez ter ga poglobila do skalne podlage (sl. 24 a, b, c, d). Razvoj tega najmanjšega požiralnika lahko spremljamo na priloženih fotografijah. V suši 1971 so ribiči napravili še več manjših jezov vzhodno od omenjenega, vendar se je počasi vsa voda v strugah med Rešetom in Suhadolico posušila.

Manjše aluvialne rupe in lijakasti požiralniki v naplavini med jezom in strugo Stržena nakazujejo postopen razvoj požiralnega zatrep pri Rešetu, tako kot smo ga sledili tudi pri Vodonosu. Številni požiralniki pred Rešetom so ponovno prekriti z naplavinami, zasuti in mrtvi. Umetna akumulacija na takem površju pa ne zdrži dolgo, kot je dokazal poskus z jezom. Vodnih razmer v območju talnih ponikev se ne da bistveno in trajno spremeniti s površinskimi jezovi.

### Sitarica

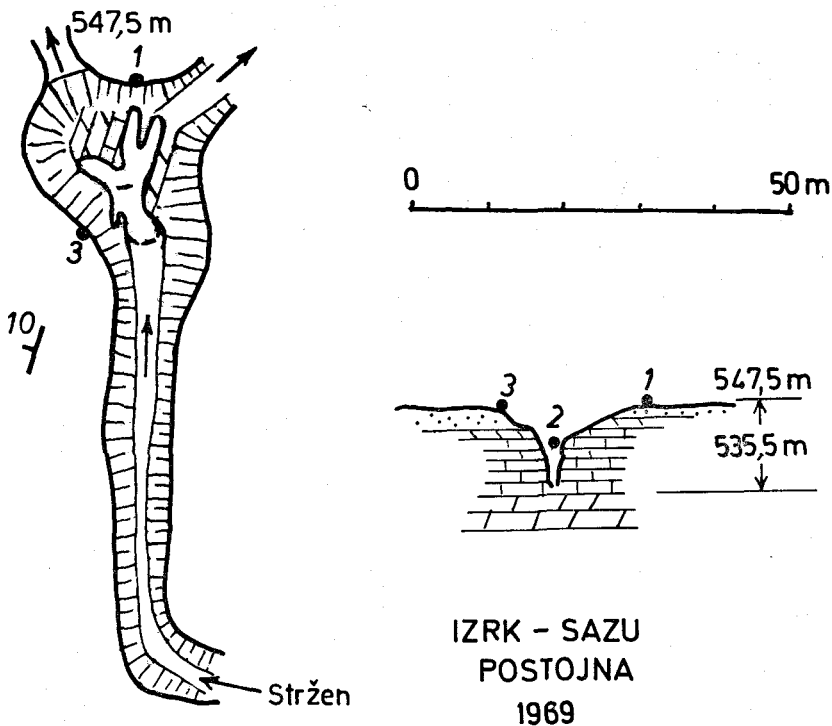
Kjer se Stržen cepi v strugi Rešeta in Vodonosa, je dvojni lijakast požiralnik Sitarice (sl. 25). Globok je 12 m in ob zgornjem robu dosti širši kot pri dnu, kjer se zoži na 0,5 m. Skalno podlago sestavljajo malmski apnenec in dolomit. Skladi upadajo za 10° proti zahodu. Zanimivo je, da je požiralnik odprt v 9 m debelem horizontu apnenca, ki ima dolomit v krovlini in talnini. Voda si torej išče poti v apnenčevih skladih, ki se menjavajo z dolomitnimi plastmi v jugozahodnem delu dna in obrobja polja (sl. 26). Struga Stržena se nadaljuje proti Rešetu in Vodonosu komaj 1 m pod ravnino polja. Vzhodno proti Srednji ponikvi še nekajkrat pogleda izpod 1 m debele naplavine skalno dno, kjer voda tudi ponika na treh krajih.

Po A. Hočevarju (1940, 123) spada Sitarica že v ponorni sistem Vodonosa. A. Gavazzi (1904, 48) in A. Löhner (1934, 39) pa jo naštevata

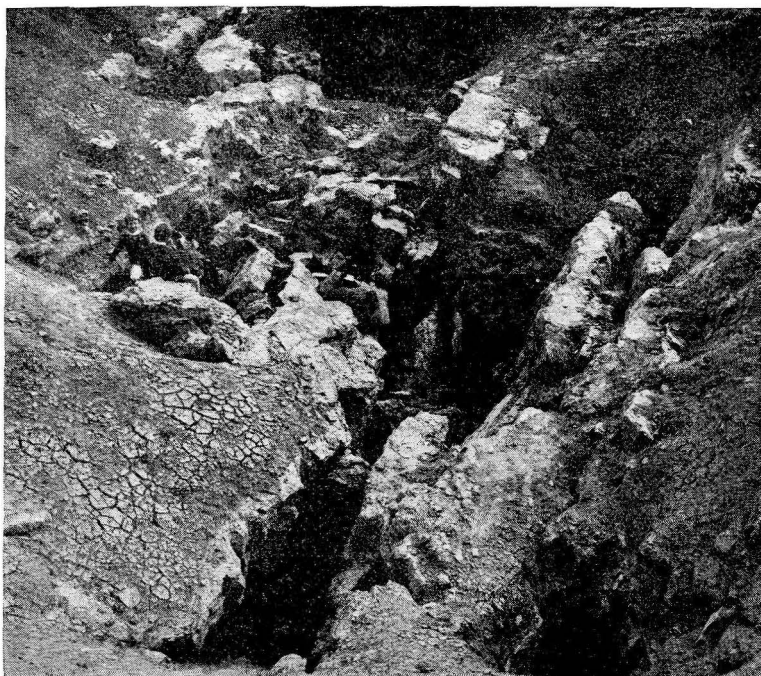
posebej kot slab požiralnik. Vendar je v njem poniknila vsa voda, ki so jo ribiči po umetni strugi speljali od požiralnika Retje proti Rešetu. Pozneje so pri Sitarici prestavili strugo Stržena, ki se sedaj ogne teh požiralnikov.

### Bečki

Bečki (sl. 27 v prilogi) so razporejeni ob meanderski strugi stranskega kraja Stržena, ki vodi od Sitarice proti severu in se konča v Vodonosu. Ravnica polja je na površini okoli 5 ha posejana s številnimi ločenimi okroglimi in podolgovatimi aluvialnimi vrtačami ali rupami, katerih ilovnato dno je plosko, lijakasto ali pa preide v skalni požiralnik. Med temi rupami in požiralniki se vije struga z različno nagnjenimi, nesimetričnimi in neenakomerno razmaknjenimi bregovi. Ožje, 1 do 2 m široko korito struge meandrira med bregovi in se cepi v poedine požiralnike ter jih med seboj povezuje. Našteli smo 10 požiralnikov v strugi, ki se polnijo sproti z napredovanjem vode proti Vodonosu, in 2 požiralnika, ki se začeta polniti, ko se gladina dvigne vsaj 1 m. Najgloblji požiralniki imajo 5 m globoko luknjo v skali, 5 m pa je visok lijakast obod v napla-



Sl. 25. Morfologija Sitarice  
Fig. 25. Morphology of Sitarica swallow hole



Sl. 26. Sitarica je požiralnik v strugi Stržena pri Goričici. V dnu prostornega lijaka je razgaljena skalna podlaga s širokimi špranjami. Foto P. Habič, 13. 10. 1971

Fig. 26. Sitarica is a swallet in Stržen creek bed near Goričica hum. In the bottom of big funnel the rocky bottom with wide fissures is exposed. Photo by P. Habič, October 13, 1971

vini, ki jo sestavljata rjava ilovica in pesek. Skupno smo našli 12 požiralnikov, okrog 30 grezov v bregovih in 20 rup ob strugi, ki pa so v zvezi s požiralniki.

V slovstvu ohranjeni podatki omenjajo mnogo manj požiralnikov v Bečkih. A. Gavazzi (1904, 48) omenja šest dobrih požiralnikov, A. Hočevar (1940, 123) pa navaja le tri. O nastajanju novih lukenj bi se mogli prepričati le takrat, če bi imeli na voljo podobno skico požiralnikov v Bečkih kot v primeru Retja. Tako pa lahko le domnevamo, da se je morfologija Bečkov spremenila in da je razkrite več skalne podlage kot pred 70 leti.

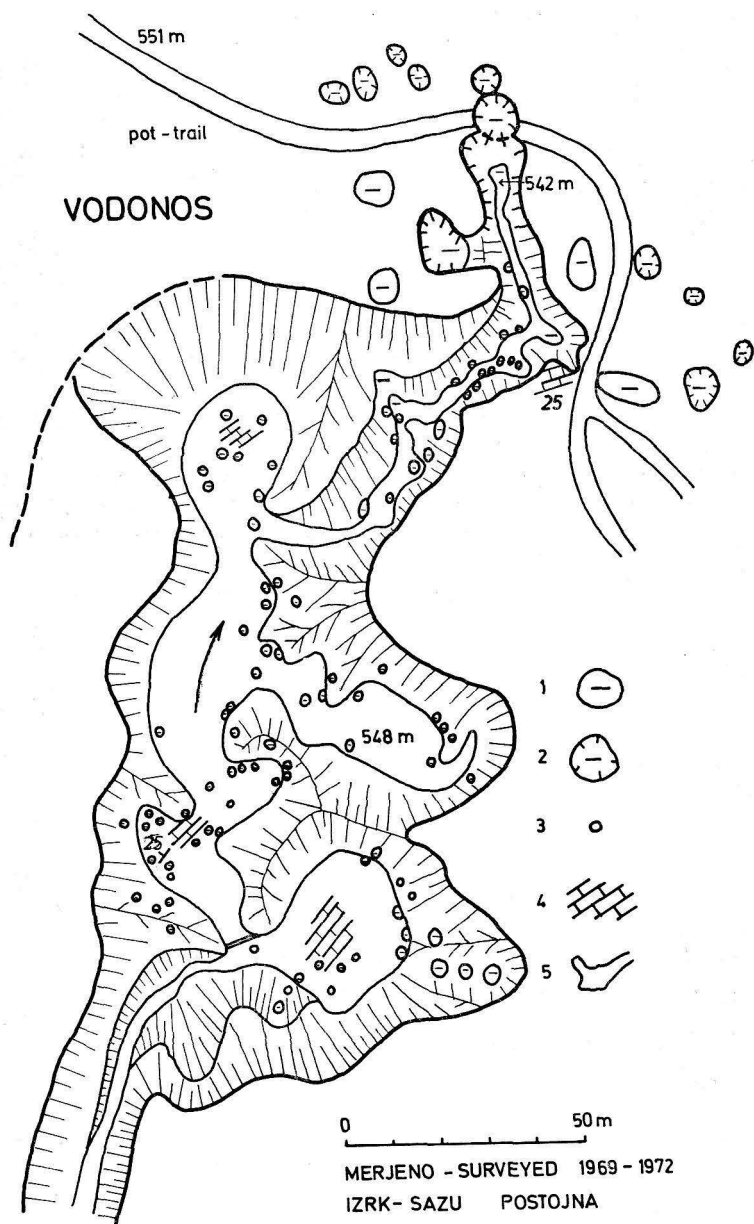
V vseh luknjah, nekeje pa celo v sami strugi in v sosednjih rupah, je videti skalno podlago dolomita, ki ima za 10–30° proti W in NW nagnjene vpadnice. Apnenca nismo videli, prav tako ni bilo mogoče spoznati prelomov. Lahko pa jih domnevamo zaradi različno usmerjenih skladov. Vsekakor je zanimivo, da je večina požiralnih lukenj v tistem predelu, kjer so skladi najbolj strmi in kjer po razporeditvi drugih požiralnikov lahko domnevamo dislokacijo NW—SE smeri.

Požiralno sposobnost Bečkov smo spremljali od 9.—13. 11. 1969, ko se je Stržen napolnil in segel v Vodonos in Rešeto, se pravi, da so vsi požiralniki bili aktivni. V strugi nad Sitarico smo postavili vodomere, hkrati pa smo opazovali, kako se polnijo poedine požiralne luknje. Na krivulji (sl. 27) vidimo, da požira luknja pri t. 34 70 l/s, požiralnik pri t. 30 pa 50 l/s in 90 l/s. Ko se je pretok povečal, smo lahko izmerili maksimalno požiralnost pri luknji ob t. 27 (150 l/s). Zaradi noči smo opazovanje prekinili, naslednji dan pa je voda že segala do Vodonosa, zalivala vse požiralnike in se začela zajezevati. Iz zgornjih podatkov lahko seštejemo, da so Bečki ob takratni hidrološki situaciji požirali okrog 1 m<sup>3</sup>/s.

### Vodonos

Vodonos (sl. 28) je najbolj severni sistem požiralnikov v ravnini Cerkniškega jezera. Začne se z 10 m široko strugo, nato se v razdalji 150 m ta struga razširi na 100 m, nato zopet zoži in slepo zaključi. Samo na NE strani se podaljšuje s ponorno strugo do končnega požiralnika Tilove jame ob poljski poti, ki vodi iz Dolenje vasi proti Retju (sl. 29). Ta del Vodonosa ima podobo mlajšega aktivnega požiralnika z 10 odprtini, kjer so naplavine sveže udrte, in prav toliko krožnih vdolbin, ki pomenijo potencialne udorne točke. Dno Tilove jame je 0,5 m višje od širšega dela Vodonosa, predeljeno pa je z umetno kamnito pregrado, ki bi naj zadrževala vodo pred sklepnimi najbolj požiralnimi luknjami. Dno teh lukenj sega 8 m pod ravnico, torej do 542 m nm. V slovstvu o Vodonosu navedeni podatki govorijo, da je bila dosežena kota 522,69 m (F. K r a u s 1888). A. L ö h n b e r g (1934, 94) pa je v enem teh požiralnikov dosegel globino 12 m, kjer je tudi videl prehod v dva vodoravna kanala. Avgusta in oktobra 1969 ni bilo možno priti v noben požiralnik, ker so bili neprehodni pod 540 m in brez vidne skalne podlage. Le pri t. 14 je voda odtekala v poševen, delno skalnat rov, z 400 l/s; ob suši pa v ta kanal ni bilo mogoče zlesti. Tako nismo mogli preveriti, kje so omenjeni raziskovalci dosegli navedene globine; v pošteb bi prišli le najbolj severni požiralniki Vodonosa, ki so danes morda že zasuti.

Južnejši, širši del požiralnega sistema Vodonosa ima pet med seboj povezanih ovalnih kotanj s ploskim dnom, ki so največ 6 m nižje od ravnice polja. Skalna podlaga je vidna le tu in tam, nikjer ni špranj, kamor bi lahko zlezli. V dnu so le trije sveži grezi, dosti pa je zasutih rup. Tudi na bregovih kotanj smo videli svež grez in mnogo majhnih rup. Tako se na prvi pogled dozdeva, da more tod voda komaj odtekat v nasprotju s severnim delom Vodonosa, ki ima obliko aktivnega požiralnika. To potrjujejo tudi sveži grezi na ravnici v soseščini Tilove jame (sl. 30). Nekaj je starih grezov, zelo izraziti pa so sveži grezi, eden med njimi se je odprl prav na poti. Kmetje znova in znova zasipavajo greze po njivah in ob poti, vendar se nasuti material stalno seseda. Bregovi požiralnikov in grezov kažejo po vsaki poplavi drugačno podobo, ker se rušijo in voda sproti odnaša drobir s seboj s podzemlje. Tako napreduje struga za vodnim tokom. Lahko si zamislimo, da se je začela z ovalnim požiralnikom v osrednjem delu Vodonosa, nato pa je iz hidroloških ali geoloških razlogov širila požiralne kotanje in napredovala proti severu. Poljska pot med Dolenjo vasjo in Retjem je nekoč nedvomno potekala premo preko polja ob požiralnikih, danes pa je speljana že v precejšnjem loku med svežimi grezi in požiralniki.

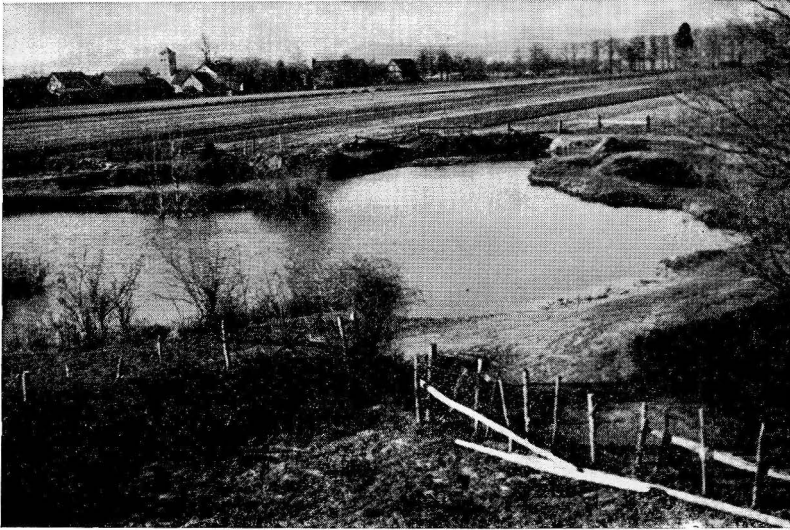


Sl. 28. Morfologija Vodonosa

1 — stari ugrezi v okolici ponikve, 2 — sveži ugrezi v okolici ponikve, 3 — grezi v ponikvi, 4 — razkrita skalna podlaga, 5 — obod ponikve

Fig. 28. Morphology of Vodonos ponor

1 — old sinkholes in the ponor vicinity, 2 — recent sinkholes in the ponor vicinity, 3 — sinkholes in the ponor, 4 — exposed rocky bottom, 5 — ponor boundary



Sl. 29. Zalita Tilova jama, glavni požiralnik Vodonosa pri Dolenjem Jezeru.  
Foto P. Habič, 1969

Fig. 29. Immersed Tilova jama, the main Vodonos swallow hole near Dolenje  
Jezero village. Photo by P. Habič, 1969

Na dveh mestih smo videli skalno podlago. To so malmski zrnati dolomiti z vpadnico  $23^{\circ}$  proti NW. Prav ob Vodonosu je bila zavrtana strojna vrtina S<sub>6</sub> do globine 31 m (M. Pleničar 1954, geološka karta in profil IV). Potekala je skozi dolomitne in apnenčeve plasti. Malo bolj severno pa je v profilu že zarisani predjamski prelom, kjer nalega na malmske kamnine zgornjetriasi dolomit. V vrtini so bile ugotovljene še razne špranje s sigo in tektonska breča, ni pa omenjenega nobenega vodnega horizonta. Nad sklepnim požiralnikom smo imeli avgusta 1969 lepo razgaljene naplavine. Zanimiva je 1 m debela plast dolomitnega proda, ki je slabo sortiran in paralelno odložen. To je že dolgo znani material vršaja Cerknšičice, ki se razteza po dolgem skoraj po vsej NE polovici polja. Prva peščena plast je 2,8 m globoko, prvi prod pa 3,5 m globoko. Zanimiva je z gruščem pomešana ilovica, ki je poševno odložena na spodnji gruščnati plasti. Najspodnejši sediment (8 m globoko) sta pasovita ilovica in preperel prod.

Hidrološko delovanje Vodonosa poznamo le delno. Opazovali smo ga skupaj z zapolnjevanjem Bečkov od 9.—13. 11. 1969. Ker se je polnil ponoči, nismo mogli zasledovati požiranja v poedinih kotanjah v osrednjem delu sistema. Videli smo le dviganje pred kamnitim jezom, medtem ko so bili požiralniki za jezom suhi. Voda je pri naraščanju vedno bolj tekla skozi jez in izginjala v en požiralnik s 400 l/s. Potem pa se je začela zajezevati in pretakati v nadaljnje luknje, med katerimi pa se zdi sklepna najbolj požiralna. Tako sodimo, da požira Vodonos v sklepnem delu okrog  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  vode, nekaj pa še v osrednjem delu, tako da bi se približali  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , če prištejemo še požiralno količino Bečkov. Ta množina vode se morda poveča pri višjem vodostaju, dvomimo pa, da bi dosegla  $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , kot je





Sl. 30. Sveža ugreza na njivi pri Vodonosu, nastala spomladi 1970. Foto P. Habič  
 Fig. 30. Recent sinkholes on the field near Vodonos ponor, originated in the spring 1970. Photo by P. Habič

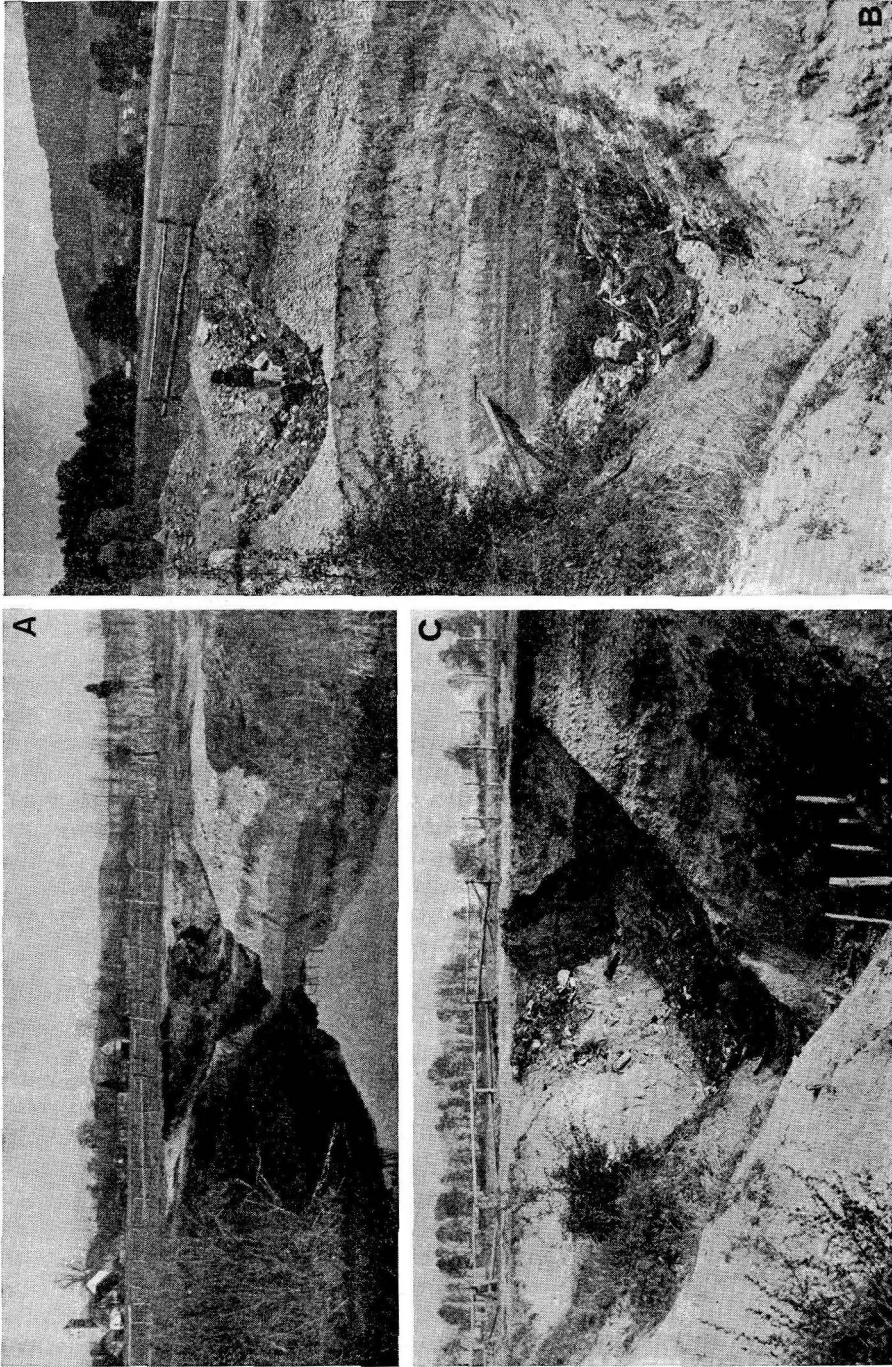
domneval A. Hočevar (1940, 123). Sicer pa je primerjava težka, ker je k Vodonosu štel Bečke in Sitarico. A. Gavazzi (1904, 48) pa omenja deset odprtih Vodonosa vštrevši Bečke in ga ocenjuje kot dober požiralnik. A. Perko (1908, 630) govori o štirih luknjah Vodonosa.

V tem predelu Cerkniskega jezera so glavni talni odtočni podzemeljski kanali, ki pa so ali že bili izoblikovani pred površinskim nasipanjem na Cerkniskem polju, ali pa nastajajo pod naplavino in so mlajši od nje.

Sl. 31. Hitre spremembe požiralnika Tilova jama pri Vodonosu. Z ugrezi se širi požiralnik v smeri proti severu. Na sliki A iz leta 1965 je v ospredju zalit starejši ugrez, ki hidrološko še ni povezan z mlajšim grezom za njim. Leta 1970 je mlajši grez iz slike A že deloval kot glavni požiralnik (slika B), za njim pa je umetno zasut nov grez, ki je nastal na poljski poti. Naslednje leto se je zrušil del sipkih naplavin v razširjen glavni požiralnik (slika C). Foto P. Habič

Fig. 31. Quick changes of swallow hole Tilova jama in Vodonos ponor. With solution subsidence the ponor spreads northwards. In front of Fig. A from the year 1965 there is immersed older sinkhole, hydrologically not yet connected with the younger behind it. In the year 1970 younger sinkhole from Fig. A already acted as main sinkhole (Fig. B), behind it artificially filled up recent sinkhole originated in field trail. Next year a part of unconsolidated deposits has fallen in widened main swallow hole (Fig. C).  
 Photo by P. Habič





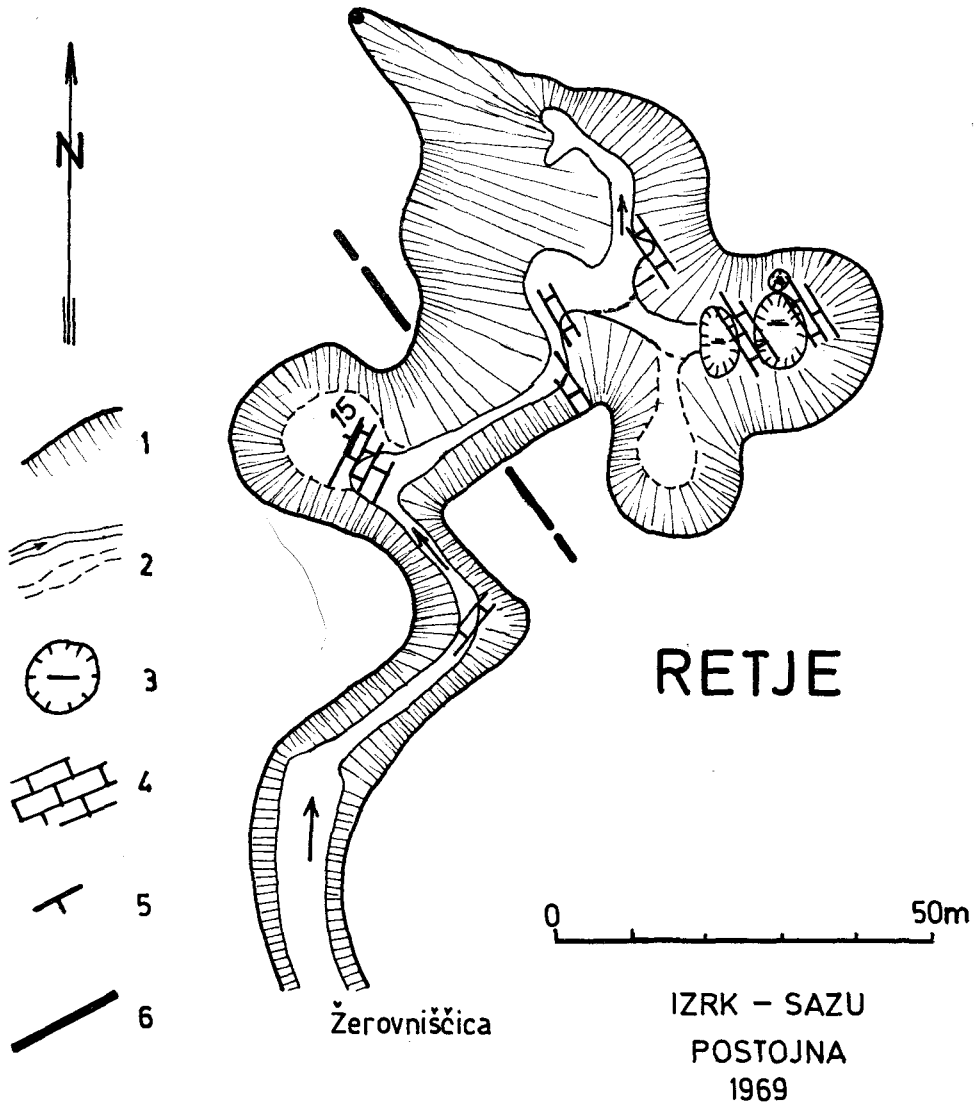
Sl. — Fig. 31

Dva izrazita zatrepa pri Vodonosu in Rešetu kažeta na mlado napredovanje procesa v smeri proti severu. To potrjujejo tudi manjši požiralniki, ki so razvrščeni od skalnega roba in struge Stržena do sedanjih ponikev Vodonosa in Rešeta, za temi požiralnimi kotanjami pa se že pojavljajo sveži grezi sredi njiv. Ker je v smeri proti severu debelina naplavine vedno večja, so tudi grezi in požiralne kotanje vse globlje. Razvoj slepih kotanj v naplavini pri Vodonosu, ki smo ga spremljali v letih 1965—1975, jasno kaže naglo spreminjanje požiralnih lukenj. S sesedanjem, izpiranjem, grezanjem in posipanjem naplavin v prevotljeno podzemlje nastajajo na površju različne oblike grezov (sl. 31 a, b, c). Zanimivo je, da se starejši požiralniki postopoma zapolnijo, voda pa najhitreje in najuspešneje spira in širi podzemeljske poti v bolj oddaljenih in v naplavine nanovo zajedenih ponikvah. Strmec podzemeljske vode je tam največji, z njim pa tudi spiranje in spodkopavanje naplavin. Ko se izpodkopani glinasto peščeni in gruščnati pokrov nad skalno votlino nenadoma ugrezne, zasuje kanale, voda pa si išče novih poti in kjer more, širi tudi starejše. To iskanje ugodnejših odtočnih poti prispeva k bočnemu širjenju požiralnega zatrepa, k občasnemu prestavljanju glavne struge, k nastajanju svežih grezov v že zablantenih požiralnikih, itd.

V ožjem delu Vodonosa smo lahko ločili štiri osnovne faze v razvoju celotnega požiralnega zatrepa, v vsaki fazi pa je vse polno mladih sprememb, ki dopolnjujejo in spreminjajo že nastale požiralne kotanje. Če sledimo požiralnikom Bečke po strugi vse tja do Sitarice pri Goričici, lahko razčlenimo razgibano požiralno območje v več podobno zaokroženih skupin požiralnikov kot pri Vodonosu. Vsaka taka skupina pa verjetno ustreza določeni fazi v napredovanju ponikev od Stržena proti severu. Oblikovitost in položaj Vodonosa kažeta, da je ta proces prestavljanja požiralnikov in njihovega zarezovanja v vršaj razmeroma hiter. Po položaju njivskih parcel okrog vasi Dolenje Jezero in po poteku poti na meji med njivsko in travniško površino lahko spoznamo, za koliko se je Vodonos že zajedel v prvotno njivsko površino. Tudi precejšen lok, ki ga napravi pot okrog Vodonosa, kaže, kako se morajo vedno bolj izogibati grezanju pri Tilov jami. Še pred nekaj sto leti so lahko vozili prav čez sedanje najgloblje zarazane požiralnike. Tudi velik grez, ki se je odprl sredi poletja 1968 prav na poti, kaže, da se proces še ni ustavil in da se bo morala pot še bolj pomakniti proti severu na sedanje njive. Spiranje in posedanje naplavin je nezadržno in tudi nasipanje ceste ne more biti trajna rešitev. Po eni ali dveh sezonah visoke vode se grez obnovi. Najmlajši in najbolj aktivni požiralniki Vodonosa so združeni v razmeroma ozki strugi, zato bi bilo treba poskusiti z zajezitvijo glavnih podzemeljskih odtočnih kanalov. Vrsta grezov na obeh straneh Tilove jame kaže na bolj zapleten in razvejan sistem podzemeljskih vodnih poti. Če pa upoštevamo ves severni del Vodonosa, ki je precej premočrten, znaša celotna širina požiralne cone okrog 100 m in ni tolikšna, da je ne bi mogli razmeroma enostavno zajeziti z globinskimi injekcijami betonskega mleka. Za takšen poseg pa bi bile potrebne predhodne geološke in geofizikalne raziskave.

### Retje

Retje (sl. 32) je samostojen požiralnik vzhodno od Vodonosa v tistem delu sredi Cerkniskega polja, kjer se po M. Pleničarju (1954) stikata zgornje-triasni dolomit in spodnjekredni apnenec. V požiralnih luknjah so razgaljeni



Sl. 32. Morfologija Retja

1 — obod ponikve, 2 — vodne struge v ponikvi, 3 — požiralne luknje, 4 — razkrito skalno dno, 5 — smer in vpad plasti, 6 — prelom

Fig. 32. Morphology of Retje ponor

1 — ponor boundary, 2 — creek beds in the ponor, 3 — swallet holes, 4 — exposed rocky bottom, 5 — strike and dip of beds, 6 — fault

apnenci s položno vpadnico proti NW in SW ter vmesnim domnevnim prelomom v smeri NW—SE. Podatki kažejo, da se apnenec in dolomit stikata severno od požiralnika, vendar največ 50 m daleč, ker je strojna vrtina S<sub>11</sub> nedaleč od ponora potekala že v samem dolomitu (glej M. P l e n i č a r 1954, geološko karto in prečni profil III). Na tej karti in na karti Postojna 1 : 100 000 (Zvezni geološki zavod, 1967) pa je pokrita predjamska prelomnica narisana južno od Retja.

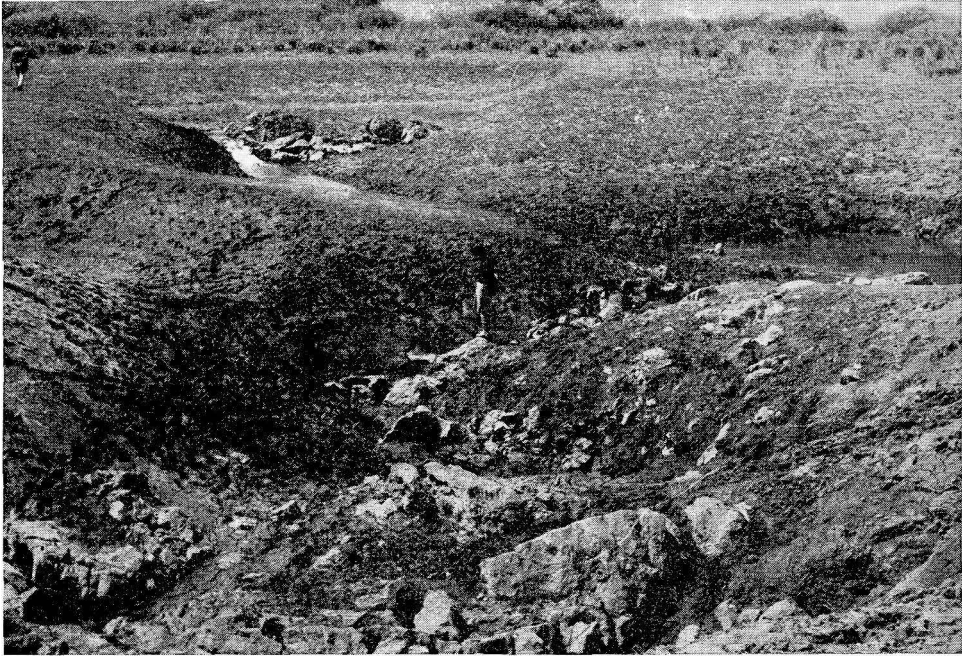
[Vse poletje 1969 ni nikoli presahnil dotok vode v Retje. Napaja ga Žerovniščica in še dva potoka izpod Slivnice, ki se poprej izlivata v njeno umetno strugo. Žerovniščica je imela ob suši 7. 11. 1969 še okrog 200 l/s vode. Izvir Žerovniščice je kraški iz jame Žerovnice ob cesti, ki pelje iz Grahovega na Bloško polico. Jamo so preiskali potapljači l. 1966 in našli enoten proti severu usmerjeni vodni rov, ki se po 390 m konča s sifonom (R. G o s p o d a r i č 1968). V jamo pride voda iz dolomitnega Bloškega polja, kar je z barvanjem ugotovil A. H o č e v a r dne 3. 2. 1939 (A. Š e r k o 1946, 126). Na tej podzemeljski poti teče voda 3 km v zračni črti skozi zgornjetriasni dolomit, nato pa 2 km skozi lijasni dolomit in apnenec, ki sega v jami in njeni okolici prav do ravnine Cerkniskega jezera.

[Kadar Žerovniščica naraste, ne morejo luknje v Retju požirati vse vode. A. H o č e v a r (1940, 24) omenja, da lahko požira le 300 l/s. Višja voda se potem preliva k naraščajočemu jezeru. Ta pojav je morda premotil A. G a v a z z i j a (1904, 46) in A. P e r k a (1908, 630), da sta štela Retje med ponore (oz. estavele), ki vodo požirajo in dajejo. A. L ö h n b e r g (1934, 41) si še tudi ni bil na jasnem, če nima opraviti z estavelo, čeprav opisuje le polnjenje in praznjenje šestih požirnih lukenj pri naraščajoči in pojemajoči Žerovniščici.

A. L ö h n b e r g (1934, 41) je poleg opisa objavil tudi skico Retja, pa lahko primerjamo, kako se je spremenil požiralnik v 35 letih. Novejša skica (sl. 32) kaže, da preide struga Žerovniščice v višini polja v nepravilno slepo »črevo« s štirimi lijakastimi rupami. Tri metre pod ravnino so dna rup pri t. 12, 8, 7 ter med t. 2 in 5, kakršne je videl L ö h n b e r g pred 35 leti. Današnje dno struge pa je že 0,5 m niže in pusti lijakaste rupe ob strani ter preide v skalne luknje. Tako imamo poleg teh štirih lukenj še štiri više ležeče luknje, skupaj torej osem, medtem ko jih Löhnberg navaja samo šest. V zadnjih 35 letih se je razgalilo več skalne podlage, povečalo se je število vidnih lukenj (sl. 33). Morda se je s tem povečala tudi požiralnost, v kolikor niso danes odkrite luknje požirale tudi prej, vendar skozi tanek ilovnati pokrov.

[Iz Retja odteka voda v izvire Ljublanice, največ v Lubijo in Bistró (N. Č a d e ž 1958). O globini odtoka pod površjem pa obstaja več domnev. Proti Cerknici je skalno dno pod 10 m debelim kvartarnim pokrovom. V njem je A. L ö h n b e r g (1934, 35) ugotovil vodo z električno metodo specifičnega upora. Meritve so pokazale nekakšne vodne kanale tudi 52 m pod površjem. Vrtanja, ki jih opisuje M. P l e n i č a r (1954), niso pokazala vodnih horizontov, pač pa s peskom in ilovico zapolnjene votline 30 m globoko. Te votline in še na novo ugotovljene pri dodatnih vrtanjih v Dolenji vasi pripisuje M. B r e z n i k (1961, 144) globinskim podzemeljskim tokovom.

Opozoriti moramo na razmeroma osamljeno lego požiralnikov Retja in na njihovo ločeno hidrografske zaledje vsaj pri nizkih vodah, ko po presahnitvi jezera ostanejo potoki v strugah. V Retju ponika tedaj le potok Žerovniščica z manjšimi pritoki izpod Slivnice. Ob suši je to poleg gornjega dela Stržena



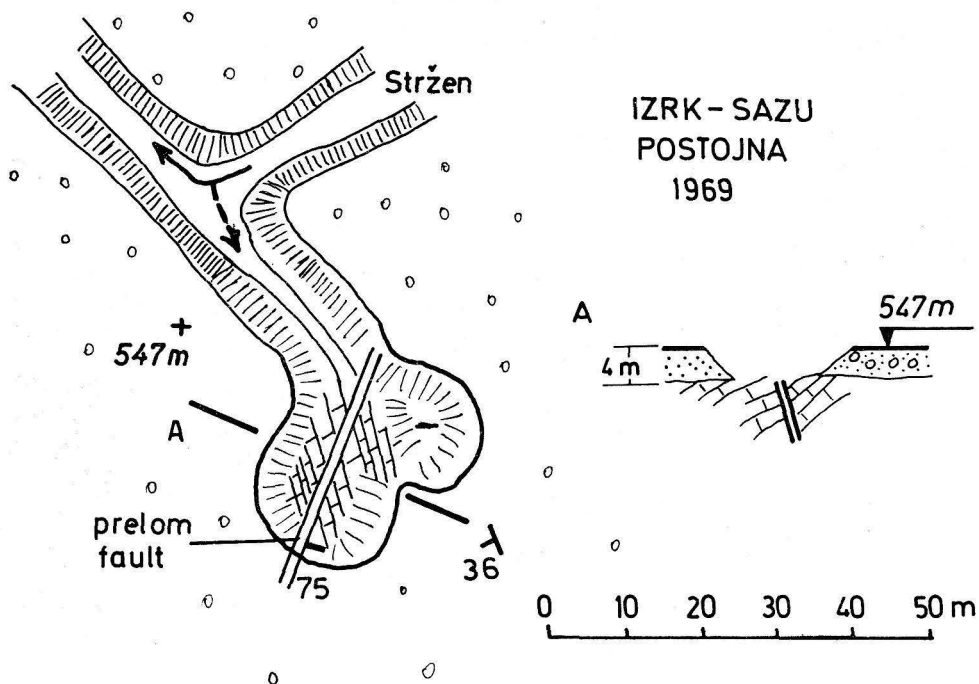
Sl. 33. Požiralniki Retja. Obsežna požiralna kotanja v naplavini je poglobljena do skalne podlage, kjer v skalnih špranjah ponira voda Žerovniščice. Foto P. Habič, 4. 8. 1969

Fig. 33. Retje ponor. A big swallow hole in fills is deepened up to rocky bottom where the Žerovniščica creek sinks into rocky fissures. Photo by P. Habič, August 4, 1969

z Lipsenjščico, ki ponika v Srednji ponikvi, edina tekoča voda na območju Cerkniskega jezera. Ribiči so strugo Žerovniščice pred požiralniki Retja zajezili in v sami strugi zadržali nekaj več vode. Da pa se ta ne bi nekoristno prelivala v požiralnik, so pred jezom obnovili in delno na novo skopali jarek do Stržena pri Goričici. Stalni dotok Žerovniščice naj bi tako hranil strugo Stržena do Rešeta.

Ob vzhodni strani Drvošca se razteza zanimiva estavelna in požiralna cona, ki sega še onstran struge Stržena pa tja do Goričice. Zanimiv je skoraj sklenjen niz estavel ob vzhodnem vznožju Otoka in Drvošca, ki jih napaja podzemeljska voda iz Zadnjega kraja. Na to opozarja skladno nihanje vodne gladine na obeh straneh Drvošca, pa tudi kvaliteta vode, ki se razlikuje od Stržena, vsaj v času, ko je omejeno površinsko mešanje voda.

Poleg omenjene cone ob vznožju Drvošca pa izstopa med Drvošcem in Strženom ter med Veliko ponikvo in Goričico področje, ki se odlikuje s številnimi ponikvami, rupami, skledastimi in špranjastimi požiralniki. Področje je kilometer široko in tudi toliko dolgo. Najbolj izrazite in hidrološko pomembne so Velike, Srednje in Male ponikve ob strugi Stržena.



Sl. 34. Morfologija Velike ponikve  
Fig. 34. Morphology of ponor Velika ponikva

Ribiči so sicer z manjšimi pregradami nekoliko zavarovali Stržen pred ponikvami, vendar je bil uspeh le kratkotrajen, saj so rupe tako številne, da se nizka voda Stržena le s težavo ogne temu rešetju.

### Velika ponikva

Od kolena Stržena se odcepi 50 m dolga slepa struga proti SE in se razširi v dve ovalni rupi (sl. 34). Višja vzhodnejša struga je starejša luknja v naplavini, v nižji pa se vidi skalno dno v malmskem apnencu (sl. 35 in 36). Skladi vpadajo za  $55^\circ$  proti SW. Seče jih prelom NNE—SSW smeri. Ob lezikah in prelomu so špranje, ki vodo požirajo, ko se prelije preko lesenega jezua, a tudi tedaj, ko je struga Stržena polna vode in je ponikva zalita tako, da je ni videti. Kolikšna je požiralnost pa nismo mogli ugotoviti. A. Hočevar (1940, 124) govori o 600 l/s. A. Gavazzi (1904, 48) pa omenja dve luknji Velike ponikve in jo šteje med slabe požiralnike.

Naplavine so tukaj 4 m debele in sestavljene iz sive ilovice (0,5 m v talnini), peska in dolomitnega konglomerata (1 m) ter peščene ilovice in humusa (2,5 m) v krovlini.





Sl. 35. Velika ponikva ob strugi Stržena. Ob presihanju Stržena lovijo ribe v ujeti vodi, ki hitro ponikuje. Foto P. Habič, 4. 8. 1969

Fig. 35. Velika ponikva ponor at Stržen creek bed. During the creek drying up the fishes are caught in the creek bed, where the water quickly flows off. Photo by P. Habič, August 4, 1969



Sl. 36. Požiralnik Velike ponikve po presušitvi, v njem je več manjših rup in razgaljena skalna podlaga. Foto P. Habič, 13. 8. 1969

Fig. 36. Swallowing funnel of Velika ponikva after drying up, in it there are several smaller holes and exposed rocky bottom. Photo by P. Habič, August 13, 1969



Sl. 37. Srednja ponikva je mlad požiralnik sredi struge Stržena. Po pripovedovanju domačinov se je odprl šele okrog leta 1950. Požira največ 500 l/s vode. Požiralnik se je odprl v jezerski karbonatni ilovici, ki je odložena na skalno podlago. Foto P. Habič, 13. 8. 1969

Fig. 37. Srednja ponikva is recent swallowing-hole in the middle of Stržen creek bed. After natives telling it was not opened before 1950. It engulfs at most 500 l/s of water. The swallowing-hole opened in lacustrine carbonate loam deposited on rocky basement. Photo by P. Habič, August 13, 1969

### Srednja ponikva

V strugi Stržena 200 m nizvodno od Velike ponikve pada voda v 8 m globoko in  $3 \times 2$  m široko požiralno luknjo Srednje ponikve (sl. 37). Te luknje v pregledani literaturi nismo našli opisane. Ne omenja je niti temeljiti A. G a v a z z i. Menimo, da gre za požiralnik, ki se je razvil šele v zadnjih 50 letih tako, da požira največ  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  vode. Ko je ta količina prekoračena, se voda prelija dalje po strugi, ki je onkraj Srednje ponikve 1 m višja kot pa dno struge pred njo.

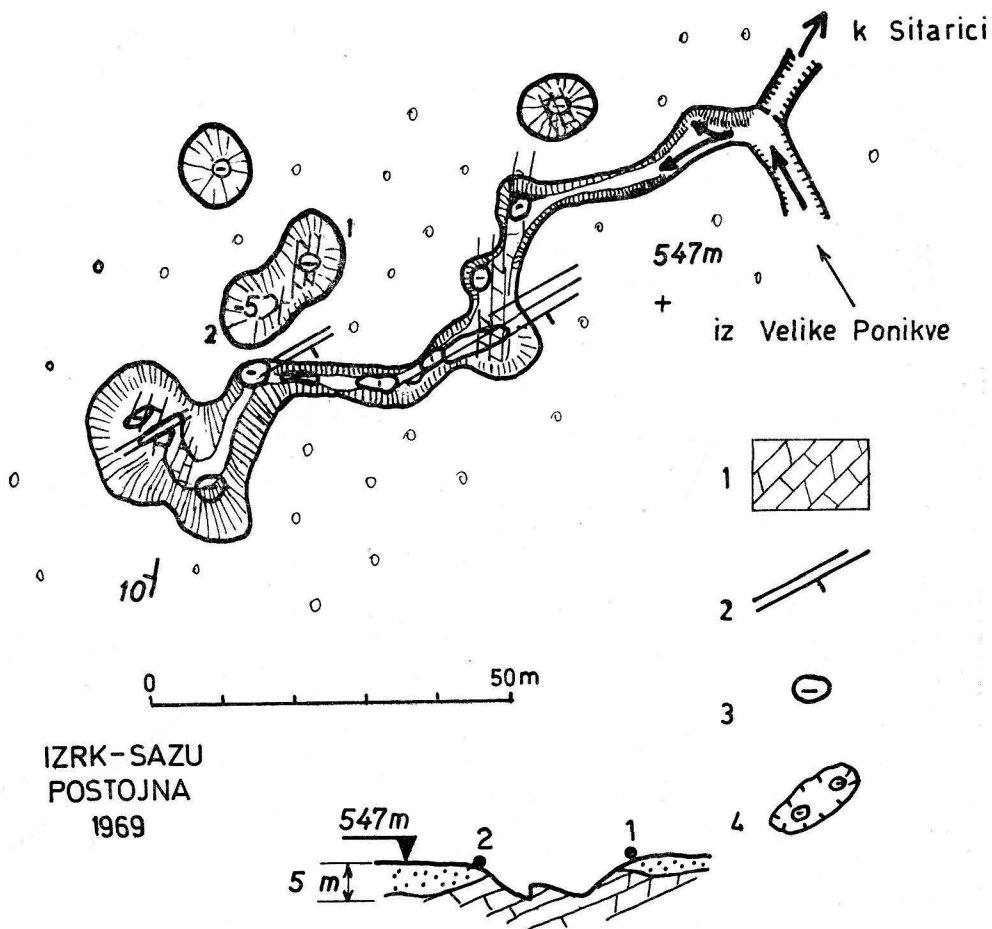
Voda izginja v špranjah smeri N—S. Votline so elipsaste in vodoravno razporejene. Skladi malmskega dolomita padajo proti zahodu za  $10^\circ$ . Na skalni podlagi je sprva nekaj dolomitnega proda, nato pa 4 m sive ilovice z rjavimi progami. Temu sledi svetlosiva ilovica, ki jo končno pokriva črna in rjava humusna ilovica. Analiza pelodov v sivi ilovici, ki leži neposredno na skalni podlagi, je pokazala würmsko starost iz prehoda stadiala v interstadial (A. Š e r c e l j 1974). V bližini obravnavanega požiralnika je bila izvrtana ročna vrtina



S<sub>22</sub> (M. Pleničar 1954, profil III) do globine 1,75 m, ko je že dosegla skalno dno v apnencu. Primerjanje podatkov pove, da je v območju ponikev skalno dno dokaj vegasto.

### Mala ponikva

Mala ponikva (sl. 38) ima okrog 100 m slepe struge, ki v blagih meandrih poteka proti SW do zaokroženega sklepa. Skoraj po vsem dnu je skalna podlaga malmskega apnenca in dolomita pod 2,5 do 5 m debelimi ilovnatimi naplavinami. Skladi vpadajo za 10–20° proti zahodu in so presekanani z rupturami NE–SW



IZRK-SAZU  
POSTOJNA  
1969

Sl. 38. Morfologija Male ponikve

1 — razkrita skalna podlaga, 2 — prelom, 3 — grezi v ponikvi, 4 — grezi v okolici ponikve

Fig. 38. Morphology of Mala ponikva ponor

1 — exposed rocky bottom, 2 — fault, 3 — sinkholes in the ponor, 4 — sinkholes in the ponor vicinity

smeri. Ob njih so vsi požiralniki (sl. 39, 40). V strugi smo jih našli šest, v 1 m višjem sklopu požiralnika pa dva. A. G a v a z z i (1904, 46) omenja le štiri luknje in jih šteje k estavelam. A. L ö h n b e r g (1934, 39) pa šteje Malo in Veliko ponikvo k stalnim ponorom v strugi Stržena. Tudi A. H o č e v a r (1940, 124) meni, da dobivajo ponikve vodo iz Zadnjega kraja in požirajo še 500 l/s Strženove vode. Teh podatkov nismo mogli preveriti. V poletju in jeseni l. 1969 smo opazovali suhe luknje, kako teče vanje Stržen in kako jih voda popolnoma zalije. Pri polnjenju slepe struge se voda pokaže tudi v sosednjih rupah, vendar z 1 m nižjo gladino. Se pravi, da so že bližnji kanali struge tako ozki, da se gladina izravna šele pri določeni višini vodnega stolpca v Strženu ali pa šele takrat, ko voda prelije bregove in zalije vrtače z vrha.

Številne aluvialne vrtače, sveži grezi, rupe in odprti skalni požiralniki ob ponikvah na obeh straneh Stržena, so nedvomno posledica močno zakraselega dna Cerkniškega polja. Kljub nekaj debelejši plasti naplavin je ta predel zelo podoben severnemu delu Zadnjega kraja, kjer je prav tako izredno zakraselo skalno dno. Nedvomno gre tu za sorodno geološko podlago, ki je verjetno tektonsko precej pretrta in tako izpostavljena intenzivnemu zakrasevanju. Z barvanjem dokazan odtok vode iz ponikev in Zadnjega kraja pa kaže na nadaljevanje pretrte in zakrasele cone še onkraj geološke meje sredi polja, kjer se stikata jurski apnenec in triasni dolomit.



Sl. 39. Mala ponikva, požira del vode Stržena. Foto P. Habič

Fig. 39. Mala ponikva ponor takes off a part of Stržen creek water. Photo by P. Habič



Sl. 40. Mala ponikva. Voda je odstranila naplavine do skalne podlage, kjer odteka voda skozi številne špranje ob razpokah in lezikah.

Foto P. Habič, 13. 8. 1969

Fig. 40. Mala ponikva. The water eroded the deposits up to rocky bottom where through several fissures, controlled by joints and bed planes, the water flows away. Photo by P. Habič, August 13, 1969

### Lovišče

Ob presihanju jezera se postopno praznijo požiralniki in estavele od Rešeta in Vodonosa do Kotla in Češlence, pa do ponikev v Lovišču pri Otoku, kar traja po navadi 10 do 14 dni. V zalivu ob vzhodni strani Otoka so štiri izrazitejšje skledaste ponikve, globoke 2 do 3 m in široke do 30 m. Njihovo dno je prekrito z naplavinami in le na posameznih mestih ob dnu je razgaljena skalna podlaga. Špranje, v katerih izginja voda, so majhne, kar kaže na majhno požiral-

no sposobnost teh ponikev. To se sklada tudi z režimom praznjenja in polnjenja, ki pa ni odvisno le od dotoka, temveč predvsem od podzemeljskih odtočnih razmer. Ponikve v Lovišču se namreč izpraznijo tudi ob enakomernem dotoku Tresenca, vendar v skladu s splošnim praznjenjem podzemeljskih kanalov v dnu polja. Najbolj je poglobljena prva požiralna kotanja ob Tresencu, ki se zadnja izprazni. V njej sam Tresenc ob suši nemoteno ponika (sl. 41). Druge skledaste ponikve so povezane s plitvo strugo, ki se ob usihanju najprej posuši, iz posameznih ponikev pa voda postopoma odteče v podzemlje.

### ZADNJI KRAJ

Zadnji kraj zavzema na Cerkniškem polju posebno mesto tako v morfološkem kot hidrografskem pa tudi krajinskem in naravoslovnem pogledu. Leži ob strmem vznožju Javornikov in ga od prostornejšega osrednjega dela polja loči nizek podolgovat hrbet Drvošca, ki sega ob poplavah kot polotok od Goričice in Klinjega vrha do Vrat pred Otokom. Zadnji kraj je skoraj 2 km dolg, od 300 do 500 m širok zaliv Cerkniškega jezera, kjer se voda najdalj zadržuje in



Sl. 41. Požiralnik potoka Tresenc po presahnitvi Lovišča. Foto R. Gospodarič, 18. 8. 1971

Fig. 41. The swallow-hole of Tresenc creek after drying up of Lovišče ponors. Photo by R. Gospodarič, August 18, 1971



Sl. 42. Pobiranje rib iz presihajočih estavel v Zadnjem kraju. Foto P. Habič, 24. 10. 1970

Fig. 42. Picking up the fishes from drying up estavellas in Zadnji kraj. Photo by P. Habič, October 24, 1970

tudi iz številnih estavel in skalnih razpok ter požiralnikov najkasneje odteče, ob dežju pa se iz tal in skalnega obrobja voda spet najhitreje razlije. Ta značilnost je včasih postavljena tudi na glavo, saj se lahko voda iz zelo naraslega Stržena prelije v Zadnji kraj, preden le-tega poplavi kraška talna voda izpod Javornikov. Pri usihanju tudi Kotel prehitveva Lovišče na vzhodni strani Otoka, kjer izginja potok Tresenc.

Preglednost dna Zadnjega kraja močno zmanjšuje gosto zaraslo trsje, ki je zlasti v osrednjem delu težko prehodno. Ribiške steze vodijo po obrobju, ob zahodni strani pa je precej zarasla gozdna pot. Leta 1975 pa so zgradili kamionsko gozdno cesto okrog Zadnjega kraja. Vodna gladina sega skoraj povsod do strme, mestoma prepadne skalne obale, ki je podobna tipičnemu obalnemu klifu. Prava abrazijsko-korozijska terasa je večji del leta poplavljen, bolj izrazita pa je le na mestih, kjer ni ne estavel ne požiralnikov.

Po presahnitvi se pokaže iz vode skoraj ravno dno, razčlenjeno s številnimi vdolbinami različnih oblik in velikosti (sl. 42). Skalno površje je večji del pokrito s tanko plastjo jezerskega blata in karbonatne ilovice. Tudi precej plitvih, različno obsežnih skledastih kotanj je prekritih s to ilovico. Druge ožje in globlje kotanje pa imajo delno razgaljeno skalno podlago in obrobje. Take oblike so številnejše na zahodni strani ob strmem vznožju Javornikov, kjer sili voda iz kraškega podzemlja. Krovna plast ilovice je odplavljena, špranje v apnenču,





Sl. 43. Značilno korozijsko oblikovane navpične špranje estavel v Zadnjem kraju.  
Foto P. Habič, 13. 8. 1969

Fig. 43. Characteristical corrosion forms of vertical fissures of estavelas in Zadnji kraj. Photo by P. Habič, August 13, 1969

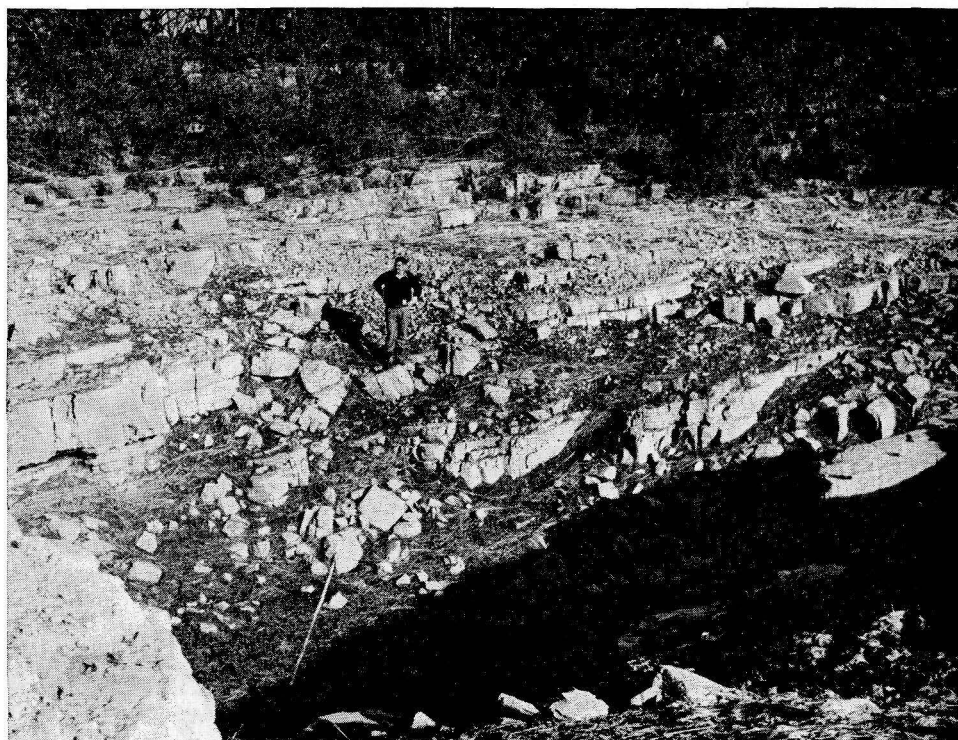
iz katerih priteka voda, pa so globoke tudi 8 in več metrov, podobne so špranjastim ozkim breznom. Stene so korozijsko razjedene, vendar gladke, z značilnimi vertikalnimi žlebovi (sl. 43 a, b). Ti žlebovi so nastali z raztapljanjem apnenca v mirni stoječi vodi ali ob rahlih tokovih od spodaj navzgor, kar potrjujejo številne anastomozne oblike, ki jih lahko imenujemo tudi obrnjene škraplje. Dno teh špranjastih brez, estavel in ponikev je kljub pritoku vode od spodaj zapolnjeno z blatom in po večini tako zoženo, da ni nikjer mogoče priti globlje v kraška tla. Tudi vode v teh špranjah ob daljši suši nikjer več ne dosežemo.

Vodna gladina v skalnem dnu Zadnjega kraja se zniža za najmanj 10 do 15 m, kako globoko pa se dejansko spusti v največji suši, bi lahko opazovali le v primerni vrtini.

Po oblikovitosti in gostoti kraških oblik v dnu lahko Zadnji kraj razdelimo v tri dele: severni, srednji in južni.

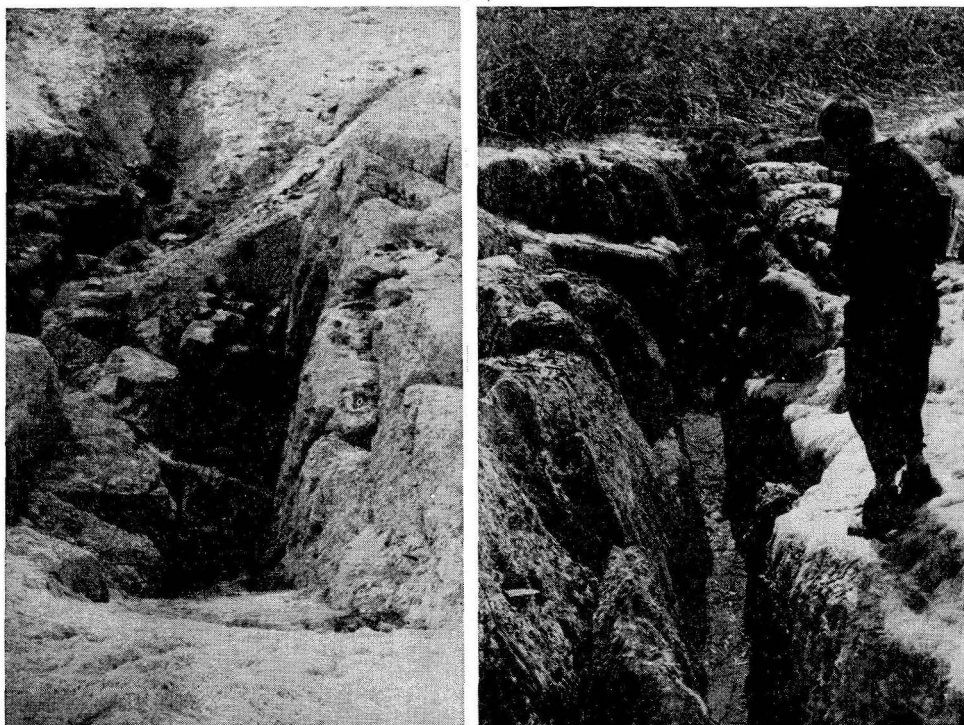
### Gebno, Zajcovke in Bobnarice

Severni del Zadnjega kraja je s treh strani zaprt in obdan s strmim kraškim bregom. Nizek preval ga veže le preko laza z dvema vodnima kotanjama na korenu polotoka Drvošca z osrednjim delom jezera. V severnem delu, ki ga imenujemo tudi Gebno, ločimo tri večje skupine estavel: Gebno v ožjem z največjo skalnato vrtačo Skednenco na vzhodni strani (sl. 44), Zajcovke ob severozahodnem kotu in Bobnarice ob zahodnem bregu (sl. 45). Težko je na kratko predstaviti vse oblike in pojave v tem delu kot tudi v celotnem Zadnjem kraju, saj je samo v severnem delu več kot 200 raznih drobnih kraških oblik v skalnem dnu, s premerom in globino nad 1 m. Po velikosti se odlikuje pas estavel, ki prečka ta del Zadnjega kraja v smeri proti NE. Čeprav nismo mogli ugotoviti vodnega toka v Zadnjem kraju, voda verjetno večji del leta v tem predelu miruje, pa kaže nagnjenost plitvih strug v jezerskem blatu med posameznimi estavelami in požiralniki, da se vsaj pri praznjenju ali polnjenju giblje voda izpod Javornikov proti NE in pod Drvoščem na odprto jezero. Malo vstran od prostornejše kotanje Skednence, ki je podobna kotlasti vrtači, je v skalnem



Sl. 44. Skednencia v Zadnjem kraju je značilna vrtačasta estavela. Foto P. Habič, 24. 10. 1970

Fig. 44. Skednencia in Zadnji kraj represents a typical doline-type of estavela. Photo by P. Habič, October 24, 1970



Sl. 45. Zadnji kraj, oblike suhih skalnih špranj, ki delujejo kot estavele (levo Velika Bobnarica, desno Zajcevka). Foto P. Habič, 8. 8. 1969

Fig. 45. Zadnji kraj, the forms of dry rocky fissures working as estavellas (on the left — Velika Bobnarica, on the right — Zajcevka). Photo by P. Habič, August 8, 1969

bregu 2 do 3 m nad visoko vodo nekako v višini 555 m vhod v zasuto jamo, ki je po vsej verjetnosti nekdanj delovala kot odtočni kanal.

V osrednjem delu Zadnjega kraja je dno razmeroma razčlenjeno in prevladujejo le manjše, plitve rupe in med njimi so bolj redke špranje. Večinoma niso širše od 2 m in so povečini le dober meter globoke. Več je globljih špranjastih estavel le na zahodni strani osrednjega dela Zadnjega kraja (sl. 46 a, b). Ob vzhodni strani pa je pod Drvoščem nekakšna polkrožna zajedava z manjšimi, do 1 m globokimi skledastimi požiralnimi špranjami. Po teh oblikah in njihovi razporeditvi ob vznožju Drvošča lahko sklepamo, da se tudi tu odteka voda podzemeljsko na odprto jezero vzhodno od Drvošča. Podobno kot v lazu na prevalu iz Gebna je tudi v osrednjem delu Drvošča nizek preval z obsežnejšo vrtačo v Pocinovem lazu, ki je povezana s podzemeljsko vodo in deluje kot estavela, saj niha v njej voda kot v Zadnjem kraju.

Na zahodni strani osrednjega dela je zanimiv kraški bruhalnik Vranja jama, kat. št. 1011. Vodo bruha le kratek čas po dežju in to je edini vidni kraški dotok v Zadnji kraj izpod Javornikov. Okrog jame je ob vznožju strmega, mestoma

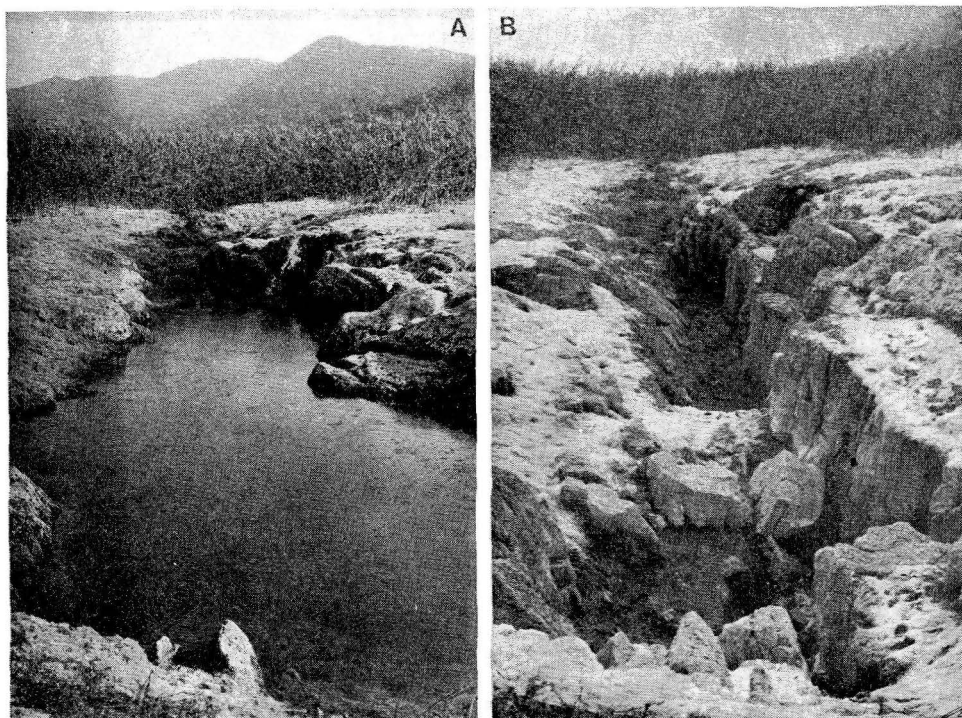


celo prepadnega brega nekakšen nasip v obliki podolgovatega ilovnatega in gruščnatega vršaja. Debelejša plast naplavine je prekrila skalno podlago in izravnala površje, zato v tem predelu ni videti ne estavel ne drugih kraških globeli v dnu.

Južni del Zadnjega kraja se odlikuje predvsem po razgibani vijugasti strugi polni požiralnikov in estavel, ki jih skupaj označujejo domačini kot Kotel. Poleg estavel in rup v sami strugi Kotla pa je na aluvialnem dnu izven struge še vse polno skledastih in špranjastih vdolbin, ki se razen po velikosti v ničemer ne razlikujejo od podobnih oblik v drugih delih Zadnjega kraja.

### Kotel

Kotel (sl. 47 v prilogi) je torej skupina estavel v tistem delu Zadnjega kraja, kjer se rob Drvošča pod koto 582 približa pobočju Javornika na komaj 200 m. Estavele so razporejene v smeri NNW v razmaku 400 m in največ 40 m odmaknjene od osrednje struge, ki jih povezuje. Meter globoka meanderska struga



Sl. 46. Zadnji kraj, podolgovata estavela z razgaljeno, ob razpoki korozijsko razširjeno špranjo, neposredno ob usihanju (A) in po presahnitvi vode (B). Foto P. Habič, 1969

Fig. 46. Zadnji kraj, oblong estavela with corrosionally widened fissures, exposed at joint, immediately at drying up (A) and after being dried up (B). Photo by P. Habič, 1969

pride iz Češlenca in se pri vstopu v Kotel poglobi na 2 do 3 m. Ko zasuče proti severu, je v bregu prva 5 m globoka luknja, druga pa je na ravnici. Korito struge se nato vije v meandrih proti NNW, enkrat bolj, drugič manj odmaknjeni strmi bregovi pa vključujejo v Kotel vrsto kotanj s ploskim dnom, ki se v njih pojavi voda, kadar narašča, pa čeprav jih od struge deli višji prag (sl. 48). Iz teh kotanj se voda preliva v strugo. Našteli pa smo tudi sedem lukenj v skali (širina do 1 m, dolžina do 10 m, globina pa okrog 5 m). Oblikovane so ob razpokah in prelomih v skladih apnenca in dolomita zgornje jure.

Skalno podlago vidimo še na več mestih v sami strugi. Lezike potekajo od NE proti SE, vpadajo pa proti SW za 10—25°.

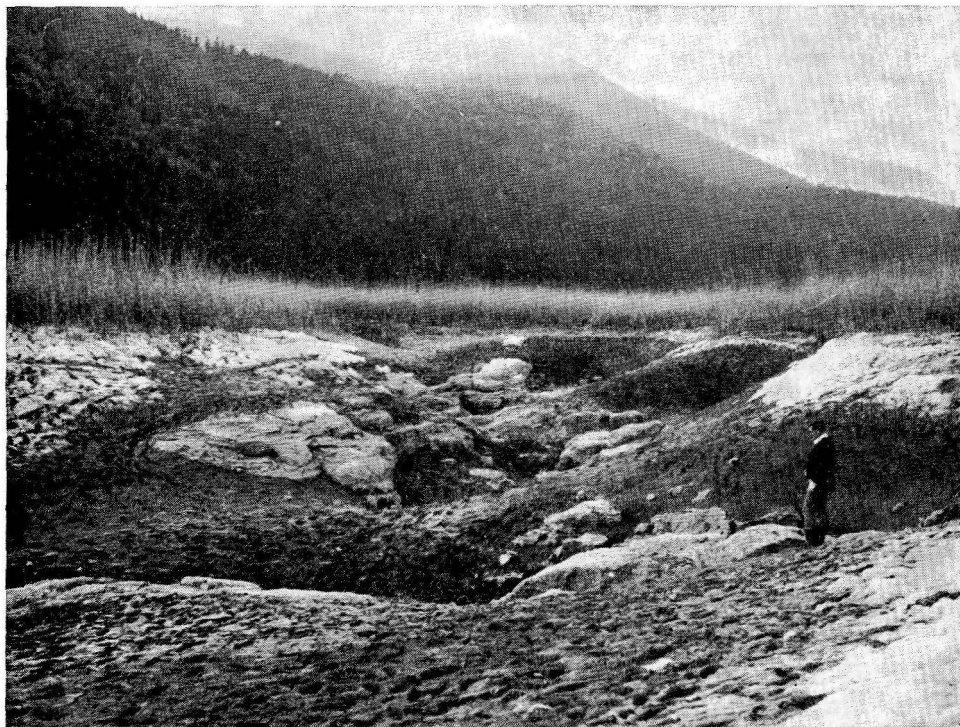
Morfološko sta zanimivi luknji pri t. 1, 2, 3 in 12, ker je ob lezikah in rupaturah videti lepe korozijske vdolbine vseh mogočih oblik. Zelo malo je odlomljenih blokov in grušča, ob bregovih in v dnu lukenj je dosti blata. Naplavine so večinoma ilovnate in največ 3 m debele. Po vsem tem se Kotel razlikuje od požiralnikov.

Estavelni značaj Kotla pokažejo krivulje na sl. 47. Prikazuje naraščanje in upadanje oz. pretok vode med Češlenco in Kotlom. Po dežju 9. 11. 1969 je naraščala gladina v Kotlu nepretrgoma do prihodnjega dežja 14. 11. 1969 in še naprej. V Češlenci pa smo opazovali upadanje po prvem dežju, ko se je izdatnost Obrha in Mrzlika, izvirov, ki napajata Češlenco, zmanjšala, tako da je voda tekla iz Kotla proti Češlenci. Po drugem dežju pa se je situacija zopet spremenila v prid Češlenca, kjer se je gladina hitreje dvignila kot pa v Kotlu. Zato je voda Obrha in Mrzlika tekla zopet v Kotel tako dolgo, dokler se nista gladini izravnali in dvignili na 549 m, ko je začela voda teči iz Zadnjega kraja skozi Vrata v Stržen k ostalemu Cerkniskemu jezeru. To kratkotrajno opazovanje je pokazalo, da je Češlenca — požiralnik odvisen od dotoka Obrha in Mrzlika, Kotel in vse podobne luknje v Zadnjem kraju pa estavele takšnega tipa, da se v njih dviguje in upada podtalnica. Upadanje do popolne izsušitve dokazujejo tudi množine crknjenih rib, ki se zatečejo v posamezne luknje skupaj z vodo, a potem poginejo, ko ta upade. Od razlike gladin je odvisno, kdaj bo tekla voda v Zadnji kraj in kdaj iz njega na jezero. Žal, še ni bilo izvedenega nobenega barvanja v teh estavelah, da bi videli, če le ne dajejo vode v požiralnike ob Strženu ali celo neposredno v izvire Ljubljani.

V slovstvu je prav glede Kotla največ nejasnosti, kakšno vlogo igra. J. Valvasor (1687, 683) ga je zabeležil kot estavelo, vsi ostali raziskovalci za njim T. Gruber (1781), A. Steinberg (1758), A. Gavazzi (1904) pa ga označujejo kot slab požiralnik. A. Hočevar (1940, 124) pravi, da požira največ 2,5 m<sup>3</sup>/s in skupaj s Češlenco podzemeljsko odvaja 3,1 m<sup>3</sup>/s vode v Malo ponikvo. Te podatke povzema tudi F. Jenko (1954, 157). A. Löhnberg (1934, 39) šteje Kotel k požiralnikom in sploh dvomi, da bi na Cerkniskem polju obstajale estavele.

### Češlenca

Češlenca (sl. 47) je sestavljena iz dveh vrtačastih požiralnikov konec struge Otoškega Obrha in Mrzlika. Luknji sta 5 m (nm. v. 543 m) pod površjem in predeljeni z vmesnim naplavinjskim pragom, tako da se pri zalivanju z vodo najprej zapolnjuje južnejši, nato pa šele severnejši požiralnik. Vidna je skalna podlaga malmskega apnenca z vpadnico 230/15.



Sl. 48. Sklepni del estavelnega Kotla v Zadnjem kraju. V nekaj metrov globoki strugi je skalna podlaga na več mestih razčlenjena v navpične špranje. Foto P. Habič, 18. 8. 1971

Fig. 48. Final part of Kotel estavella in Zadnji kraj. In some meters deep creek bed on several places the rocky bottom is dissected into vertical fissures. Photo by P. Habič, August 18, 1971

Preden se struga ovalno zaključi, je pregrajena z lesenim in kamnitim zidom. Ta prepušča le omejeno količino vode. Šele, ko se poveča dotok Obrha in Mrzlika, njuna količina se spreminja med 0,007—3,1 m<sup>3</sup>/s, naraste voda preko jeza in se prelije v luknji, ki se hitro napolnita do roba. Ob umirjenem vodostaju smo dne 11. 11. 1969 merili pretok 250 l/s, kar bi bila tudi največja požiralnost Češlence. Ko prelije voda bregove vrtačastih rup, teče po komaj zaznavni vijugavi strugi v Kotel oziroma v Zadnji kraj in skozi Vrata v Stržen. Takšna je bila hidrološka slika v opoldanskih urah 10. in 14. 11. 1969; 12. in 13. 11. pa je voda upadala, tako da prelivanja ni bilo. Zanimivo je omeniti, da je pri naraščajočem vodostaju v Kotlu naraščala voda tudi v luknji pri Vratih (pod mostom, ki povezuje Drvošec z Otokom), medtem ko je Češlenca sredi med njima požirala Obrhovo vodo. S tem hočemo povedati, da je Češlenca s svojo požiralno funkcijo nekaj nenormalnega sredi estavelnega Zadnjega kraja.

A. Hočev ar (1940, 124) povezuje Češlenco s Kotelom in meni, da teče voda od tod v Malo ponikvo. A. G a v a z z i (1904, 48) piše o dveh odprtinah

Češlence in njeni dobri požiralnosti. Dne 28. 8. 1961 ob 15 h so sodelavci Hidrometeorološkega zavoda SRS obarvali Češlenco in ugotovili, da je barva po 192 urah dosegla 24 km oddaljene izvire Ljubljani (I. G a m s 1965, 58).

Požiralnika Velika in Mala Češlence sta v tistem delu Zadnjega kraja, kjer se ta odpira med Otokom in Drvoščem proti ravnini Cerkniškega jezera. Tu so Vrata, ki imajo poleg Češlence še več manjših kraških požiralnikov. Območje Kotla in Češlence med Drvoščem in Otokom in vznožjem Javornikov je morfološko zelo pestro, prepreženo z zavitimi strugami in posameznimi skledastimi estavelami in požiralniki. Dva izrazita dotoka, kot sta Obrh in Mrzlik, in več manjših neizrazitih občasnih pritokov tja do bruhalnika Vranje jame, kažejo na širšo dotočno cono iz kraškega zaledja Javornikov.

### Vrata

Niz rup in požiralnikov ter široka Vrata v prvotno sklenjenem hrbtu Drvošec - Otok kažejo na tektonsko predispozicijo za kraški in površinski pretok v smeri proti NE. Ob visoki vodi smo v Vratih opazovali menjavanje toka proti Zadnjemu kraju in iz njega v jezero. Menjava se v glavnem sklada z naraščanjem in upadanjem jezera. Pri polnjenju teče voda v Zadnji kraj, pri praznjenju pa iz njega. To je sicer v nasprotju s prej nakazano požiralno in pritočno funkcijo Kotla ter požiranjem Češlence. Upoštevati pa moramo, da je večinoma dotok iz gornjega jezera večji in hitrejši, kar bistveno vpliva na sistem polnjenja in praznjenja jezera. Očitno je tudi, da je površinsko praznjenje Zadnjega kraja skozi Vrata uspešno le pri višji vodi, ob upadanju pa le do določene višine. Ker je Zadnji kraj zlasti okrog Kotla nekaj nižji od prevala v Vratih, se nadalje prazni le podzemeljsko. Opazovanje vodne gladine ob upadanju pa kaže, da je pod Drvoščem nekakšna bariera, ki vzdržuje višjo gladino v Zadnjem kraju v primeru s Ponikvami in strugo Stržena. Podobne pregraje pa morajo obstajati tudi med posameznimi skupinami požiralnikov od Vodonosa do Rešeta ter Velike in Male ponikve pa do Kotla in Lovišč, kar se odraža v postopnem praznjenju teh ponikev in v zadrževanju vodne gladine v različnih višinah. Pojav smo podrobneje opazovali in ga skušali razložiti pri hidrološki spremljavi poskusne zaježitve.

V predelu med Obrhom, Mrzlikom in Otokom vse tja do Češlence ni na jezerskem dnu ne estavel ne požiralnikov. Vse kaže, da sega cona estavel in požiralnih špranj le do severnega roba Otoka. V plitvi dolinki zahodno od Otoka so podobne oblike možne, vendar jih prekriva debelejša plast naplavin, ki je po vrtnah sodeč več metrov debela (A. Š e r c e l j 1969). Nasprotno pa je ob vzhodni strani Otoka v podobni zajedi niz požiralnikov, rup in ponikev s skupnim imenom Lovišča, kjer ponika potok Tresenc.

### RAZVOJ IN POVEZANOST PONIKEV

V ponikvah sredi polja odtekaajo vode skozi naplavine v kraško podzemlje. Kjer so pod naplavinami podzemeljski kanali dovolj prostorni in segajo do naplavin na skalnem dnu, se te posipajo in spirajo v podzemlje, na površju pa nastajajo grezi. Sveže greze smo našli pri Vodonosu, Rešetu in tudi drugod po polju. Spiranje naplavin v kraško podzemlje napreduje od vznožja Javor-

nikov proti severu in ponikve Rešeto, Vodonos in Retje se vedno bolj zajedajo v vršaj Cerkniščice. V nasprotju s talnimi ponikvami, kjer izginja voda v naplavine, pa se v ponornih jamah na obrobju pretaka po naplavinah. Debelina naplavin v rovih Karlovice pojema z oddaljenostjo od roba polja, prav tako pa tudi v smeri proti jugu, saj so vodni tokovi v Nartih in Svinjski jami že več metrov pod ravnino polja in povečini na skalni podlagi. Na odtočni strani polja so naplavine debele do 8 in več metrov in zato tam ni svežih grezov in požiralnikov na polju pred jamami.

Naplavine na zakraseli živoskalni podlagi Cerkniškega polja so za hidrološke razmere posebnega pomena. Omenili smo jih že pri izviri, kjer zajezujejo pritoke, ponikve sredi polja so v naplavinah, pa tudi pred robnimi ponori naplavine zakrivajo skalno podlago in so nasute v kraško podzemlje.

V naplavinah se odražajo mlajše pleistocenske in holocenske spremembe vodnih razmer. V nekem še ne določenem obdobju pleistocena je bilo skalno dno polja razgaljeno in izpostavljeno neposrednemu erozijskemu in korozijskemu preoblikovanju. Takrat se je izoblikovala sedanja kraška globel v apnenicah in dolomitih. Živoskalno dno je bilo izpostavljeno zakrasevanju, zato so vsaj ponekod v dnu nastale votline in podzemeljski kanali. V tej fazi oblikovanja Cerkniškega polja pa so bile izvotljene tudi jame na obrobju, ki jih v celoti niti ne poznamo. V naslednji razvojni fazi so vode naplavile na polja več metrov debele plasti pretežno ilovnatih naplavin. Od kod, kdaj in zakaj je bila prvotna živoskalna kraška globel zasuta s temi naplavinami, še ni dovolj pojasnjeno. Rjave, limonitizirane ilovice s konkrecijami in bobovci so bile že po odložitvi izpostavljene preperevanju in izpiranju v razmeroma suhi klimi. Možno je, da se je pri tem prvotni sediment močno spremenil. Sledila je doba, ko so vode začele odstranjevati te naplavine, bodisi da so vanje vrezovale površinske struge, bodisi da so jih spirale in odnašale v zakraselo podlago. Najlepši dokaz o takšnih spremembah smo našli pri Srednji ponikvi, kjer so v starem požiralniku sredi rjavih ilovic na razgaljeni skalni podlagi odloženi mlajši jezerski sedimenti. Sive karbonatne jezerske gline izvirajo iz obdobja, ko so bili podzemeljski kanali zajezeni ali zasuti. Takšna naravna ojezeritev je nastala pred 30—50 000 leti in zapustila očitne sledove v naplavinah. Znatno del cerkniškega vršaja izvira iz tega obdobja, kot smo lahko ugotovili po sedimentih pri Rešetu. V ostalem delu so se odlagale jezerske gline. V umetnem jarku ob zemeljskem nasipu pred požiralniki pri Rešetu smo našli sledove poznejših grezanj in posipanj tega sedimenta v prevotljeno podlago. Nekaj naplavin je bilo s površja odnešenih, znatne spremembe v razporeditvi posameznih plasti pa lahko pripišemo grezanju in posedanju. To je bilo posebno učinkovito v sosedstvu sedanjih aktivnih požiralnikov, po čemer sklepamo, da so že prej bili v skalnem dnu polja razviti odtočni kanali. Hkrati pa ti pojavi kažejo na drugo fazo spiranja naplavin v podzemlje. Ni posebnih znakov, da bi bila ta faza za dalj časa ponovno prekinjena. Še mlajši sedimenti so sicer odloženi v tedanje greze in plitve struge. So pretežno lokalnega izvora, humusni in med ilovico je precej polžjih hišic. Sklepamo, da so bili grezi zaliti z vodo in jih je postopoma zarasla močvirna vegetacija. Najmlajši grezi in aktivni požiralniki so brez teh naplavin. Ne vemo še zagotovo ali pripadajo novi fazi pospešenega spiranja v zakraselo podlago ali pa so samo najmlajše oblike istega procesa, ki ni povsod enako intenziven.

Očitno so naplavine iz zadnje ledene dobe precej zmanjšale prepustnost podzemeljskih kanalov v dnu polja in na obrobju. Ponikve v dnu so po vsej verjetnosti hidravlično med seboj povezane. Njihova skupna požiralnost le počasi narašča s korozijskim širjenjem špranj. Precej bolj pa se spreminjata oblika in položaj posameznih ponikev v osrednji požiralni coni na dnu jezera. To je pogojeno s spiranjem in posipanjem naplavin v izvotljeno podlago in je najbolj učinkovito na obrobju jezera, medtem ko so ponikve sredi polja ustaljene in oživijo le za kratek čas ob presihanju ali polnjenju jezera. Pri stalni visoki vodi se najbolj spreminjajo požiralniki pri Vodonosu in Rešetu, kjer je opaziti največji gradient podzemeljskih tokov. Ponikve na dnu jezera se tedaj pomlajujejo severno od vznožja Javornikov in Zadnjega kraja, kjer je najmanj naplavin in kjer je skalna podlaga najbolj prevotljena ter razčlenjena. Drobnarazporeditev ponikev je odvisna od razporeditev apniških in dolomitnih plasti v dnu polja. V apnencih so votline večje in v njih so izoblikovane skoraj vse ponikve, v dolomitih pa so kanali ožji in imajo omejen pretok.

## HIDROLOŠKE ZNAČILNOSTI IN POSKUSNA OJEZERITEV

### PREGLED HIDROGRAFSKIH IN HIDROLOŠKIH PREUČEVANJ

Kraško Cerkniško jezero je postalo znano po obdobjem poplavljanju in presuševanju. Zato je razumljivo, da je večina raziskovalcev skušala reševati njegove hidrografske probleme.

J. Valvasor (1689, 618—696) je zapustil zapisana imena dotokov in odtokov na jezeru, s skico med seboj povezanih jezer v treh nadstropjih je ponazoril presihanje. A. Steinberg (1758, 40) je obravnaval podobno snov, le da je nadstropna jezera razložil s sistemom veznih posod tudi v Javornikih. Ker je hotel dokazati, da takšna prevotljenost v resnici obstaja, je iskal vodo v Vranji jami, Suhadolici in Karlovicah. Njegove skice teh jam (1758, 164—173) so zelo približne, za tisti čas pa prav zanimive.

Tudi B. Hacquet (1778) se je ukvarjal s hidrološkimi problemi jezera. Glede posameznih ponorov in izvirov si ni bil na jasnem, za celoto pa je predvideval v apnencu velike zbiralnike vode, ki se polnijo in praznijo v odvisnosti od padavin in možnosti odtoka vode proti Planinskemu polju. Voda se zadržuje na določeni višini, ker so razpoke oziroma špranje v votlikavem apnencu zadelane s sigo in naplavo ilovico (1778, 139). Zanimivo je, da najdemo misel o zapolnjenih kraških votlinah 100 let kasneje pri W. Puticku (1888, 9), ki je z odstranjevanjem teh naplavin upal odpraviti poplave. Podoben vodni režim jezera kot Hacquet je imel v mislih tudi E. Martel (1894, 458), vendar s to razliko, da je luknje razporedil v dve etaži, eno pod dnom polja, drugo pa nad njim. Dosti podatkov o požiralnih sistemih in o jezeru nasploh najdemo še v delu T. Gruberja (1781).

Precej hidrografskih podatkov o dobrih in slabih ter zakritih požiralnikih in estavelah je zapisal A. Gavazzi (1904). Število lukenj in njihova imena je primerjal s starejšimi viri. Posebej je še analiziral višine vodostajev pri

Vodonosu od leta 1896 do 1902. Ugotovil je močno odvisnost poplav od trajnih ali občasnih padavin (1904, 52).

Opis hidrografskih razmer Cerknškega jezera najdemo pri A. Perku (1908) in pozneje pri A. Löhnergu (1934). Löhnerg podaja številčne podatke o dotoku in odtoku vode iz jezera ( $126 \text{ m}^3/\text{s}$ , oziroma  $23 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Govori tudi o poplavah, ki niso samo odvisne od padavin, ampak tudi od morfologije požiralnikov in ponorov. Nova je ugotovitev o šest med seboj ločenih hidrografskih horizontih in o talni vodi v vršaju Cerknšičice, ki zajezuje oziroma zmanjšuje odtočno sposobnost požiralnikov v Rešetu, Vodonosu in Retju (1934, 93). Z metodo najmanjših kvadratov je Löhnerg ugotovil merila za male poplave (odtok  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ , 5 milj.  $\text{m}^3$  vode), srednje poplave (odtok  $17 \text{ m}^3/\text{s}$ , 19 milj.  $\text{m}^3$  vode) in velike poplave (odtok  $34 \text{ m}^3/\text{s}$ , 87 milj.  $\text{m}^3$  vode).

Tabelarične preglede izvirov in odtokov ob jezeru ter njihove izdatnosti navaja A. Hočevnar (1940, 115—117). Dotok v Zadnji kraj je cenil na  $7,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , odtok pa  $10,7 \text{ m}^3/\text{s}$ , ni pa povedal, kako je te vrednosti meril, glede na to, da je tu polno estavel, ki enkrat vodo požirajo, drugič jo bruhamo. Skupni dotok je cenil na  $211 \text{ m}^3/\text{s}$ , odtok pa na  $90 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hočevnar navaja tudi podatke o obsegu poplav na podlagi opazovanja vodostajev pri Vodonosu in Gorenjem Jezeru za l. 1896, 1903, 1907/08, 1918, 1924 in 1933.

Po l. 1945 so bila hidrološka opazovanja razširjena na vse porečje Ljubljane, več je bilo vpeljanih vodomerov in padavinskih postaj, tako da je bilo možno sestaviti vodnogospodarsko zasnovano porečja Ljubljane (F. Jenko 1954). V tej študiji in poznejši knjigi (F. Jenko 1959, 35—46) so izvorne krivulje podzemnih pretočnic med poplavno vodo kraških polj in izvirov teh voda, ki so mu pokazale, da je požiralnost ponorov v dnu Cerknškega jezera maksimirana ( $16 \text{ m}^3/\text{s}$ ). To je omogočilo sestaviti načrt za trajnejšo ojezeritev Cerknškega polja, kjer bi morali le zamašiti vhode ponornih jam (F. Jenko 1964; 1965). Nekatere pripombe h krivuljam o maksimiranosti odtokov skozi požiralnike je glede na izkušnje na Planinskem polju podal D. Kuščer (1963). Meni namreč, da je ob naraščajoči vodi odtok drugačen kot pri upadajoči, ker estavele tedaj vodo dovajajo ne pa odvajajo. Podoben ugovor bi veljal tudi za račune o Cerknškem jezeru, kjer je še posebej treba podvomiti v vrednost podatkov iz samo enega vodostaja pri Gorenjem Jezeru, ki sploh ne zajema izvirov ob vznožju Javornikov, pa tudi ne estavel v Zadnjem kraju. Za vodno bilanco Cerknškega jezera pa tudi F. Jenko ni mogel zbrati zanesljivih podatkov, saj navaja maksimalni dotok  $238 \text{ m}^3/\text{s}$ , tako kot Vicentini (1875). Ker je odtok cenil na  $40 \text{ m}^3/\text{s}$ , je dobil med vsemi cenitvami največjo razliko med pritokom in odtokom. Od tod tudi optimistično načrtovanje predlogov za trajno ojezeritev. Za obdobje 1954—1963 je vodnobilančne podatke obdelal A. Kerin (1965), ki pa navaja le letni poprečni dotok  $16,82 \text{ m}^3/\text{s}$  in odtok skozi Jamski zaliv  $10,7 \text{ m}^3/\text{s}$ , medtem ko mu količine odtoka skozi požiralnike sredi jezera neposredno k izvirov Ljubljane niso bile znane.

Podatki o vodopropustnosti naplavin in skalne podlage so tudi zelo protislovni. V dveh vrtinah pri Cerknici in Dolenji vasi so razmere ugodne za akumulacijo (M. Breznik 1961, 127), medtem ko v študiji F. Jenka (1954, 120—123) beremo prav obratno. V vseh 16 strojnih vrtinah l. 1952 naj bi po-

skusi pokazali popolno vodopropustnost. Kaže, da se tudi na podlagi takšnih protislovnih podatkov ni bilo mogoče odločiti za kakšne dokončne vodno-gospodarske rešitve.

### Z barvanjem ugotovljene zveze

Začetki barvanja segajo v l. 1939, ko je A. Hočevars s skromnimi količinami barvila dokazal zveze med Loškim, Bloškim in Cerkniškim poljem. Omeniti velja dokaj podobne hitrosti podzemeljskega toka med temi polji. Tu je A. Hočevars prišel na misel o Loški vodi, ki bi se naj pretila iz Loškega polja na Ljubljansko barje mimo Cerkniškega jezera ali pod njim. A. Šerk (1946, 125) je močno podvomil v ta tok, vendar so poznejša barvanja v ponorih Rešeta, Retja in Češlence pokazala, da so bili Šerkovi dvomi o neposrednih zvezah voda iz Cerkniškega jezera z Ljubljanskim barjem neupravičeni.

Hidrološka povezava Križne jame s Cerkniškim poljem je bila po neuspelem poskusu l. 1941 dokazana z dotokom obarvane vode v izvire Šteberščice (D. Novak 1964, 89; 1969, 75).

Med leti 1957 in 1961 je N. Čadež z večjimi količinami barvila in s temeljitejšim opazovanjem in analiziranjem vode izvedla barvanja požiralnikov sredi polja (I. Gams 1965, 57). Ugotovljena neposredna zveza Cerkniškega jezera in izvirov Ljubljanice na Ljubljanskem barju je največji in najvažnejši uspeh tega raziskovanja. V temelju se je namreč spremenil pogled na hidrologijo in hidrogeologijo jezera, hkrati pa je bilo treba raziskave obnoviti in jih razširiti na vse porečje Ljubljanice. Na Cerkniškem jezeru je bila dokazana kraška bifurkacija. Del vode odteka skozi ponorne jame v Rakov Škocjan in naprej na Planinsko polje ter nato v iste izvire pri Vrhniki kot voda, ki zapusti jezero neposredno v skalnem dnu. Kljub različnim potem in geološki zgradbi pa naj bi tekla voda v obeh smereh s podobno hitrostjo. Na poti Cerkniško jezero - Bistra ima poprečno hitrost 3,6 cm/s, skozi robno ponorno podzemlje Planinsko polje - Bistra pa je hitrost le malenkost večja 4,6 cm/s, pri tem pa moramo upoštevati različna stanja v času barvanja. Leta 1975 je bila s pomočjo 51,2 kg uranina dokazana hidrološka zveza med ponorom Vodonosa in izviri Ljubljanice. Pri takratnem vodnem stanju je znašala poprečna hitrost pretoka skoraj 5 cm/s (R. Gospodarič, P. Habič, 1976). Podzemlje je torej tudi med Cerknico in Ljubljanskim barjem precej prevotljeno pa čeprav razen zakraselega površja in koliševk tu ni dostopna nobena vodna jama.

Med podrobnejša barvanja lahko štejemo raziskave o zvezah vode med Svinjsko jamo in Kotlički v Rakovem Škocjanu ter med Malo Karlovico in Rakom v Zelških jamah (I. Gams 1966). Tu so bila uporabljena kuhinjska sol in trosi likopodija. Poskus je bil izveden ob nizki vodi, ko je tekla skozi jame samo Cerkniščica, med poskusom pa je narastel tudi Stržen in pokvaril enotno hidrološko sliko. Primerjave hitrosti pretoka s prejšnjimi barvanji niso najbolj primerne glede na drugo sredstvo in spremenjeno stanje vode. Nasploh je bil uspeh barvanj ob Cerkniškem jezeru dostikrat povezan z različnimi vodostaji, ki dajo različne rezultate. Na ta problem je opozoril že D. Novak (1964) pri analizi barvanj na Notranjskem krasu pa tudi na Cerkniškem jezeru.

Različne hidrološke razmere pri nizkih, srednjih in visokih vodah je posebej obdelal I. Gams (1966). Poleg barvanja je uporabil tudi podatke drugih



kemičnih lastnosti vod (celokupne in magnezijeve trdote ter temperature). Na podlagi spreminjanja teh lastnosti in mešanja različnih vod, je napravil več sklepov iz domene hidrologije kot npr. da zgornjetriasi dolomit ob Cerknškem jezeru in po njegovem dnu ni več popoln jez za podzemeljske vode (1966, 37), kar je sicer že verjetno zaradi odtoka vode npr. iz Retja v Bistvo. V spodnjekrednem in malmskem apnencu jugozahodnega oboda jezera je domneval hidrogeološke zapore, ker se izviri, estavele in ponori pojavljajo samo na določenih odsekih tega roba. Takšna geološka zapora, ki prekinja jame oziroma vodne tokove bi naj tudi bila med ponornimi jamami Cerknškega jezera in pritočnimi jamami v Rakovem Škocjanu (I. G a m s 1970). Raziskovanje te problematike mu je dalo oporo za tolmačenje pretoka vode v obliki ponornic in prenikujoče vode, kar zajema pod imenom geostrukturni kraški hidrološki sistem (1966, 39).

V študiji D. N o v a k a (1964) najdemo kemične analize vode Žerovnišnice, Šteberšnice in Laških studencev pri Lazah na jugozahodni strani Cerknškega jezera.

### HIDROGEOLOŠKI ORIS POLJA IN NJEGOVO HIDROGRAFSKO ZALEDJJE

Za hidrologijo Cerknškega polja so zlasti pomembne razlike v propustnosti apnencev in dolomitov. Apnenci so bolj zakraseli, dolomiti pa predstavljajo v hidrološkem pogledu nekakšno bariero z omejeno prepustnostjo. Dolomiti so vloženi med apnence že sedimentacijsko, ali pa so sekundarno razporejeni s tektonskimi premiki in jih omejujejo narivi in prelomi. Prav čez sredo Cerknškega polja poteka znani idrijski prelom, ob njem pa se sredi polja izklinjuje tudi predjamski nariv. Med obema tektonskima linijama je močno pretrt triadni dolomit, ki je na obeh straneh obdan s krednimi in jurskimi apnenci. Razporeditev različno prepustnih kamnin in splošna usmerjenost odtoka silita kraške vode, da se iz apnencev prelivajo na dolomitno površje, na drugi strani pa spet poniknejo v bolj zakraselo apniško podlago. S severovzhodne polovice hidrografskega zaledja Cerknškega polja se vse vode pojavijo na površju, medtem ko se iz območja Javornikov in Snežnika na južni strani preloma prelivajo na polje le srednje in visoke vode, medtem ko se nizke verjetno podzemeljsko usmerijo k izvirov na Planinskem polju in na Ljubljanskem barju.

Razporeditev požiralnikov in ugotovljene podzemeljske vodne zveze kažejo, da del vode iz Cerknškega jezera odteče neposredno v izvire Bistre, Lubije in Ljubljaniče skozi ali pod dolomitno bariero pri Cerknici. Prepustnost tega območja je omejena tudi zaradi naplavin površinske Cerknšice, ki so zasule kraške podzemeljske kanale. O tem smo se prepričali pri preučevanju oblikovitosti, razporeditve in drugih značilnosti požiralnikov v dnu polja. Jezerske talne ponikve so razporejene v približno 1 km široki coni, ki prečka Cerknško polje nekako po sredi v smeri od Otoka in Zadnjega kraja proti Dolenjemu Jezeru in Cerknici. Hidrološki pomen te cone bomo skušali še posebej predstaviti.

Na prelivanje kraških voda iz apnenca na površje vpliva poleg dolomita tudi omejena prepustnost apnencev, zlasti na pritočni južni strani polja. Na pritočni strani ni znanih večjih vodnih jam. Ob izviroh Stržena so manjše špranje, dostopne le nekaj metrov in še to le ob najnižjih vodah. Očitno so

pritočni rovi zasuti s podori, pobočnim gruščem in naplavinami, ki prekrivajo skalno dno polja več metrov na debelo. Med pritočnimi jamami sta največji Vranja jama v Zadnjem kraju in Suhadolica nasproti Rešeta.

Od Ušive loke dalje se vrstijo ob vznožju Javornikov požiralniki, ki jih sledimo ob robu polja vse do dolomita pri Zelšah. V tem predelu je veliko manjših špranj, v katerih se izgublja voda od Nart do Svinjske jame. Znan je tudi obsežen jamski sistem Male in Velike Karlovice z nad 7 km rovov. Konča se s podori in sifoni, voda pa si najde pot v smeri proti Rakovem Škocjanu (R. Gospodarič 1970). Številni podori ob robu polja in obsežne koliševke v zaledju kažejo na nekdanje votline, ki jih je izoblikovala voda iz Cerkniskega jezera, zdaj pa so povečini zasute ali porušene. Podori in naplavine precej zmanjšujejo požiralno sposobnost odtočnih kanalov v smeri proti Rakovemu Škocjanu in Planinskemu polju.

Cerkniščica je edini površinski pritok na Cerkniskem polju. Vodo zbira iz zahodnega obrobja Bloške planote, iz okolice Cajnarjev. Njeni izviri so v triasnih skrivalcih in dolomitih. Najbolj izdaten je izvir v Podslivnici, ki je tudi izkoriščen za cerkniški vodovod. Do Begunj teče Cerkniščica proti jugozahodu, nato pa v skoraj kanjonski strugi prereže liasne kamnine, da bi na jugu dosegla Cerknico in ravnino jezera. Tu je struga zarezana v lastni vršaj, v meandrih se približuje ponornemu robu in izgine v Cerkniški jamski sistem.

Ker ima 50 km<sup>2</sup> površinskega porečja, zelo hitro reagira na padavine, saj spreminja pretok od 0,2 do 110 m<sup>3</sup>/s (D. Novak 1964, 104). Največji pretoki so kratkotrajni in imajo hudourniški značaj, na polje prinašajo dosti dolomitnega drobirja, prsti in blata.

Manjši pritoki so na južnem vznožju Slivnice, npr. Martinjščica, Šentviški potok in Grahovski potok. Začno s prelivnimi izviri na meji zgornjetriasnega in liasnega dolomita in apnenca v grahovski sinklinali. Tečejo proti jugu k regulirani strugi Žerovniščice, dostikrat pa se voda že zgubi v naplavini pod Marofom, Martinjakom in Grahovim. Vsi ti potoki imajo po A. Hočevarju (1940, 108, 109) največ 6 m<sup>3</sup>/s vode, poleti pa dostikrat presahnejo.

Na vzhodni strani Cerkniskega jezera, kjer so jurske kamnine, začno kraški izviri. Najbolj znan je izvir Žerovniščice pod cesto, ki pelje iz Grahovega na Bločice. Voda priteče iz jame Žerovnice, ki pa je dostopna le potapljačem. Začne namreč s 5 m dolgim sifonom, ki je tudi ob najnižjem vodostaju zalit. Potapljači so za tem sifonom našli proti severu usmerjeni vodni rov, ki po 390 m vnovič konča ob sifonu (R. Gospodarič 1968). V jamo pride voda iz dolomitnega Bloškega polja, kar je z barvanjem ugotovil A. Hočevar pred 60 leti (A. Šerk 1946). Na tej podzemeljski poti teče voda 3 km v zračni črti skozi zgornjetriasni dolomit, nato pa 2 km skozi liasni dolomit in apnenec, ki ga vidimo v jami in njeni okolici prav do ravnine polja. Ob suši 7. 11. 1969 je imela Žerovniščica še okoli 360 l/s vode, ob naslednjem dežju pa je narasla tudi na 20-kratno količino. Po prenehanju padavin je vnovič počasi upadala. Ta voda teče v požiralnike Retja in dalje v jezero, kadar je dotok večji od požiralne zmogljivosti Retja.

Mimo Lipsnja teče v jezero Lipsenjščica. Izvira v začetku zagatne doline pri naselju Podšteberk, zato se del vodotoka po dolini imenuje tudi Šteberščica. Izvir je vaukliški, voda se ob loškem prelomu prebija izpod malmskega apnenca. Nekako 100 m nad izviro je koliševka Vranja jama, poleg nje pa še številne

vrtače, ki govore o močno zakraselem svetu v zaledju izvira. Izdatnost izvira se spreminja med 0,2 do 26 m<sup>3</sup>/s po A. Hočevarju (1940, 110) in 0,012 do 7 m<sup>3</sup>/s po D. Novaku (1964, 100). Kot je z barvanjem ugotovil D. Novak (1966, 89; 1969, 78) priteče voda iz 1,7 km oddaljene Križne jame s 3<sup>o</sup>/<sub>6</sub> padcem. V izvire Štebersčice priteče voda tudi neposredno iz Bloškega polja. Hidrološka vloga Križne jame med Cerknškim, Loškim in Bloškim poljem, pa še ni dovolj znana, da bi lahko rekli, kako kroži voda med temi polji. Podatki dosedanjih barvanj niso primerljivi, ker so dobljeni pri različnih vodostajih in z različnimi količinami barvila. Za Cerknško jezero je pomembno, da dobiva trajno in izdatne količine vode iz više ležečih polj.

Južno od Lipsnja poznamo še izvir Goriškega potoka z največ 0,57 m<sup>3</sup>/s vode (D. Novak 1964, 100), potem še številne izvire Stržena v široki zajedi polja med Gorenjim Jezerom in Lazami. Tu so poglavitni izviri Obrh, Okence in Cemun, ki pa bruha vodo tudi iz više ležečih špranj v skalni steni. Nadaljnji manjši izviri so še na južnem skalnem obrobju tja do Laz. Vsa ta voda se zbira v Strženu, ki ima ob mostu na cesti med Gorenjim Jezerom in Lazami pretok 0,008 do 33 m<sup>3</sup>/s vode (D. Novak 1964, 100), starejši viri (A. Hočevar 1940, 111; F. Jenko 1954, 140) pa govorijo o 2,8 do 84 m<sup>3</sup>/s vode.

Zaledje izvirov je podzemeljsko do 2 km oddaljene ponorne jame Golobine na Loškem polju, kjer se voda zbira delno s površja, večinoma pa podzemeljsko iz više ležečega Babnega polja in drugega kraškega zaledja. Ker je v izviri Stržena več vode, kot je pa teče in ponikne na Loškem polju, je A. Hočevar (1940, 111) domneval, da pride v izvire še voda iz Javornikov. D. Novak (1964, 113) pa je na podlagi barvanja l. 1961 sklepal, da priteče iz Golobine le visoka voda, nizka pa zaide v neznane kanale Javornikov. Tudi tukajšnje hidrološke razmere niso povsem jasne, kar se vidi v različnih cenitvah količine vode in hitrosti njenega toka pod zemljo. Pri barvanju l. 1939 in 1961 so ugotovili precej različne hitrosti pretoka, čeprav so bili vodostaji pri obeh poskusih podobni. Ta problem je podrobneje razložil F. Bidovec (1968, 221) z zastajanjem obarvane vode v podzemeljskih prostorih in njenim prihodom k izviru ob višjem vodostaju.

Med Golobino oziroma Loškim poljem in izviri na Cerknškem polju teče voda po antiklinalno vbočenih skladih malmskega apnenca in dolomita, ki so prepreženi s prelomi NW—SE in NE—SW smeri. V pobočju Stražišča (812 m) zadene malm na spodnjo kredo, oba pa pokriva ozek pas zgornjetriasnega dolomita.

V podobnem geološkem okolju so tudi drugi izviri ob jugozahodnem obodu jezera: Laški studenci, Tresenc, Otoški Obrh in Mrzlik v bližini Otoka. Razen Laških studencev, ki se stekajo v Stržen, imajo izviri svoje požiralne luknje. Tresenc ponika v Lovišču, Otoški Obrh in Mrzlik pa v Češlenci in Kotlu. Izviri ne presahnejo, spreminjajo pa izdatnost za približno 10-krat, kar pač zavisi od padavin v kraškem zaledju v Javornikih. Ob višjih vodostajih prispevajo k polnjenju jezera. Skupna značilnost izvirov je neznano zaledje. Najbolj verjetno pridejo vode iz Javornikov, vendar še ni dokazano iz katerih smeri. Barvanje je težko izvedljivo, ker na Javornikih ni površinskih tokov. Med izvire štejemo tudi bruhalnik Suhadlico, ki smo jo podrobneje opisali. Zadnji izviri so v Ušivi loki v zajedi polja tam, kjer zrnati dolomit spodnje krede zadene na ravnico

polja. Severozahodno od teh izvirov pa so v debeloskladovitem apnencu spodnje krede že ponorne luknje in jame Cerknjškega jezera.

Kot vidimo, je dotok vode na Cerknjško jezero zelo razčlenjen in omejen na posamezne cone, izogiba se le debelejših horizontov dolomita. To nakazuje številne vodne poti v kraškem zaledju, če ne celo nekakšno neuravnano gladino kraške talne vode, ki se nad jezero dviguje v Javornike, medtem ko je z višjih kraških polj dotok prirejen sinklinalni strukturi v obliki bolj sklenjenih tokov.

Med izviri ob jugozahodnem robu Cerknjškega jezera, posebej v Zadnjem kraju delujejo estavele. V estavelnih luknjah Kotla se voda dviguje in upada neodvisno od delovanja izvirov na sosednjem jezerskem obodu, pa lahko govorimo o podtalnici v preluknjanem malmskem apnencu in dolomitu. Gladina te vode se spreminja med 550 in 540 m, kolikor je pač možno opazovati njeno nihanje. Pri višjem vodostaju vode zapolnijo jezero in prekrijejo tudi estavelne luknje; tedaj sta vodna horizonta nad izviri in pri estavelah združena. Pri nizkih vodah pa sta ločena, saj so tedaj izviri aktivni, estavele pa so tudi 10 m pod površjem suhe. Estavele prispevajo k zapolnjevanju jezera, če se voda dvigne nad gladino vode v ostalem jezeru, ki ga polni Stržen. To pa je pričakovati le tedaj, ko dajejo Javorniki več vode kot pa vzvodna kraška polja. Jezerska voda bo usmerjena k estavelam, ko bo na višji, voda v estavelah pa na nižji absolutni višini. Delovanje estavel na Cerknjškem jezeru je tedaj odvisno od padavin in od gladine vode na jezeru in v Zadnjem kraju.

Podrobna omejitev hidrografskega zaledja Cerknjškega jezera je možna le na vzhodni strani v porečju Cerknjščice in na Bloški planoti, kjer je razvodje površinsko. Južnega in zahodnega dela zaledja pa ni mogoče prav omejiti. Razvodje poteka po zakraselih planotah Racne gore, Snežnika in Javornikov. Razvodnico ponavadi zarišejo po kraških vrhovih in slemenih, ni pa mogoče niti približno oceniti, koliko se ta sklada z dejanskim raztekanjem voda v krasu. Po Šer k o v i karti porečja Ljubljaniice (Arhiv Inštituta za raziskovanje krasa — Postojna) pripada Cerknjškemu jezeru okrog 400 km<sup>2</sup> površja. Odšteli smo območje Loškega potoka, ki dejansko pripada porečju Krke, kot je bilo ugotovljeno z barvanjem leta 1964. Površinsko se stekajo na polje le vode iz porečja Cerknjščice, ki obsega okoli 50 km<sup>2</sup> ali dobro desetino zaledja. Z vsega preostalega zaledja pritekajo vode na polje po podzemeljskih kanalih.

Po geološki zgradbi in reliefnih značilnostih zaledje ni enotno, v njem ločimo več manjših enot z različnimi hidrološkimi potezami. To velja tako glede množine in razporeditve padavin, velikosti odtoka in podobno. Zaradi navedenih razlik ni mogoče točno oceniti hidroloških razmer v zaledju Cerknjškega jezera. Ne glede na to, pa nam primerjava nekaterih hidroloških elementov nudi vsaj okvirno predstavo o značilnostih kraškega hidrografskega zaledja Cerknjškega jezera.

Na območju Cerknjškega jezera so vodne razmere opazovane že dalj časa. Na poplavnem področju in na vseh pritokih so postavljeni vodomeri, podatki o vodostajih in pretokih pa so za nekatere vodomerne postaje pomanjkljivi. Pri vrednotenju hidrometričnih podatkov moramo upoštevati tudi težave, ki jih povzročajo zajezitve v določenih vodomernih profilih, tako da ni mogoče določiti vseh pretokov po pretočni krivulji. Tako sta oba vodomera ob strugi Stržena bolj primerna le za določanje višine vodne gladine kot za ugotavljanje pretokov. Opazovanje vodostajev je otežkočeno tudi ob zelo visokih vodah, ko sta vodo-

mera dosegljiva le s čolnom. Potrebni so torej limnigrafi za stalno in natančno registracijo spreminjanja vodne gladine. Na teh dveh vodomernih postajah je mogoče po pretočni krivulji določiti pretoke le za nižje vodostaje, ko se voda še ne razliva po polju iz struge. Poplavna zajezitev pa lahko občutno vpliva na pretoke kot kažejo meritve pri Gorenjem Jezeru. Potrebne so tedaj stalne meritve hitrosti, kar pa je v spremenljivem poplavnem območju prav tako neizvedljivo. Poleg navedenih težav so še druge, ki onemogočajo merjenje in registracijo celotnega dotoka. Ob visokih vodah so poplavljeni vsi kraški izviri, ki polnijo jezero neposredno iz Javornikov. Le vodomeri ob površinskih in dveh kraških pritokih v jezero so izven obsega poplav. Pretočne vrednosti so v teh primerih dovolj natančno določene, vendar ti pritoki skupaj prispevajo le manjši del voda v Cerkniško jezero.

Po podatkih HMZ SRS znašajo za obdobje 1924—1958 srednji letni pretoki Ljubljaniče, Lubije in Bistre skupaj okrog  $36 \text{ m}^3/\text{s}$ , celotno kraško zaledje pa obsega okrog  $1000 \text{ km}^2$  površine. Srednji specifični odtok znaša tedaj  $36 \text{ l/s/km}^2$ , maksimalne vode so ocenjene na  $150 \text{ m}^3/\text{s}$ , kar da največji specifični odtok okrog  $150 \text{ l/s/km}^2$ , minimalni pa ne presega  $3,5 \text{ l/s/km}^2$ . Če ne upoštevamo razlik v dotočnih razmerah celotnega porečja kraške Ljubljaniče in zaledja Cerkniškega jezera, nam računi pokažejo naslednje vrednosti pretokov na Cerkniškem jezeru. Maksimalni pretok naj bi znašal okrog  $60 \text{ m}^3/\text{s}$ , srednji  $14,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , minimalni pa  $1,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Te vrednosti so lahko bistveno drugačne zaradi razlik v krasu, večjih padavinah in drugačnem odtoku. Dejansko so dotoki visokih voda precej večji, ob suši pa ni na površju niti  $20\%$  vode, ki naj bi pritekala iz zaledja polja. Očitno je temu vzrok zakraselost dna in obrobja, saj se lahko nizke vode pretakajo bodisi pod poljem ali pa ob njem proti nižjim izviro.

Po F. Jenku (1965) je minimalni dotok na Cerkniškem jezeru ocenjen na  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , maksimalni dotok pa na  $240 \text{ m}^3/\text{s}$ , medtem ko je za obdobje 1948—1952 izračunani srednji letni pretok znašal  $18,4 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Po podatkih HMZ SRS (1971) naj bi bil srednji letni pretok za obdobje 1960—1969 kar  $27 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kot vse kaže, pa je ta vrednost precej pretirana, predvsem zato, ker niso upoštevane dejanske razmere v nizvodnem delu porečja. Dotoki na Cerkniško jezero so namreč izračunani iz pretokov Ljubljaniče, Lubije in Bistre, od katerih pa niso odšteti vsi vmesni dotoki.

Iz navedenega je razvidno, da so hidrološke razmere na Cerkniškem jezeru in v njegovem zaledju še zelo nejasne. Vkljub dolgoletnim raziskavam in hidrološkim opazovanjem so rezultati še zelo približni. Težko je namreč spoznati in izmeriti vse vplive v zapletenem kraškem vodnem sistemu. Ko smo se med poskusno ojezeritvijo lotili hidroloških opazovanj, smo morali najprej oceniti vrednost in natančnost podatkov, po katerih so bili zasnovani zajezitveni ukrepi in predvidene hidrološke posledice.

Preučiti smo morali metodologijo hidroloških analiz. Ko pa smo spoznali pomanjkljivosti podatkov in metod, smo se lotili izpopolnjevanja hidroloških meritev in opazovanj, skušali smo poiskati metode za pravilnejše obravnavanje dobljenih podatkov. Pojasnili smo nekatera vprašanja podzemeljskih zvez med posameznimi požiralnimi sistemi in pripadajočimi izviri. Skušali smo tudi neposredno meriti požiralne sposobnosti nekaterih ponikev in zasledovati druge pojave, ki so povezani z zajezevanjem in podzemeljskim odtokom vode iz jezera.

## NAČRT STALNE OJEZERITVE IN POSKUSNA ZAJEZITEV PONOROV

Po naročilu Občinske skupščine Cerknica in s finančno podporo Sklada Borisa Kidriča je projektant Zavoda za vodno gospodarstvo SRS dr. ing. Franc Jenko izdelal leta 1965 Idejni projekt stalne ojezeritve Cerkniškega jezera. Bistvo tega projekta je v cenemem izboljšanju vodnih razmer, kar bi dosegli z zajezitvijo glavnih odtočnih kanalov. Trajnejše poplave bi bile za gospodarstvo ugodnejše od vsakoletnih presihanj, pospešile naj bi razvoj turizma, omogočile razmah ribištva in izravnale bi vodni sistem v porečju Save. Ves načrt je bil zasnovan na posebnem računu dotoka in odtoka vode po metodi, ki sloni na takoimenovanih podzemnih pretočnicah (F. Jenko 1959, 35). Načrt je predvidel tudi tri variante, po katerih naj bi z različno stopnjo zajezitve ponorov dosegli:

1. Nepopolno stabilizacijo jezera s presušitvijo poprečno na vsakih pet let za en mesec, če bi zajezili Karlovice do kote 552 in pridušili požiralnost Jamskega zaliva od 5 na 1 m<sup>3</sup>/s.

2. Nepopolno stabilizacijo jezera brez občasne presušitve, le izjemno na vsakih 30 let, če bi zajezili Karlovice do kote 552 in pridušili Jamski zaliv od 5 na 1 m<sup>3</sup>/s ter ponikve v dnu jezera od 13 na 8 m<sup>3</sup>/s.

3. Popolno stabilizacijo jezera, če bi zajezili Karlovice do kote 552 in pridušili Jamski zaliv od 5 na 1 m<sup>3</sup>/s ter ponikve v dnu jezera od 13 na 1 m<sup>3</sup>/s.

Stroški za tretjo varianto bi bili preveliki, zato naj bi skušali doseči stanje, ki je predvideno v drugi varianti.

Projekt stalne ojezeritve je bil utemeljen kot tretja možnost melioracije jezera, ker sta obe drugi, bodisi osušitev ali popolna akumulacija, predragi. Stroški za izvedbo takšne melioracije so bili leta 1965 ocenjeni na 376 milijonov dinarjev in naj bi bili povrnjeni z lokalnimi gospodarskimi učinki (ribolov, turizem) ter z energetske in plovno vrednostjo izboljšane vodnega režima Save.

Strokovna obravnava idejnega projekta je opozorila na vrsto neznank in predpostavk, na katerih je zasnovan projekt stalne ojezeritve. Razpravo je organiziral SBK dne 20. 11. 1965 v prostorih Projekta nizke zgradbe v Ljubljani. Recenzenta ing. F. Lewicki in ing. A. Pičinin sta bila mnenja, da je iz obsežnega materiala razvidna hidrološka problematika Cerkniškega jezera, ki še ni zadovoljivo pojasnjena in so potrebne še nadaljnje raziskave podzemeljskih zvez in dotokov. Pri vodni bilanci dotoka in odtoka ni upoštevano izhlapevanje, zato je v to smer treba razširiti raziskovanje, potrebno je tudi okrepiti merjenje dotokov, ker so sedanji podatki še zelo nepopolni. Recenzenta sta bila mnenja, da se podatki o maksimalnih pretokih, ki jih navaja F. Jenko, skladajo s podatki HMZ. Dejanski dotok v jezero še ni znan in bi ga morali spoznati le z umetnim poseganjem v naravni režim ter z intenziviranjem hidroloških opazovanj na tem območju. Problematika, ki bi nastala z zapiranjem, ni bila zajeta v njenem poročilu, obravnavala sta le hidrološki del. Druga dva recenzenta ing. D. Legiša in ing. B. Šetina sta opozorila na pomanjkljivosti hidroloških podatkov, na katerih je zasnovan projekt. Po njenem mnenju obstajajo podatki o poplavah na Cerkniškem jezeru, ki niso skladni s podatki ing. F. Jenka. Zanima ju, koliko bo pridušen odtok z zatesnitvijo kanalov in opozarjata na računsko nepojasneno trditev, da se bo pretok skozi Veliko

Karlovico povečal od 32 na 40 m<sup>3</sup>/s. V projektu tudi ni dovolj pojasnjen način obratovanja z zapornico in vzdrževanje nivoja jezera. Prav tako v projektu ni omenjeno, da bo treba vse objekte vzdrževati. Upoštevati bi bilo treba, da bodo po ojezeritvi potrebne nadaljnje meritve pretokov, predvsem v Veliki Karlovinci. Mnenja sta, da bo potek nihanja vodne gladine precej drugačen, če se bodo pretočne količine v Karlovinci razlikovale od predvidenih in če ne bo dosežena takšna dušitev požiralnikov kot je v projektu zamišljena. Zato bo treba po izgradnji zapornice nekaj let opazovati in spremljati dogajanja na Cerknškem jezeru, predno bi začeli s turističnim urejanjem.

Sledila je razprava, ki so se je udeležili različni strokovnjaki in s kritičnimi pripombami osvetlili predvideni poseg v hidrološke razmere Cerknškega jezera. Zedinili so se za poskusno zaježitev ponorov, ki pa ne sme biti predraga. Potrebno bi bilo izdelati še program meritev in opazovanj hidroloških razmer med izvajanjem poskusa, da bi dobili odgovore na nepojasnjena vprašanja. Idejni projekt stalne ojezeritve je bil s tem preimenovan v poskusno zaježitev ponorov, ki naj bi trajala tri leta.

Vkljub večkrat izraženi zahtevi po podrobnejšem programu poskusa in dodatnih raziskavah pred zaježitvijo ponorov (dopisi in stališča Inštituta za raziskovanje krasi in Zavoda za spomeniško varstvo SRS) je bil projekt le delno dopolnjen s tehnično dokumentacijo za zaježitev ponorov (F. J e n k o 1966).

V letih 1968 in 1969 so zabetonirali vhod v Malo Karlovico do stropa, Veliko Karlovico pa so nekaj metrov za vhomom pregradili z betonskim jezom nekako do polovice s prelivom v višini 551 m. Pri požiralniku Rakovski mostek so izvrstali dobrih 30 m dolg umetni rov s premerom 3,7 m, ki vodi v Blatno dvorano Velike Karlovice. Pri vhomu so postavili železno zapornico v velikosti 4×4 m s pripravo za ročno dviganje in spuščanje. Po projektu predvideno tesnenje drugih požiralnikov v Jamskem zalivu ni bilo izvedeno. Zaradi nepredvidenih težav pri gradnji odtočnega tunela in zapornice se je začetek poskusa zavlekel v pozno jesen 1969. leta, gradbeni stroški pa so se skoraj podvojili.

#### POTEK IN SPREMLJAVA POSKUSNE ZAJEŽITVE

Med gradnjo jezov in zapornice se je v dnevnem časopisju živahno razpravljalo. Nekateri so ogorčeno protestirali, drugi so dvomili v uspeh, le malo pa je bilo zagovornikov poskusa. Postavljeno je bilo tudi vprašanje, kako ugotoviti učinke zaježenih ponorov in njihov vpliv na podaljšanje poplav. Po navodilih projektanta je Zavod za turizem v Cerknici organiziral opazovanje vodne gladine pri zapornici. Določen je bil tudi režim zapiranja in odpiranja zapornice glede na višino jezera in hitrost naraščanja ali upadanja vode.

Po zaježitvi Karlovice se je začelo jezero prvič polniti 8. 11. 1969 in voda je naraščala do 30. 11., ko je dosegla koto 550,15. Zapornica pri umetnem rovu še ni bila dograjena, zato je voda nad koto 549 otekala skozi umetni rov v Karlovinci. Prvič so spustili zapornico 10. 1. 1970, ko so narasle zimske vode začele upadati. Jezero je v naslednjih dneh še nekoliko narastlo zaradi zaježenega odtoka v Karlovinci, potem pa je upadalo vse do 25. marca. Deževje in taljenje snega je spet dvignilo gladino, zato so 27. 3. skušali dvigniti zapornico, kar pa jim je zaradi tehnične napake uspelo le do polovice. Šele 24. 4. 1970 so zapornico povsem odprli. Zaradi dežja in taljenja snega v Javornikih pa je jezero vkljub odprti zapornici še nekaj dni naraščalo in doseglo 2. maja koto 551,60. Tedaj se

je prelivala voda tudi čez jez v Veliki Karlovi. Poplavljen je bil Rakov Škocjan, voda pa je preplavila za dalj časa tudi Planinsko polje. Težave z zapornico so se pojavile tudi pri zapiranju. Dne 8. maja so jo uspeli le do polovice zapreti, v naslednjih dneh pa so jo spustili še meter niže, 40 cm nad dnom pa se je končno zagostila.

Do srede junija 1970 ni bilo izdatnih padavin in jezero se je enakomerno praznilo, gladina se je znižala v 45 dneh za 1,5 m do kote 549. Dež v juniju in juliju je nato zadrževal jezero še nad koto 548 do začetka avgusta, ko je začelo jezero naglo upadati. Presahnilo je le za nekaj dni, tudi Zadnji kraj je bil suh med 20. in 25. 8., nakar je dež ponovno dvignil gladino. V začetku septembra je jezero doseglo koto 548,5, nato pa je sredi oktobra spet presahnilo. Šele proti koncu novembra je deževje napolnilo jezero, vendar le do kote 549, do začetka januarja 1971 je nato jezero upadalo. Po odjugi in dežju se je v januarju 1971 jezero počasi polnilo in v začetku februarja doseglo koto 550,70. Zaradi meritev je bila zapornica odprta od 1. do 15. 2., voda pa je enakomerno upadala še vse do srede marca. Sredi aprila je jezero doseglo koto 551, nato pa se je do konca junija enakomerno praznilo. Rahel dež je v začetku julija zadržal praznjenje, vendar ne za dolgo, saj je jezero presahnilo že v začetku avgusta, ko je voda odtekla tudi iz Zadnjega kraja. Suša je trajala vse do prve polovice novembra in v porečju Ljubljane so bile to leto izredno nizke vode. Vkljub zaježitvam ponorov je bilo Cerknjsko jezero skoraj 4 mesece suho. Ribiči so sprva na vse načine poskušali zadržati vodo vsaj v strugi Stržena, napravili so več nasipov, toda vse zaman.

Izdatna suša je prispevala h kritični obravnavi poskusne ojezeritve. Že analiza hidroloških razmer v letu 1970 je pokazala večje odtoke iz Jamskega zaliva od predvidenih. Nadaljnje meritve in raziskave so to potrdile. Pokazala se je potreba po zatesnitvi Jamskega zaliva vsaj v takem obsegu kot je predvidevala prva varianta idejnega projekta. V sušnem obdobju 1971 so bili nato zazidani požiralniki v Nartih. V Veliki Karlovi smo registrirali morfološke spremembe, ki so jih povzročili spremenjeni tokovi in oživljeni pritoki skozi stare že zasute požiralnike. Ugotovili smo povečano spiranje gručca in ilovice v stranskih rovih, skozi katere je začela vdirati voda iz jezera v zajezeni glavni kanal Karlovice. Koliko se s tem povečuje odtok v Karlovice in zmanjšuje učinek zaježitve, se še ni dalo mersko ugotoviti, proces pa razmeroma hitro napreduje. Po dolgotrajni suši so v jeseni 1971 vode le počasi naraščale. Jezero se je napolnilo šele v drugi polovici februarja 1972, sredi marca pa je prvič doseglo koto 550, v aprilu se je povzpelo še nekaj više, najviše doslej pa je bilo v drugi polovici maja. Čeprav se je že v aprilu dvignilo jezero skoraj do 551, zapornice ni kazalo odpirati, ker je začela voda kmalu upadati. Po suši v prejšnjem letu je bilo očitno, da lahko razen dežja le razmeroma visoka voda spomladi odloži presahnitev jezera. Nepričakovani naliv sredi maja je naglo dvignil jezero za dober meter že pri odprti zapornici, ki so jo dvignili 16. maja, spustili pa spet 24. maja. Ta visoka voda je dala dragocene podatke o maksimalni požiralnosti in možnosti uravnavanja odtoka v kritičnih situacijah pri zajezenih ponorih in polnem jezeru.

Sledilo je normalno poletno praznjenje jezera. Dež v juliju, avgustu in septembru je zadrževal jezero v višini okrog 549 m. Do kote 548 se je znižalo le 9. septembra, se spet dvignilo in ponovno znižalo do 547 dne 27. 10., nato pa je



jesensko deževje začelo polniti jezero. V razmeroma mokrem letu 1972 smo skušali preveriti učinek zaježitve Nart z meritvami pretokov na jezeru in v Rakovem Škocjanu ter izpopolniti podatke o požiralnosti Jamskega zaliva.

Prvo poročilo o rezultatih poskusa je izdelal projektant F. Jenko za obdobje od 14. 11. 1969 do 20. 8. 1970. Recenzijsko poročilo sta na željo SBK pripravila ing. A. Pičinin in D. Škerjanc, sodelavca HMZ SRS, julija 1971. V okviru naravoslovnih raziskav Cerkniškega jezera je HMZ SRS izdelal hidrološko poročilo o stanju hidroloških razmer pred zaježitvijo novembra 1971.

#### **OCENA PRVIH POROČIL O UČINKIH ZAJEZITVE IN PRIKAZ UPORABLJENIH HIDROLOŠKIH METOD**

Poročilo F. Jenka (1970) o poskusu je izdelano po enaki metodi, kot je bil zasnovan poskus, posebej je ocenjen večji odtok iz Jamskega zaliva po rezultatih naših meritev in opazovanj.

Obe poročili HMZ SRS jasno kažeta na težave hidroloških meritev in opazovanj vodnih razmer v porečju kraške Ljubljane, prikazana pa je posebna metoda določevanja dotoka na Cerkniško jezero, ki si jo bomo podobno kot Jenkovo posebej ogledali.

#### **METODA PODZEMELJSKIH PRETOČNIC PO F. JENKU**

Dolgotrajne poplave na kraških poljih onemogočajo normalne meritve pretokov na mestih, ki so pod vplivom zaježitve, zato enostavno ni mogoče ugotoviti dejanskega dotoka. Zelo skromne so tudi možnosti za neposredno merjenje odtokov v številnih ponikvah, požiralnikih in ponorih. V takih razmerah je uporabil F. Jenko grafično metodo »podzemnih pretočnic«, kot Q/H diagram prostorsko razmaknjenih, a hidravlično odvisnih vodostajev in vodnih količin. V vertikalnem delu je zarisana dnevna višina poplave na kraškem polju, na horizontalnem delu pa pretok v pripadajočih kraških izvirih. Tako dobljene sovpisnice imajo obliko zanke, od katere spredaj ali izjemoma zadaj nastopajoča navpičnica prikazuje stalnejše podzemno odtekanje poplave, razponi zanke pa vmesni površinski in podzemni dotok, morebitni lomi sovpisnice pred zanko predstavljajo požiralnost posameznih skupin ponorov (F. Jenko 1959, 35).

Navpičnica se pojavlja po mnenju F. Jenka zaradi stalnosti podzemnega odtekanja poplave, v kateri se skriva tudi vmesni dotok, ki pa po končanem deževju ter višku poplav naglo zdrsne na neznatne količine v primerjavi z odtekanjem poplave. Nagli sunki celo do navpičnice nakazujejo enako odtekanje skozi ponikve in ponore ne samo pri plahneči, nego tudi pri naraščajoči vodi. Skupna požiralnost vseh požiralnikov na območju kraških polj je med poplavo stalna. Ugotovljeno pa je spreminjanje in tudi prenehanje požiranja posameznih požiralnikov na začetku ali koncu poplave, ko poplavljanje nizvodnih zajezuje vzvodne požiralnike (F. Jenko 1959, 45).

To metodo je F. Jenko uporabil pri načrtovanju trajnejše ojezeritve Cerkniškega jezera in analizi hidroloških razmer v porečju Ljubljane. Pri tem je upošteval tri različne hidrološke situacije: ko je jezero suho, ko se voda pretaka v strugi Stržena, ko se voda prelije iz struge in nastane jezero. Za vsako situacijo je skušal ugotoviti dejanske pretoke posredno. V prvi situaciji naj bi bil dotok na Cerkniško polje približno enak pretokom na izvirih Bistre, spodnje Lubije in Cerkniščice. V drugi situaciji naj bi dotok v Cerkniško jezero pred-

stavljajl vsoto pretokov Bistre, spodnje Lubije, Cerknjščice in Stržena pri Dolenjem Jezeru. V tretji situaciji pa naj bi bil dotok enak vsoti maksimalnega odtoka v dnu polja, ki je ocenjen po podzemeljski pretočnici na  $13 \text{ m}^3/\text{s}$ , maksimalnega odtoka iz Jamskega zaliva, ki je ocenjen na  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , ter odtoka v Karlovcu, ki ga je mogoče določiti po pretočni krivulji Stržena pri Dolenjem Jezeru. Vsoti teh pretokov pa je treba prišteti ali odšteti časovno spremembo vodne mase v jezeru. Na ta način je F. Jenko izračunal dotoke v Cerknjško jezero za obdobje od leta 1948 do 1952. Grafično je nato prikazal spremembe v nihanju jezerske gladine, ki bi nastale s predvideno zajezitvijo ponorov.

Obratno pot je napravil v poročilih o uspehu zajezitve. Grafično je prikazal, kakšno bi bilo nihanje jezera v naravnih razmerah in to primerjal z dejanskimi vodostaji jezera, kakršni so bili v prvem letu po zajezitvi Karlovice. Dotok je izračunal enako kot v projektu, ocenil pa je povečan odtok iz Jamskega zaliva.

Pomanjkljivost prikazane metode ugotavljanja dotoka v Cerknjško jezero izvira iz razlik med dejanskimi dotiki in računsko uporabljenimi v posamezni situaciji. Tako se za sušne razmere, ko je na Cerknjškem polju le nekaj nepomembnih vodnic, računa z najmanj  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ , poprečno pa s  $4$  do  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  dotoka, toliko znašajo tedaj pretoki Bistre in ene tretjine Lubije. Ta dva izvira pa dobivata vodo tudi iz Planinskega polja, kot je bilo dokazano z barvanjem leta 1964 in 1975, medtem ko se voda iz Cerknjškega jezera odteka tudi v druge izvire Ljubljaniice. Previsoko je ocenjena maksimalna požiralnost ponikev na dnu jezera, ki je določena po podzemeljski pretočnici Cerknjško jezero - Bistra.

Posledica navedenih pomanjkljivosti so precej precenjeni dotoki na Cerknjško polje pri nizkih in visokih vodah. V nasprotju s tem pa so odtoki iz jezera nekoliko nizko ocenjeni s predpostavko, da ponikne v Jamskem zalivu največ  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Zelo približno je določena tudi pretočna krivulja za Karlovcu. V splošnem je Jenkova metoda primerna le za grobo oceno hidroloških razmer, računanje dotokov na kraško polje pa bi bilo treba opreti na dejansko požiralnost ponorov in dejanski odtok, za kar so potrebni natančnejši podatki o pretokih v jamah in o požiralni sposobnosti posameznih ponikev v dnu polja.

#### VODNOBILANČNA METODA PO HMZ SRS

Drugačno metodo za ugotavljanje dotoka na Cerknjško jezero so uporabili na Hidrometeorološkem zavodu SRS. Iz njihovih poročil je razvidno, da so odtok iz Cerknjškega jezera izračunali iz pretokov Raka v Rakovem Škocjanu ter Bistre in Lubije. Od te vsote so odšteli delež, ki ga prispeva Unica v Bistru in Lubijo. Tega so izračunali tako, da so od pretokov Unice, Rovtarskih ponikalnic in Hribščice odšteli pretoke Ljubljaniice na Vrhniki. Na ta način so določili tudi razmerje med odtokom iz Cerknjškega jezera proti Rakovem Škocjanu in odtokom neposredno proti Bistri in Lubiji. Vodne količine so računsko sicer vsklajene, vprašanje pa je, koliko se dobljene vrednosti skladajo z dejanskimi. Pri teh računih ni upoštevan del vode v izvirih Ljubljaniice, Bistre, Lubije in Raka, ki ga prispeva vmesno kraško področje in tisto zaledje, ki ne pripada cerknjškemu. Po tej metodi izračunani odtoki iz Cerknjškega jezera so precej večji; za obdobje 1960 do 1969 znaša srednji letni odtok  $27,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , od tistih, ki jih je izračunal F. Jenko, za obdobje 1948 do 1952  $18,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Obdobji sta sicer različni, vendar se poprečne vrednosti ne bi smele toliko razlikovati. Nedvomno

je dotok v kraške izvire Ljubljanice in Raka mimo zaledja Cerkniškega jezera in voda, ki se pretakajo čez Planinsko polje in iz Rovtarskih ponikalnic, tolikšen, da ta metoda ni primerna za neposredno ugotavljanje odtoka iz Cerkniškega jezera. Še posebno je neuporabna za ugotavljanje dnevnih vrednosti. Po vsem tem lahko ugotovimo, da niti Jenkova poročila o poizkusu, niti recenzija tega poročila nista dovolj osvetlila posledic zajezitve Velike in Male Karlovice. Recenzenta A. Pičinin in D. Škerjanc sta celo izračunala, da se je po zajezitvi Karlovic povečal odtok proti Rakovem Škocjanu in ne v Bistro kot bi pričakovali.

### POLNJENJE IN PRESIHANJE JEZERA

Nivogrami jezera kažejo hitrejša naraščanja kot upadanje vodne gladine že pred zajezitvijo, po njej pa se ta razlika še stopnjuje. Po vsakokratnem naraščanju traja visoka voda le kratek čas, saj začne gladina kmalu za viškom padavin tudi upadati. Višina jezera in njegov obseg se torej stalno spreminjata. Naraščanje in upadanje je odvisno od razmerja med dotokom in odtokom. Odtok je pogojen s požiralnostjo ponorov, ki jih voda pri določeni višini jezera dosega, na dotok pa vplivajo padavine, deloma z neposrednim odtokom iz kraškega zaledja, deloma pa posredno zaradi kraške in snežne retinence.

Značaj hidroloških sprememb na Cerkniškem jezeru se odraža tudi na enostavnem hidrogramu, kjer so nanizani vodostaji za dveletno obdobje pred zajezitvijo in triletno dobo poskusne zajezitve (P. H a b i č 1964, sl. 16).

Glede na množino padavin, ki je seveda vsako leto različna, razlikuje pa se tudi v posameznem obdobju polnjenja in presihanja jezera, lahko iz hidrograma razberemo osnovne spremembe v režimu zajezenega jezera. Znatno se je izravnalo nihanje vodne gladine, saj so konice redkejša in zajede med njimi manj izrazite, kar pomeni, da se jezero počasneje prazni, pri višji gladini pa zaradi večje površine šele znatnejši dotok lahko vpliva na večje spremembe. V nasprotju torej z obdobjem pred zajezitvijo so vodostaji precej višji, kar se odraža v prostranejšem jezeru. Vkljub predvidenemu in doseženemu znatnemu izravnavanju vodostajev ter na videz počasnejšemu praznjenju pa sedanja zajezitev omogoča ali pa celo pospešuje praznjenje jezera pri nižjih vodostajih in po določeni sušni dobi.

V območju Cerkniškega jezera ločimo dvojje različnih pritočnih strani. Razlikujeta se po količini in zlasti po režimu. Z dolomitnega severovzhodnega obrobja pritekajo v jezero manjši pritoki, ki imajo površinsko zaledje kot Cerkniščica ali kraško kot Žerovniščica in Šteberščica. Vse te vode nikoli povsem ne presahnejo in iz njihovega zaledja se razen manjših izgub, npr. v dolini Cerkniščice med Begunjami in Dolenjo vasjo, prelivajo na Cerkniško polje. Pri praznjenju jezera se te vode izgublajo v ločenih požiralnikih od Nart in Svinjske jame ter Karlovice, kjer ponika Cerkniščica, pa mimo Retja, ki požira Žerovniščico s pritoki, do Ponikev v strugi Stržena, kjer tudi ob največji suši teče in se izgublja Šteberščica oziroma Lipsenjščica.

Lastne ponikve imajo tudi majhne vodice, ki izvirajo ob vznožju Javornikov od Laz do Ušive loke. Tresenc ponika v Lovišču, Otoški obrh in Mrzlik v Česlenci, Suhadolica in izviri pri Ušivi loki pa napajajo požiralnike pri Rešetu. Iz Javornikov in zlasti iz Loške doline pritekajo visoke kraške vode in prav

to obrobje Cerknškega jezera predstavlja drugo dotočno področje s povsem kraškimi značilnostmi, z neposrednim vlivanjem v jezero, kar onemogoča merjenje vodnih količin.

#### OPAZOVANJE PRESIHANJA

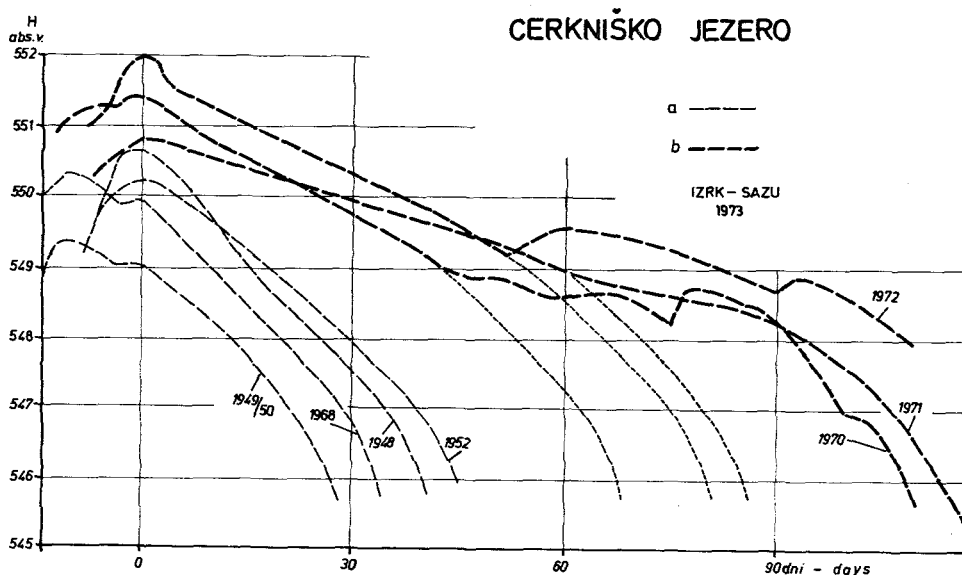
Najmočnejši izviri ob suši povsem presahnejo, kar povzroča veliko nihanje v dotokih na jezero in vse posledice, ki so s tem v zvezi kot so poplave in suše. Ob suši vse vode poniknejo že v zgornjem delu Cerknškega polja, skromni potoki so v tem času izrednega pomena zlasti za ohranitev ribjega zaroda, zato ribiči na vse načine skušajo zadržati nizko vodo na površju, da bi rešili ribji zarod, ki v množinah poginja ob presihanju jezera.

Ko po suši pritoki spet narastejo, voda postopoma zaliva požiralnike. Stržen najprej zalije Srednjo, nato Veliko in Malo ponikev. Ko požiralniki Male ponikve ne zmorejo več Stržena, odteka ta dalje proti Sitarici. Tudi Sitarica je kmalu napolnjena in Stržen teče dalje proti Rešetu. Ko se nivo Stržena pri Sitarici dovolj dvigne, se del vode prelije v strugo, ki vodi k Vodonosu. Predno pa voda doseže Vodonos, zaliva po strugi manjše požiralnike v območju Bečkov. Tudi v samem Vodonosu so potopljeni najprej vzvodni požiralniki, ko pa doseže voda zadnji požiralnik Vodonosa, Tilovo jamo, so že vsi požiralniki v območju jezerskega dna potopljeni. Voda se razlije po polju in le v smeri proti Jamskemu zalivu odteka še po strugi Stržena.

Ko se polnijo Ponikve in drugi požiralniki ob Strženu, se pojavi voda tudi v Zadnjem kraju. V Gebnu, Zajcovkah, Bobnaricah in v Kotlu se dvigne iz estavel, Češljenco pa zalije potok Obrh z Mrzlikom. Kolikšen je dotok vode v Zadnji kraj neposredno izpod Javornikov je skoraj nemogoče ugotoviti, prav tako še ne poznamo izdatnosti edinega robnega kraškega izvira v Zadnjem kraju Vranje jame, ki bruha vodo le kratek čas po deževju, podobno kot Suhadolca nasproti Rešeta. Kraški pritoki izpod Javornikov so le redko tolikšni, da sami napolnijo Zadnji kraj. Največkrat priteka vanj ob naraščanju jezera voda, ki se razlije iz Stržena. Pretakanje vode ob polnjenju v Zadnji kraj, ob praznjenju pa iz njega je najlepši dokaz o razmeroma skromni izdatnosti izvirov pod Javorniki v tem delu jezera. Menjavanje toka najlepše opazujemo pod mostom v Vratih med Otokom in Drvoščem.

Pred Rešetom je struga Stržena precej vijugava in v naplavinah je izoblikovana plitva globel. Iz nje se preliva Stržen proti Jamskemu zalivu šele pri nekaj višji gladini, ko je Rešeto že v celoti zalito. Največkrat ne naraščajo pritoki v jezero hkrati in enakomerno. Kadar Cerknšičica hitreje naraste kot Stržen, lahko priteče prav do Rešeta mimo Karlovic, Svinjske jame, Kamenj in Nart. Večinoma pa Stržen in Cerknšičica hkrati zalijeta navedene požiralnike v Jamskem zalivu. Njihova požiralna sposobnost pa je omejena in zato tudi voda iz jezera počasneje odteka kot je pritekla.

Pred zaježitvijo je jezero upadalo v normalnih pogojih praznjenja od 5 do 10 cm ali povprečno 7 cm na dan. Po zaježitvi se je dnevno zniževanje zmanjšalo, leta 1970 na 6 cm, leta 1971 ni bilo normalnih pogojev presihanja in se je jezero zniževalo povprečno 4 cm na dan, leta 1972 pa je dnevno zniževanje gladine znašalo povprečno 5,8 cm, ker so bile zaježene Narte in tudi odtok skozi odtočni kanal v jezu Velike Karlovice je bil zaježen (sl. 49).



Sl. 49. Hidrogrami praznjenja (usihanja) Cerknškega jezera; a — pred zaježitvijo robnih ponorov, b — po zaježitvi

Fig. 49. Emptying (drying up) hydrogrammes of Cerknško jezero (Lake of Cerknica); a — before damming up the border ponors, b — after damming up

Glede na različno zniževanje vodne gladine smo skušali izračunati tudi podaljšanje jezera na račun dejanskega praznjenja v obravnavanih letih. Leta 1970 bi se v normalnih razmerah brez zaježitve znižalo jezero do kote 548 m 17 dni prej, leta 1972 pa 25 dni prej. Te številke nam predstavljajo le razliko v hitrosti praznjenja, ne pa dejanskega podaljšanja, ki je bilo doseženo z zaježitvijo odtoka. Koliko dalj pa v celoti trajajo poplave po zaježitvi ponorov, je mogoče izračunati le na podlagi sprememb v odtočni krivulji jezera pred in po zaježitvi. Potrebujemo torej čimbolj natančne podatke o požiralni sposobnosti vseh ponorov in potrebujemo tudi podatke o spremembi vodne mase v jezeru. Točnih podatkov žal še nimamo, potrebne so nadaljnje meritve pretokov in čim boljše registracija vodne gladine. Takšne meritve in opazovanja niso poceni in zato je tudi od razpoložljivih sredstev odvisno, kdaj bo mogoče izdelati natančnejšo vodno bilanco jezera in uravnavati višino jezera po potrebah in željah.

Med poskusom smo skušali spremljati vsakokratno praznjenje in presihanje jezera prav do izpraznitve ponikev na dnu jezera.

Ko se zmanjša dotok Stržena v Jamski zaliv, se izpraznijo najprej požiralniki pri Svinjski jami in Kamnju, struga Stržena se skoraj povsem posuši. Cerknšičica teče še do Svinjske jame, Stržen pa se od Nart proti Kamnju počasi izgublja v strugi, dokler gladina v območju Rešeta toliko ne upade, da se povsem prekine odtok proti Jamskemu zalivu, kar se zgodi nekako pri koti 547,5. Poplavne vode se na območju jezera skoraj povsod umaknejo v strugo Stržena, le v Zadnjem kraju je še sklenjena jezerska površina. Pri višini

547,20 se prekine odtok Stržena proti Vodonosu in voda v požiralnih kotanjah razmeroma hitro odteče v podzemlje. Usihanje Vodonosa traja le nekaj dni, ni pa vedno enaka, odvisna je pač od hitrosti upadanja pretoka v Strženu.

Tri dni za Vodonosom presahne Rešeto. Presihanje je nekoliko spremenjeno z jezom, ki so ga zgradili poleti 1969 ribiči. Požiralna kotanja v območju Rešeta se izprazni, ko pretok po strugi mimo jezua upada pod 700 do 800 l/s. Manjše količine nato nemoteno ponikajo v bližnjih požiralnikih za jezom. Zajezena voda počasneje presiha v novih požiralnikih pred jezom. Ko pa dotok vode iz Stržena poneha, odteče tudi zajezena voda. Predno je bil zgrajen omenjeni jez, je Stržen v celoti poniknil v Sitarici pri Goričici že dan po presahnitvi Rešet. Tudi do Sitarice priteka nato Stržen le še dan ali dva, dokler se dotok toliko ne zmanjša, da se celotni Stržen izgubi že v Mali ponikvi. Podobno kot v drugih ponikvah se tudi gladina v požiralni kotanji Male ponikve dan ali dva znižuje, dokler se te kotanje povsem ne izpraznijo in potoček nemoteno ponika v bližnjem požiralniku. Že naslednji dan po izpraznitvi Male ponikve se prekine tok Stržena pri Srednji ponikvi, kjer lahko odteče v podzemlje do 500 l/s. Višje ob strugi Stržena je še Velika ponikva, ki podobno kot Mala presahne, ker je odtok iz Stržena vanj zajezen z majhnim jezom. Stržen teče mimo izpraznjene Velike ponikve do Srednje ponikve tudi ob največji suši, pretok pa se zmanjša na komaj dobrih 20 l/s, kot smo lahko ugotovili leta 1971.

Značilno presihanje jezera smo podrobno opazovali že leta 1969. Vodonos je tedaj presahnil 26. 7., Rešeto 3. 8., Sitarica 4. 8., Mala ponikva 6. 8., Velika ponikva 7. 8. Dne 9. 8. je presahnil severni del Zadnjega kraja v območju Gebna, 10. 8. je odtekla voda iz Kotla, 11. 8. pa je presahnilo Lovišče pri Otoku (sl. 50).

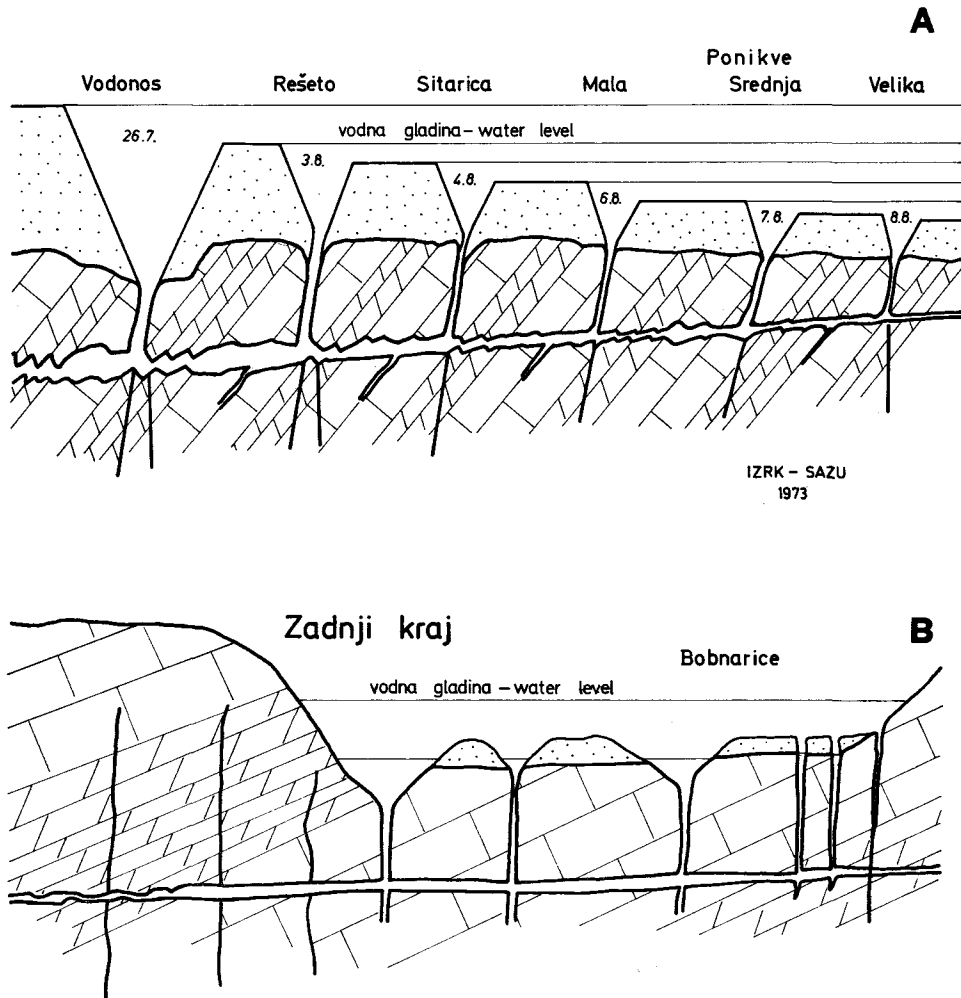
Obenem s postopnim presihanjem posameznih požiralnih območij v dnu jezera smo opazovali zniževanje vodne gladine v Zadnjem kraju in ga primerjali z zniževanjem Stržena pri mostu (sl. 51). V času, ko je usihala voda v Vodonosu in Rešetu, se je v Zadnjem kraju zniževala gladina za 10 do 15 cm na dan, in omenjenih ponikvah pa se je znižala gladina tudi za dober meter na dan. Do 6. 8., ko je presahnila Mala ponikva, je upadla gladina v Zadnjem kraju še za 50 cm, ko pa je odtekla tudi voda iz Velike ponikve, se je v Zadnjem kraju umaknila v podzemlje več kot 8 do 10 m globoko. Zanimivo je, da se Zadnji kraj izprazni redno šele po presahnitvi ponikev ob strugi Stržena. Očitno Stržen vzdržuje gladino v Zadnjem kraju in ne samostojen dotok izpod Javornikov. Podobno je tudi v Lovišču pri Otoku, ki presahne, ko se izprazni Kotel, medtem ko potok Tresenc ne vpliva na gladino vode v požiralnih kotanjah Lovišča.

Nenadno in različno znižanje vodne gladine v posameznih požiralnih kotanjah smo v naslednjih sušnih obdobjih ponovno opazovali in merili razlike v vodnih gladinah med Zadnjim krajem in Strženom pri mostu ob Goričici.

Zadnji kraj je posebna morfološka enota Cerknškega jezera, ki se poleg pokrajinskih značilnosti tudi v hidrološkem pogledu razlikuje od preostalega večjega dela jezera.

Pri visoki vodi je videti Zadnji kraj kot odmaknjen zaliv velikega jezera. Ko pa voda s pretežnega dela jezera odteče in se vrne v strugo Stržena, je v Zadnjem kraju poslednja jezerska površina. Polotok Drvošec in Otok sta varovala Zadnji kraj pred zasipanjem in tako je na skalni podlagi v tem delu Cerknškega jezera najmanj naplavin, jezersko dno pa najnižje. Niže segajo na

## CERKNIŠKO JEZERO



Sl. 50. Shematski vzdolžni prerez ponikov na dnu Cerknškega jezera in potek njegovega presihanja leta 1969 (A), shematski prečni prerez Zadnjega kraja (B)

Fig. 50. Schematic longitudinal section of ponors in the bottom of Cerknško jezero and the course of its drying up in the year 1969 (A), schematic cross section of Zadnji kraj (B)

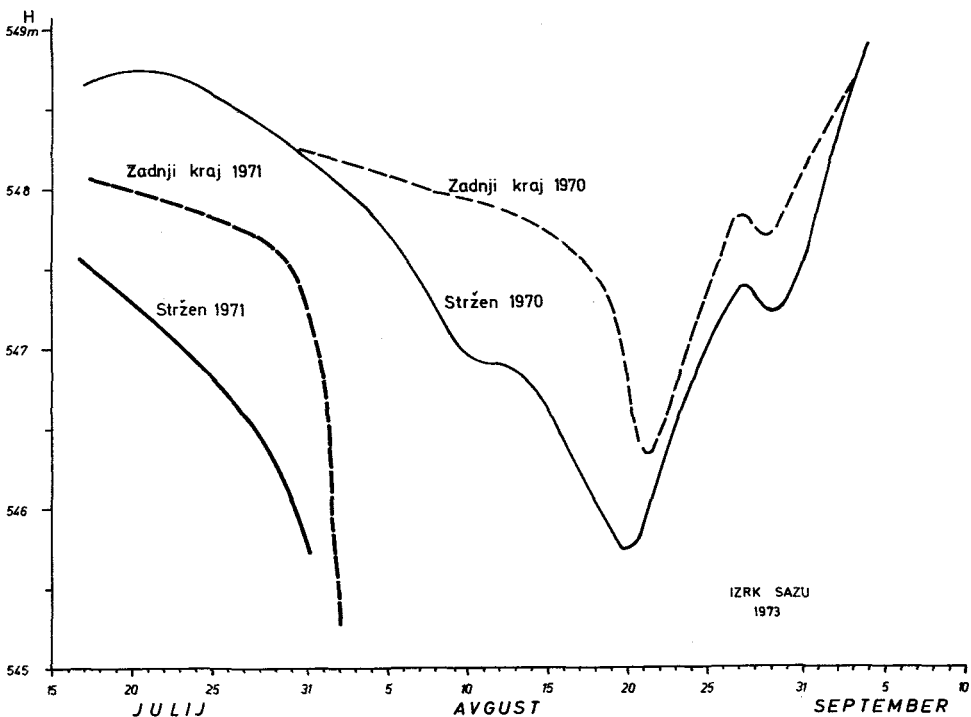
območju Cerknškega jezera le posamezne požiralne kotanje kot Rešeto, Vodnos in druge.

Za najtrajnejše zadrževanje jezera v Zadnjem kraju pa ni odločilno le nizko jezersko dno, temveč tudi posebne hidrogeološke razmere. Vodna gladina ob

upadanju ostaja v Zadnjem kraju više od gladine v strugi Stržena in v ponikvah ob njem.

Pri presihanju se najprej izpraznijo požiralniki, ki jih voda ob naraščanju jezera poslednje zalije. Prav tako pa zadnji presahnejo požiralniki, ki jih voda najprej zalije. Medtem ko nastajajo razlike v višini vodne gladine med posameznimi požiralniki ter med njimi in Zadnjim krajem, pa niha v Zadnjem kraju samem vodna gladina v vseh estavelah enako ali pa vsaj z zelo majhnimi razlikami, da jih doslej še nismo zapazili. Potrebne bi bile natančne meritve vodostajev v posameznih požiralnikih ob presihanju Zadnjega kraja, zlasti bi morali primerjati gladini v Gebnu in Kotlu ter Češlenci. V splošnem pa vodna gladina v Zadnjem kraju enakomerno upada in se počasi znižuje, dokler se ne pokaže uravnjeno dno, nato pa gladina razmeroma hitro upade tudi več metrov pod površje. Po naravnih votlinah vodi ne moremo slediti, zato tudi ne vemo, kako globoko pod površje se zniža gladina vode po dolgotrajni presahnitvi jezera.

### CERKNIŠKO JEZERO



Sl. 51. Primerjava vodostajev Stržena in Zadnjega kraja ob usihanju in polnjenju leta 1970 in 1971

Fig. 51. Comparison of Stržen and Zadnji kraj water levels during drying up and filling in the years 1970 and 1971



Podobno kot presiha, voda v Zadnjem kraju tudi narašča. Razen površinskega dotoka v Kotel, ko Obrh in Mrzlik zalijeta požiralnike Češlence, se dviga voda iz estavel, navpičnih špranj in razpok, ki jih je največ ob zahodni strani Zadnjega kraja. Pretoka pa v teh estavelah ne opazimo, le gladina se polagoma dviga, dokler ne zalije voda vsega površja. Značilna je oblika in razporeditev estavel in špranj. Največ jih je in najgloblje so ob zahodni strani Zadnjega kraja, ki je po vseh znakih sodeč pritočna. Na vzhodni strani so kraške globeli v dnu nekoliko drugačne in ob vznožju Drvošča bolj podobne požiralnikom kot estavelam.

Ob zahodnem bregu v srednjem delu Zadnjega kraja je Vranja jama edini pravi kraški bruhalnik. Posebnost tega bruhalnika je stalna voda, ki se zadržuje kmalu za vhodom in zaliva sifonski rov. Voda v 20 m globokem sifonskem jezeru le malo niha in ko v neposredni bližini upade za deset in več metrov, ostane v Vranji jami v isti višini. Zdi se, da je to ujeti sifon, ki je bodisi zablaten v dnu ali pa je izoblikovan v manj propustnem dolomitnem vložku.

S podobnim pojavom lokalno zajezone vode kot pri Vranji jami se srečamo tudi v jami Suhadolci severno od Zadnjega kraja onstran Klinjega vrha (617). Morda so tudi stalni izviri Mrzlik, Otoški obrh, Tresenc in manjši studenci pri Lazah vezani na manj propustne dolomitne plasti, ki leže med jurskimi apnenci in so v tem delu zelo pogostni (R. G o s p o d a r i č 1970). Različna propustnost skalne podlage vključ lokalni izdatni prevotljenosti je po našem mnenju tudi vzrok za zastajanje vode v Zadnjem kraju in za nastajanje razlik v vodni gladini ob presihanju jezera.

Prečni podzemeljski odtok iz Zadnjega kraja pod Drvošcem nakazujejo številni pojavi. Najprej opozarjajo nanj lokalni zatrepi s požiralnimi kotanjami ob vzhodni strani Zadnjega kraja in strmem vznožju Drvošča. Ta je na več krajih nižan in nizki prevali so po nastanku sorodni s pretržji v ravnini polja na obeh straneh Otoka in pri Goričici. V Vratih smo opazovali površinsko pretakanje vode med Jezerom in Zadnjim krajem, tudi vrsta kotanj v dnu od Češlence proti severovzhodu nakazuje cono izdatnejše zakraselosti v tej smeri in nanjo je navezan tudi podzemeljski tok. Z barvanjem Češlence je celo dokazan tok pod površjem polja v smeri proti Bistri in Ljubljanci. Nekaj višja kot Vrata sta prevala sredi Drvošča in ob njegovem korenu. V obeh prevalih so izoblikovane večje vrtače in v njihovem dnu se pojavlja voda, ko se gladina v Zadnjem kraju dovolj dvigne. Na zahodni strani Drvošča pa je niz estavel, ki jih zaliva voda ob naraščanju jezera prej, preden se vanje prelije poplavna voda iz Stržena. Vanje lahko priteče le voda iz Zadnjega kraja pod Drvošcem.

Postopno praznjenje posameznih ponikev ob Strženu si moremo razložiti z različno prepustnostjo posameznih odsekov v mreži podzemeljskih kanalov. Očitno so požiralniki v dnu jezera povezani s kanali pod površjem, katerih propustnost narašča v smeri odtoka proti severu. Pri polnjenju jezera voda najprej zalije estavele in požiralnike ob vznožju Javornikov, ko ti ne morejo več požirati, se voda začne prelivati v naslednjo skupino požiralnikov, dokler ne zalije vseh. Obratno je pri praznjenju, ko se prekine površinski dotok, voda iz ponikev naglo odteče. Ker je vodna gladina v zvodni ponikvi višje kot v izpraznjeni, sklepamo, da je prepustnost vmesnega podzemeljskega kanala manjša od prepustnosti kanala nizvodno od izpraznjene ponikve. Le v tem primeru lahko nastane takšna razlika v gladini. Postopno praznjenje ponikev je

tedaj pogojeno s pojemajočo prepustnostjo podzemeljskih kanalov proti izvorni strani polja. Razmeroma naglo izpraznjenje požiralnih kotanj kaže na sorazmerno večjo prepustnost vertikalnih odsekov v ponikvah. Takšne razmere so pogojene z geološko zgradbo, kjer se menjavajo plasti jurskega dolomita in apnenca. Predvidevamo, da so v dolomitih kanali precej ožji kot v apnencih, v katerih so izoblikovane požiralne kotanje. Podobno pripisujemo dolomitu v območju Drvošca glavno vlogo v zajezevanju Zadnjega kraja in zadrževanju praznjenja v primeri s ponikvami na odprtem polju. V Zadnjem kraju pa se gladina enakomerno znižuje v vseh kotanjah, ker med njimi ni manj prepustnih dolomitov, tako predstavlja Zadnji kraj hidrogeološko enoto, ki jo loči od polja bolj dolomitni hrbet Drvošca (sl. 50). Na ta način si razlagamo enakomerno zniževanje vodne gladine v Zadnjem kraju, ko hkrati to zniževanje zaostaja za zniževanjem gladine v ponikvah onkraj Drvošca. Različno zniževanje gladin se začne, ko preneha površinsko prelivanje med Otokom in Drvošcem, dno v Vratih je nekako v višini 548,5 m. Rezultati meritev v letih 1970 in 1971 so prikazani na skici. Razlika v višini vodne gladine postopoma narašča od 0 do 1,5 m. Ko presahnejo Ponikve ob Strženu se tudi voda v Zadnjem kraju umakne v nedostopne špranje v podzemlju. Nadaljnega zniževanja vodne gladine v kraškem podzemlju ni mogoče opazovati brez ustreznih vrtin, koristni pa bi bili podatki o najnižji gladini kraške vode pod Cerkniškim poljem ob suši. Pri polnjenju jezera se gladina vode naglo dvigne iz podzemlja in razlike se kmalu izravnavajo. Iz tega sklepamo na razmeroma majhno prevotljenost skalnega dna polja, kar se sklada tudi z opazovanjem in meritvami pretokov in požiralne sposobnosti celotnih ponikev.

Izravnavanje gladine med Zadnjim krajem in ostalim jezerom smo večkrat opazovali in merili, vendar so podatki o pretakanju vode v Vratih kaj različni. Pri polnjenju in naraščanju se voda preliva v Zadnji kraj, kar kaže, da je neposredni dotok izpod Javornikov manjši od pritoka iz razlitega Stržena. Pri praznjenju jezera se gladina vode iz Zadnjega kraja odteka, kar kaže, da se ta del lažje površinsko prazni kot podzemeljsko.

Dne 3. 8. 1970 je teklo iz Zadnjega kraja okrog 500 l/s, kar bi pomenilo 6 cm znižanje gladine dnevno, ta pa se je znižala za 10 cm, razliko v izpraznjenju moremo pripisati podzemeljskemu odtoku pod Drvošcem. Za podrobnejšo analizo površinskega in podzemeljskega odtoka iz Zadnjega kraja bi potrebovali natančnejšo registracijo spreminjanja vodne gladine in kolikor mogoče točne podatke o pretakanju vode v Vratih, za kar pa bi potrebovali posebne merilne in registrirne naprave.

#### NEPOSREDNE MERITVE PRETOKOV IN POŽIRALNOST PONIKEV

Dne 21. 8. 1969 je teklo pod mostom pri vodomeru ( $H = 88$ ) proti Rešetu 10 l/s, v izpraznjenih požiralnikih je voda nemoteno ponikala. Pretok Stržena pri Veliki ponikvi je znašal 2,3 m<sup>3</sup>/s, pred Sitarico pa le še 0,5 m<sup>3</sup>/s. V Mali in Srednji ponikvi je poniknilo nad 1,5 m<sup>3</sup>/s, Sitarica pa je požirala okrog 0,5 m<sup>3</sup>/s. Retje je požiralo okrog 300 l/s. Naslednji dan je deževalo, Stržen je narastel pri mostu na  $H = 105$  ob 15. uri in iz Suhadolice je tekla voda. Jezero se je napolnilo in je 29. 8. doseglo na vodomeru pri mostu  $H = 356$ .

Po visoki vodi v septembru je zajezeno Rešeto presahnilo 13. 10. 1969, medtem ko se je Vodonos zaradi ribiškega jezua pri Rešetu posušil šele 15. 10.

Retje je bilo tedaj še zalito do roba. Dne 27. in 28. 10. je odteklo zajezeno jezero pred Rešetom, ko se je odprl požiralnik v naplavinah pred jezom.

Dne 29. 10. 1969 je imel Loški obrh še 750 l/s pretoka in je ponikal v strugi precej pred Golobino, Stržen pri Gorenjem Jezeru je imel tedaj le 30 l/s. Po podatkih HMZ je imela Šteberščica ta dan okrog 100 l/s, prav toliko pa tudi Žerovniščica. Prva je ponikala v Srednji ponikvi, druga pa v Retju.

Dne 10. 11. 1969 se je začela prelivati voda iz Stržena pri Sitarici v požiralnike Bečke, ki so razvrščeni ob strugi v smeri proti Vodonosu. Voda je postopoma polnila požiralnik za požiralnikom, ko je pretok naraščal od 0 do 400 l/s. Tudi polnjenje Češence in Kotla se je začelo 10. 11. Najprej sta Mrzlik in Otoški obrh napolnila Češenco. Ko je dotok presegal 200 l/s se je začela voda prelivati iz Češence proti Kotlu. Dne 12. 11. se je napolnil Kotel in celotni Zadnji kraj, voda je tedaj tekla nazaj proti Češenci, kjer je gladina medtem že nekoliko upadla. Dne 14. 11. je dež povečal pretoke Obrha in Mrzlika, Češence in Zadnji kraj sta se napolnila, višek vode pa se je začel prelivati skozi Vrata proti Strženu (R. G o s p o d a r i č 1970).

Pretoke pri ponikvah v dnu jezera smo ponovno merili v začetku avgusta 1970, ko se je jezero praznilo. Dne 4. 8. je bila gladina po vodomeru pri mostu pred Goričico na koti 547,82, ko je v požiralnik Tilove jame pri Vodonosu teklo 220 l/s. Dne 6. 8. so bile z meritvami ugotovljeni naslednji pretoki:

Obrh pri Danah	750 l/s	
Stržen pri Gor. Jezeru	650 l/s	<b>H = 81</b>
Pretok v jarku pri Rešetu	850 l/s	gladina na obeh straneh jezua enaka
Pretok pred Vodonosom	800 l/s	<b>H = — 33 ali H = 196 most</b>
Zadnji požiralnik Tilove jame	180 l/s	
Cerkniščica v Dolenji vasi	200 l/s	
Žerovniščica	100 l/s	
Lipsenjščica	150 l/s	
Otoški obrh	18 l/s	
Mrzlik	20 l/s	
Rak pod sotočjem s Kotlički	1,2 m <sup>3</sup> /s	<b>H = 242</b>

Celotni dotok v jezero je ocenjen na 1,2 do 1,5 m<sup>3</sup>/s. Odtok iz jezera skozi robne požiralnike 3 do 4 m<sup>3</sup>/s.

Dne 8. 8. so se pretoki še nekoliko znižali. V Tilovo jamo je teklo pri  $H = -34$  le 5 l/s. Naslednja dva dni je deževalo in pretok Stržena se je dne 11. 8. vseeno znižal na 750 l/s, gladina v območju požiralnikov se je znižala za 60 cm, vodomer na mostu  $H = 136$ . Dne 12. 8. je znašal pretok v Rešeto 740 l/s, gladina pa je bila 150 cm nižja v območju požiralnikov, vodomer pri mostu  $H = 134$ . Naslednji dan 13. 8. sta bila Vodonos in Rešeto že brez vode, vodomer pri mostu  $H = 128$ . Voda je v naslednjih dneh postopoma upadala, 21. 8. pa je dež zaustavil presihanje in vode so napolnile jezero. Zaradi raziskav drugod na krasu nismo utegnili opazovati ponovnega presihanja jezera sredi oktobra 1970. Dne 19. 10. smo izmerili naslednje pretoke:

Unica Hasberk	3200 l/s	H = 30
Logaščica	50 l/s	H = 206
Hribščica	130 l/s	
Primcov Studenec	90 l/s	
Lubija	1000 l/s	
Bistra	2500 l/s	H = 31
Ljubljanka	2800 l/s	H = 204
M. Ljubljanka	500 l/s	
Lipsenjščica	50 l/s	H = 19
Žerovniščica	60 l/s	
Rak	40 l/s	
Kotliči	10 l/s	

Dne 21. 10. je padel prvi sneg, nato pa se je vreme spet ustalilo. Dne 22. 10. je Stržen pri mostu narastel ob 11,30 uri na  $H = 24$ , ob 13. uri pa že na  $H = 46$ . V Češlenco je teklo okrog 50 l/s in voda se je zadrževala v glavni požiralni kotanji. Tudi v Kotlu je začela naraščati. Dne 24. 10. je bila med mostom pri Goričici in Sitarico struga suha. Stržen je ponikal v strugi pred Sitarico, od Male ponikve dalje je teklo le 10 l/s. Druge ponikve ob Strženu so bile zalite. Stržen pri Gornjem jezeru je imel 700 l/s, Lipsenjščica okrog 150 l/s vode. Ponikve so tedaj požirale nekaj nad  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Dne 29. 10. 1970 smo izmerili naslednje pretoke Stržena pri ponikvah:

Pred Veliko ponikvijo	480 l/s
Velika ponikve	120 l/s
Srednja ponikve	240 l/s
Mala ponikve	120 l/s

Lovišča so bila ta dan prazna in vanje je ponikal Tresenc z okrog 6 l/s, Zadnji kraj je bil suh. V naslednjih dneh so presahnile ponikve, Stržen je tekel do Srednje ponikve. Jezero se je začelo ponovno polniti 14. 11. 1970.

Praznjenje jezera smo zasledovali tudi poleti 1971. Dne 17. 7. je bilo jezero na koti 547,56 ali po vodomeru Stržena pri Goričici  $H = 200$ , Rešeto je bilo še zalito, pri Vodonosu pa je komaj še tekla voda v Tilovo jamo. Dne 20. 7. je bilo jezero na koti 547,28, po vodomeru  $H = 172$ , v Rešeto je teklo še okrog 800 l/s in gladina je bila še na obeh straneh jezera enaka. Stržen je tekel mimo Nart z  $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$  do ovinka med Kamnjem in Svinjsko jamo. Cerkniščica je s pretokom okrog 200 l/s v Dolenji vasi tekla še malo naprej od Svinjske jame proti Kamnjem. Po vodomeru Slivice je imel Rak  $H = 200$  še okrog 400 l/s pretoka in je ponikal pred Velikim naravnim mostom. Temperatura Stržena je bila  $22,7^\circ$ , Cerkniščice  $17,4^\circ$ , Raka pa  $19,2^\circ \text{ C}$ , kar hkrati s pretoki kaže na medsebojno povezanost jezerske vode in Raka. Zanimive so tudi temperature vode v Planinski jami in sicer je imel Rakov rokav dne 21. 7.  $9,2^\circ \text{ C}$ , Pivški pa  $11,3^\circ$ , razmeroma visoke temperature pa smo izmerili v izvirih Ljubljance še 22. 7. 1971:

Bistra	14,2°	H = 58
Lubija	14,0°	H = 168
Retovje	12,8°	
V. Močilnik	11,2°	

Takšna razporeditev temperatur voda v podzemlju nakazuje povezanost izvirov s Cerkniškim jezerom. Vodonos je presahnil 25. 7. 1971, Rešeto pa naslednji dan. Voda v Gebnu je upadla 2. 8., Kotel in Češlenca pa sta presahnila 4. 8., takoj naslednji dan pa tudi Lovišče. Nekaj vode je ostalo še pred jezom pri Rešetu do 8. 8., potem pa se je tudi tam umaknila v podzemlje in suša je trajala do srede novembra.

Dne 5. 11. 1971 smo izmerili nizke vode Cerkniščice:

pri Selščku	150 l/s
pri Begunjski žagi	90 l/s
pri mostu v Brest	70 l/s
pod Dolenjo vasjo	40 l/s

Od Retja do Sitarice je po umetnem jarku, ki so ga to leto izkopali ribiči, priteklo 5 l/s, nakar se je voda izgubila v strugi Stržena. V Srednjo ponikev je teklo 10 l/s, Otoški obrh je napajal Češlenco s 5 l/s. V Suhadolici je imel potoček 2 l/s pretoka, je pa že v jami tudi poniknil in se ni več prikazal v strugi pred Rešetom. Tresenc je imel 2 l/s vode, v Golobini pri Danah pa smo dosegli gladino vode v sifonih na koti 542, medtem ko je imel Obrh pred Danami 250 l/s pretoka.

V dneh 6. in 7. 11. 1971 smo izmerili naslednje pretoke:

Unica pri Hasberku	1800 l/s	
Rovtarica	3 l/s	
Petkovec	1 l/s	
Hotenjka	0,7 l/s	H = 18
Bistra	1300 l/s	H = 147
Lubija	700 l/s	H = 249
V. Ljubljana	1000 l/s	H = 98
M. Ljubljana	140 l/s	
Hribščica	120 l/s	
Primcov studenec	60 l/s	

Kraški izviri Ljubljane so imeli skupaj 3,3 m<sup>3</sup>/s. To so v tem opazovalnem obdobju najnižje vode. Tudi v jamah smo ugotovili v jeseni 1971 izredno nizke vode, izmerili smo jih v Tkalcu jami, v Gradišnici, v Hublju in drugod.

Deževati je začelo 8. 11., vendar na jezeru še po dveh dneh niso pritoki narastli. Dne 12. 11. je bil vodostaj pri mostu pred Goričico že na koti 547,10 ali H = 154, medtem ko je bila voda v Zadnjem kraju ta dan še na koti 545,48.

V Rešeto se še ni prelivala, pač pa je tekla v Vodonos. Višja gladina v Strženu in Vodonosu kot v Zadnjem kraju je izjemna in takšno stanje traja lahko le kratek čas pri polnjenju, ko še niso v celoti zaliti kanali pod poljem.

Na podlagi navedenih meritev in opazovanj lahko ocenimo minimalne prитоke na Cerkniško jezero in jih primerjamo z vodami v porečju Ljubljaniце. Vsi potoki skupaj imajo na Cerknškem polju ob suši le okrog 300 l/s vode, ki priteka predvsem z Bloške planote. V Loški dolini je okrog 250 l/s vode, ki priteka iz severnega zaledja, medtem ko so izviri na javorniški strani popolnoma suhi.

Na Planinskem polju je 1800 l/s vode, ki se steka predvsem iz javorniškega zaledja. Če računamo z enakim specifičnim odtokom v vsem porečju Ljubljaniце (3 l/s/km<sup>2</sup>) potem bi pripadalo izvirom Unice okrog 600 km<sup>2</sup> kraškega zaledja. Mimo Planinskega polja odteka v izvire Ljubljaniце 1500 l/s, tej količini pa pripada 500 km<sup>2</sup> zaledja. Iz celotnega kraškega zaledja Ljubljaniце se preliva ob suši čez Planinsko polje dobra polovica vode. Povsem neznaten pa je delež nizkih voda na površju iz zaledja Cerknškega in Loškega polja. Očitno se celotno območje Javornikov ob suši odceja mimo Loškega in Cerknškega polja v izvire Unice. Vode iz Javornikov se začno prelivati na površje kraških polj šele pri višjih vodah, zato se hidrografsko zaledje polj ob nizkih in visokih vodah močno razlikuje, velike razlike pa so tudi v pretokih. Vodne bilance Cerknškega polja ni mogoče v celoti izračunati, še manj pa izmeriti.

Na podlagi podatkov o požiralnosti posameznih ponikev v dnu jezera, ki smo jih zbrali pri polnjenju in praznjenju jezera lahko ocenimo skupno požiralno sposobnost teh ponikev. Količna je njihova dejanska požiralnost pri visokih vodah pa doslej še nismo mogli ugotoviti.

Pregled maksimalne požiralnosti posameznih skupin ponikev v dnu jezera:

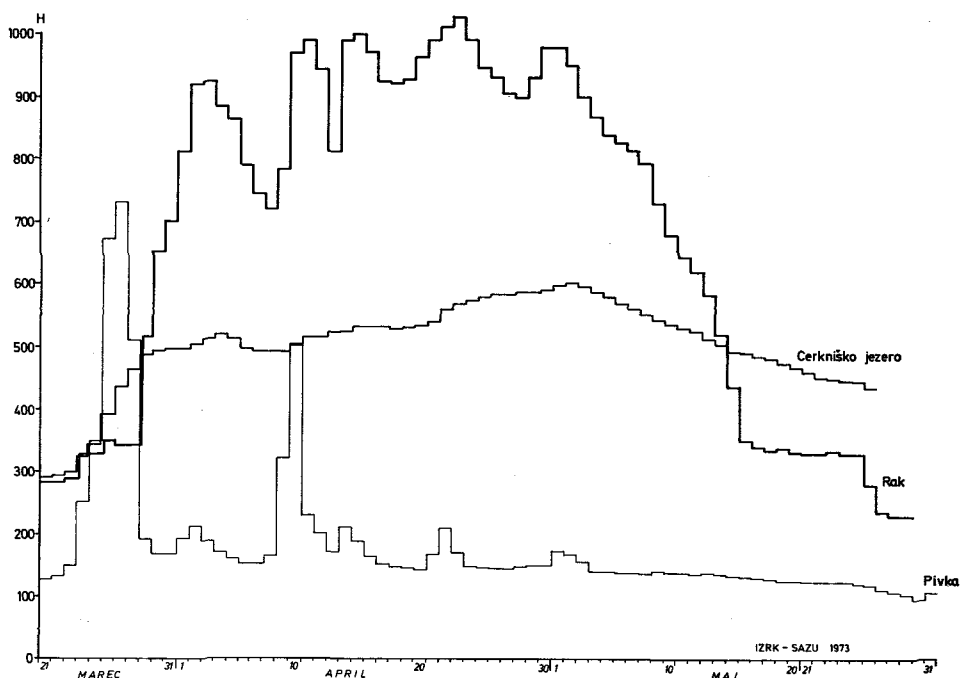
Rešeto	800 l/s
Vodonos	1500 l/s
Bečki	500 l/s
Sitarica	500 l/s
M. ponikve	1000 l/s
Sr. ponikve	500 l/s
Velike ponikve	200 l/s
Zadnji kraj	500 l/s
Češlenca	300 l/s
Kotel	200 l/s

Maksimalna požiralnost ponikev v dnu jezera bi po tem seštevku znašala okrog 6 m<sup>3</sup>/s. Glede na mehanizem teh ponikev lahko predpostavljamo, da požirajo pri polnem jezeru predvsem ponikve na obrobju jezera, medtem ko one v sredini ne delujejo z največjo močjo. To predpostavko pa bo treba s posebnimi raziskavami še preveriti. Za natančno določitev požiralnosti Cerknškega jezera, na katero edino lahko opremo nadaljnje hidrološke analize, bi bile te raziskave nujno potrebne.

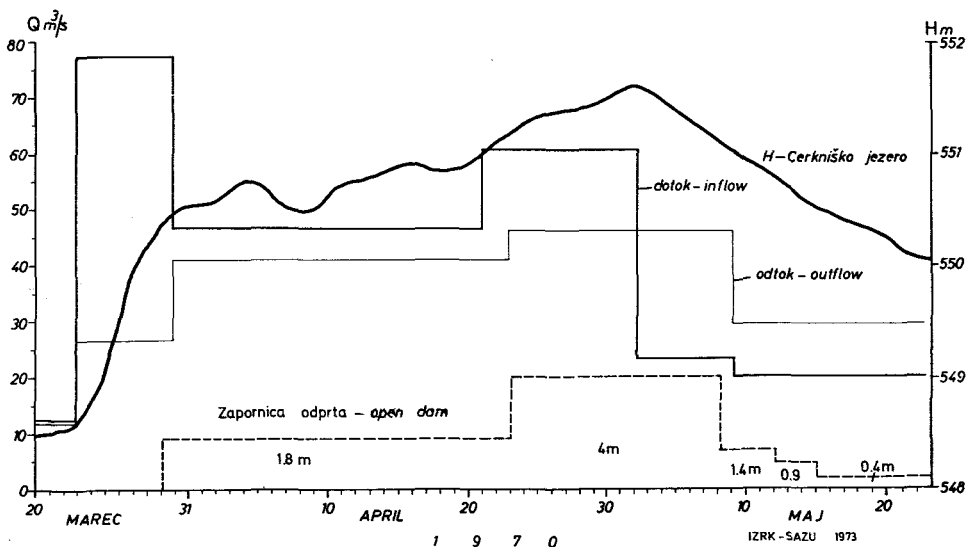
## PREUČEVANJE ODTOKA VISOKIH VODA

Prve podatke o odtoku visokih voda iz Cerknškega jezera v zajezenih in nezajezenih razmerah smo zbrali spomladi 1970. V zadnji tretjini marca 1970 so bile v porečju Ljubljanice izdatne padavine, predvsem v obliki dežja, le v višjih predelih Javornikov in Snežnika je še snežilo. Vode so naglo narastle kot kažejo priloženi hidrogrami (sl. 52). Jezero se je dvignilo nad 550 m in zato so zapornico 27. 3. 1970 odprli, toda le za polovico (1,8 m), ker se je pri dviganju zataknila. Deževalo je nato še večkrat in sicer v začetku in na kraju aprila. Cerknško jezero je ves čas naraščalo, vkljub napol odprti zapornici, sredi aprila se je začel izdatneje topiti tudi sneg v gorah, zato je jezero doseglo višek prve dni maja. Že 2. maja je začela voda enakomerno upadati, počasi pa se je izpraznila tudi Rakova dolina in do srede maja je odtekla dolgotrajna poplavna voda s Planinskega polja. Za to obdobje smo poskušali računsko ugotoviti dotok v jezero na podlagi razlik v akumulaciji in ob upoštevanju odtoka v Rakov Škocjan po pretočnici in maksimiranem odtoku v Bistro in druge izvire (sl. 53).

Ko so odprli zapornico pri Karlovi, je začela voda v Rakovem Škocjanu naglo naraščati in poplava je čez dva dni dosegla prvi višek, okrog 9 m po vodomernu. Po podatkih HMZ se je pretok Raka povečal od 24,5 m<sup>3</sup>/s dne 28. 3. na 42,6 m<sup>3</sup>/s 29. 3., pri najvišjih vodah pa naj bi dosegel pretok v Rakovi dolini



Sl. 52. Hidrogrami Cerknškega jezera, Pivke in Raka, od 21. 3. do 31. 5. 1970  
Fig. 52. Cerknško jezero, Pivka river and Rak river hydrogrammes from March 21 to May 31, 1970



Sl. 53. Hidrogrami Cerknjškega jezera z izračunanim dotokom in odtokom ob različno odprti zapornici, od 20. 3. do 23. 5. 1970

Fig. 53. Cerknjško jezero hydrogrammes with calculated inflow and outflow at differently opened barrier from March 20 to May 23, 1970

okrog  $54 \text{ m}^3/\text{s}$ . Meritve pretokov pri najvišjih vodah, ko je zalita vsa dolina Raka, niso enostavne. Pretočna krivulja je veljavna le za vodostaje do največ  $H = 350$  ali  $400$ . Pri višjih gladinah se pojavi zajezevanje in voda se začne razlivati po dolini in zastaja pred Tkalco jamo in Velikim naravnim mostom. Pretoke ob visokih vodah bi mogli meriti edino tik pred vhomom v Tkalco jamo, kjer pa je zelo težaven dostop. Potrebno bi bilo vgraditi merilne priprave tudi v najožjem delu Tkalce jame, ki bi stalno registrirale hitrosti vodnega toka. Toda takih naprav še nimamo.

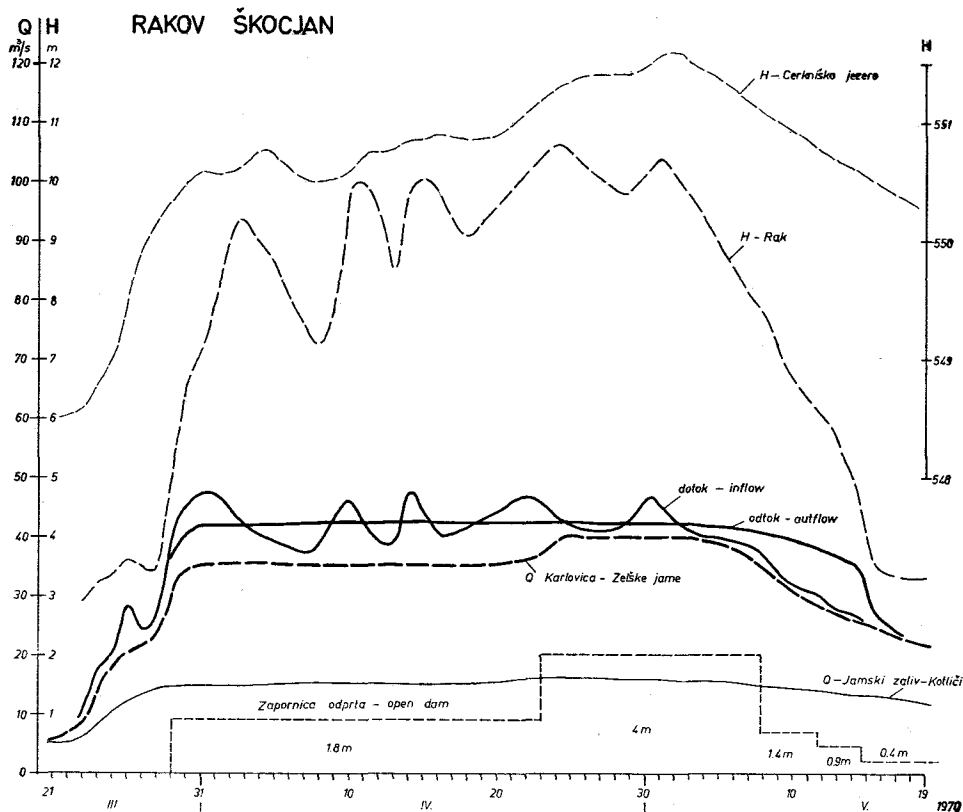
Ker nismo mogli meriti dejanskega pretoka v Rakovi dolini, smo primerjali le nihanje vodne gladine na Cerknjškem jezeru in v Rakovi dolini. Medtem ko je gladina na jezeru narastla in upadla le za  $1 \text{ m}$ , je voda v Rakovem Škocjanu nihala za  $2$  do  $3$  metre. To nihanje pa ni bilo neposredno odvisno le od nihanja gladine jezera, temveč je nanj predvsem vplival vmesni dotok iz Javornikov. Gladina v Rakovem Škocjanu je naglo narastla takoj po dežju in je začela že upadati, ko je naraščalo jezero. Očitno se po dežju naglo poveča pritok v Raka iz Javornikov, pozneje pa tudi naglo upade, takrat pa je pretok Raka odvisen le od višine jezera.

Znatnejše nihanje vodne gladine v Rakovi dolini si lahko razložimo z razmeroma majhno akumulacijsko sposobnostjo in z znatnejšimi razlikami med dotokom in odtokom. Če dotok znatno presega požiralno sposobnost, se v majhnem akumulacijskem prostoru voda naglo dvigne, ko pa se dotok zmanjša, tudi gladina naglo upade. Ob visoki vodi spomladi 1970 nismo mogli regulirati odtoka iz Cerknjškega jezera z zapiranjem zapornice, ker ta še ni bila dograjena.



Vkljub temu smo ugotovili, da se je 10. 1. 1970, ko so prvič spustili zapornico, zmanjšal pretok Raka od 40 na 22 m<sup>3</sup>/s ali za 18 m<sup>3</sup>/s pri gladini jezera na koti 549,80. Podoben pretok skozi Karlovico je bil opazovan tudi pri dvigu zapornice 28. 3. 1970, ko je Rak narastel od 24,5 m<sup>3</sup>/s na 42,6 m<sup>3</sup>/s po pretočnici za vodomer Slivice v Rakovem Škocjanu, jezero je bilo tedaj na koti 550,20. Odtok iz jezera je v naslednjih dneh rasel z višino jezera. Dne 4. 4. se je gladina povzpela na 550,76, pretok pa naj bi se po pretočnici povečal še za 10 m<sup>3</sup>/s. Ker nismo mogli meriti dejanskega pretoka, obenem pa tudi ne dotoka v Rakov Škocjan iz Javornikov, so to le cenitve, ki nakazujejo medsebojno odvisnost odtoka iz jezera in pretokov v Rakovem Škocjanu (sl. 54).

Predpostavljali smo, da bi z umetnim uravnavanjem odtoka skozi Karlovico lahko bolje spoznali vodne razmere v Rakovem Škocjanu. Zato smo v prvi polovici februarja 1971, ko so bile spet visoke vode, poskusno odprli Karlovico in merili ter opazovali pretoke v Rakovem Škocjanu in na jezeru 14 dni, medtem so vode enakomerno upadale in smo imeli ustaljen vodni režim.



Sl. 54. Hidrogrami Raka v Rakovem Škocjanu z dotokom in odtokom pri različno odprti zapornici, od 21. 3. do 19. 5. 1970

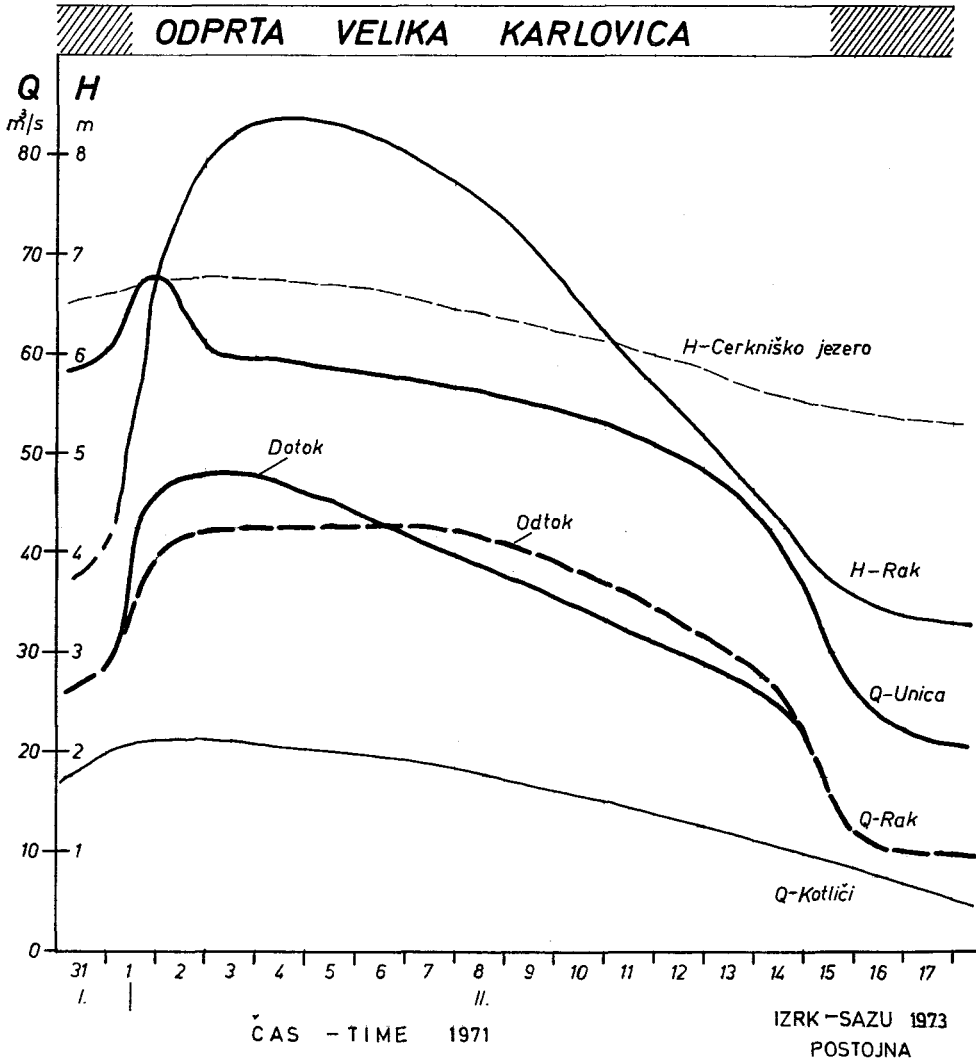
Fig. 54. Rak hydrogrammes in Rakov Škocjan valley with inflow and outflow at differently opened barrier from March 21 to May 19, 1970

Dne 1. 2. 1971 je imel Rak po vodomeru  $H = 354$  okrog  $28 \text{ m}^3/\text{s}$  pretoka. Iz Zelških jam je pri zaprti zapornici pritekalo po naših meritvah  $8,6 \text{ m}^3/\text{s}$  vode. Gladina jezera je bila na koti 550,62 in skozi Jamski zaliv je v Kotličce pritekalo skupaj z neznanim dotokom iz Javornikov  $19,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ob 14. uri smo začeli z odpiranjem zapornice, kar je trajalo eno uro. Sprva je v Karlovico prodirajoča voda izpodrivala zrak iz jame, da je dvigovalo pokrov nad vstopnim jaškom v umetni rov. Ko pa je bila zapornica do polovice dvignjena je v jašku nastal srk, izpodrivanje zraka iz jame pa se je pokazalo na obrobju jezera, ko je zrak silil po starih zasutih rovih na površje. Dotok v jezero je bil v prvih dneh februarja tolikšen, da je voda naraščala še ves dan po odpiranju zapornice in se dvignila na koto 550,77, to je za 15 cm. Vode v Rakovem Škocjanu so se na dan odpiranja zapornice že nekoliko zniževale in sicer se je vodostaj znižal od 12. do 15. ure, za 2 cm, od 354 na 352.

Po dobri uri, ko je bila zapornica do kraja odprta, je začela voda v Zelških jamah naraščati. Ob 16. uri se je dvignil vodostaj Raka pri stari zelški žagi za 30 cm, pretok pa je narastel na  $18 \text{ m}^3/\text{s}$ , ob 16,30 pa že na  $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ; ob 17,30 je bila gladina 90 cm višja, pretok pa je dosegel  $24 \text{ m}^3/\text{s}$  in je še naraščal. Z naraščanjem pretoka v Zelških jamah se je začelo zaježovanje odtoka v Tkalci jami in v Rakovi dolini se je voda razlivala iz struge. Ob 17. uri je kazal vodomer 360, ob 18. uri že 372, naslednje jutro ob 9,30 pa je voda segala na vodomeru do 662.

Poplava v Rakovem Škocjanu je dosegla višek šele 4. februarja in sicer  $H = 840$  na vodomeru Slivice ob Raku. Ker je jezero od 2. februarja enakomerno upadalo, prav tako pa tudi dotok iz Javornikov, lahko računamo na razmeroma enakomerno upadanje dotoka vode v Rakov Škocjan. Po meritvah pred zapornico je odtekalo iz jezera 1.2 ob 16. uri po umetnem rovu v Karlovico okrog  $16 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ta odtok se je pri 15 cm višji gladini nekoliko povečal, verjetno pa ne več kot za  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . V Zelških jamah se je torej pretok pri odprti zapornici povečal od 8,6 na 24 do  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tako je skozi odprto Karlovico teklo največ  $18 \text{ m}^3/\text{s}$ , od tega okrog  $16 \text{ m}^3/\text{s}$  v Zelške jame, približno  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  vode pa je odtekalo v Kotličce in druge izvire ob Raku. Skupni pretok Raka se je torej povečal od 28 na  $46 \text{ m}^3/\text{s}$ , pri tem pa se je vodna gladina v Rakovi dolini dvignila za 5 m. Normalna požiralnost Tkalce jame, ko Rak še nemoteno odteka, je po tej situaciji ocenjena na  $30 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pri večjem dotoku pa voda zaostaja toliko časa, da doseže starejše višje odtočne kanale, tako da se odtočnost lahko poveča še za 10 do  $15 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pri večjem dotoku se torej nivo vode v Rakovem Škocjanu toliko dvigne, da se izravna odtok z dotokom. Akumulacija je vkljub precejšnji višini razmeroma majhna, požiralna sposobnost Tkalce jame pa z višino vode narašča. Očitno je prevotljenost in kapaciteta kanalov večja pri srednjih višinah in se navzgor kot tudi navzdol zmanjšuje. Takšne razmere se skladajo z razvojem podzemeljskih votlin in odtoka v preteklih geoloških obdobjih.

Sprememba vodostajev na Cerkniškem jezeru in pretokov v Rakovem Škocjanu ter na Planinskem polju je prikazana na sliki 55; izračunan je dotok v Rakov Škocjan skozi Karlovico in skozi požiralnike v Jamskem zalivu. V 14 dneh se je pri odprti Karlovičici jezero znižalo za 1,2 m in je bilo 15. 2. 1971, preden smo spustili zapornico, na koti 549,5. Pretok v Zelških jamah je zaradi znižanja gladine jezera pri odprti zapornici upadel za polovico in enako tudi



Sl. 55. Hidrogrami Raka z dotokom in odtokom ob odprti zapornici pri Karlovinci, med 31. 1. in 17. 2. 1971

Fig. 55. Rak hydrogrammes with inflow and outflow at opened barrier near Karlovica cave, from January 31 to February 17, 1971

v Kotličih. Tako smo namerili pred spustitvijo zapornice v Zelških jamah  $12 m^3/s$  pretoka, v Kotličih pa  $10 m^3/s$ . Po vodomeru je imel Rak pri  $H = 338$  skupno  $22,8 m^3/s$ . Dan po spustitvi zapornice je pretok Raka upadel za  $12 m^3/s$ , v Zelških jamah smo namerili še  $6 m^3/s$ , kar kaže, da se je zmanjšal za  $6 m^3/s$  tudi pretok iz Karlovice v Kotličje.

Potrebne so še natančnejše meritve pretokov pred zapornico in v Zelških jamah ter v Kotličih. Postaviti bi bilo treba registrirne naprave, da bi lahko primerjali spremembe v nivojih in pretokih v krajših časovnih presledkih. Določiti pa je treba tudi čim boljše pretočne krivulje na posameznih merskih postajah, da bi lahko indirektno ugotavljali pretoke. Le na ta način bi mogli točneje opredeliti odtok vode iz Karlovice v Zelške jame in v Kotliče. Ob poskusnem odpiranju zapornice, se je podobno kot že leto poprej pokazala potreba po namestitvi lovilne mreže v večji oddaljenosti od zapornice in bolj na široko, da plavje ne bi oviralo vtoka v umetni rov. Po 14 dneh odprte zapornice se je na mreži, ki je bila vgrajena neposredno pred zapornico, nabralo toliko dračja in drugih odpadkov, da je bila gladina vode pri zapornici 2 m niže kot pred mrežo. Pritisk na mrežo je bil tolikšen, da jo je odtrgalo in skrivilo, zato so jo v poletju 1971 odstranili. Od takrat pa odnaša skozi odprti umetni rov vse plavje v Karlovice. V jami se je nabralo že ogromno trstike, dračja, lesa in drugih odpadkov z jezera.

Po podatkih, ki smo ji zbrali ob navedenem reguliranju odtoka v Karlovice, je v času od 2. do 15. februarja 1971 odteklo iz jezera skozi odprto Karlovice 16 milijonov m<sup>3</sup> vode, skozi nezajezene ponore v Jamskem zalivu pa 28 milijonov m<sup>3</sup>. Poprečni dnevni pretok skozi nezajezene ponore, kamor štejemo tudi del vode, ki priteka iz Zelških jam pri zaprti zapornici, je v tem času znašal 23 m<sup>3</sup>/s, skozi odprto Karlovice pa 13,7 m<sup>3</sup>/s. Na ta način smo spoznali, da odteče iz jezera pri gladini med 549 in 550 dve tretjini vode skozi nezajezene ponore in da je z zapornico pri Karloviici mogoče zadržati le eno tretjino celotnega odtoka. Ves zajezitveni sistem je tako razmeroma malo učinkovit, vključno uspešni zazidavi vhodov v Malo in Veliko Karlovice. Znatno del odtočne funkcije so prevzeli nezajezeni požiralniki v Jamskem zalivu. Po teh spoznanjih smo podrobneje preučevali požiralnost Jamskega zaliva in posameznih požiralnikov v njem. Večkrat smo merili pretoke neposredno pred požiralniki pri visoki vodi.

Ker je pri polnem jezeru težko ugotoviti, kje vse odteka voda v zakraseli rob od Ušive loke do Karlovic, pa tudi dalje proti Tržišču in Zelšam, nismo mogli z neposrednimi meritvami ugotoviti celotne požiralnosti vseh nezajezjenih požiralnikov. Z meritvami pretokov v Zelških jamah smo spoznali vsaj del odtoka skozi Karlovice mimo jezov in zapornice, ne pa celotnega, ker ne vemo, koliko vode iz Karlovice odteka v Kotliče in druge izvire Raka. Pomagali smo si z meritvami pretokov pod mostom pri Goričici, ter dobili novo pretočno krivuljo Stržena po zajezitvi Karlovic in Nart. Nihanje vodne gladine jezera smo primerjali s pretoki v Rakovem Škocjanu po metodi podzemeljskih pretočnic. Na ta način smo dobili realnejše podatke o dejanski požiralni sposobnosti Jamskega zaliva pri različni višini jezera.

#### BARVANJE NART PRI VISOKI VODI

Podzemeljske zveze med Cerknjskim jezerom in Rakovim Škocjanom so bile preučene predvsem pri nizkih in srednjih vodah še pred zajezitvijo Karlovic. Starejša barvanja niso posebno zanesljiva (A. Šerko 1946). Pri barvanju velike Karlovice leta 1964 se je barva pojavila v Zelških jamah in v Kotličih v Rakovem Škocjanu (I. Gams 1965). Ko je bila barvana Mala Karlovice 12. 11. 1967, so bili obarvani Kotličiči in bližnji izviri (I. Gams 1970, 177). V teh

izvirih se je pojavilo tudi barvilo, ko so barvali leta 1964 požiralnik Kamnje (I. Gams 1966). Po zajezitvi Karlovic so se hidrološke razmere v podzemlju nedvomno spremenile, zato smo z barvanjem želeli ugotoviti, v katere izvire ob Raku odteka visoka voda iz nezajezjenih požiralnikov v Jamskem zalivu.

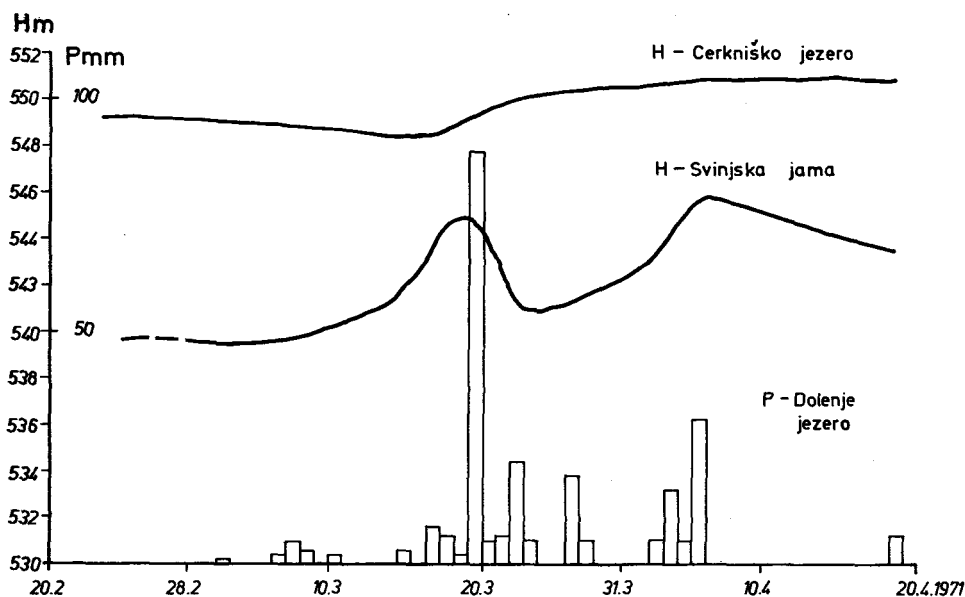
Po daljšem obdobju lepega vremena smo dne 19. 4. 1971 ob 12. uri obarvali z 10 kg Na fluoresceina zadnji požiralnik v Nartih s pretokom  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  in gladino jezera na koti 550,56. Vsi drugi ponori so bili tedaj do vrha zaliti in zakriti z dračjem. Voda pri požiralniku Narte 5 je imela temperaturo  $12,7^\circ \text{C}$  in je odtekala v podzemlje s hitrostjo  $10 \text{ cm/s}$ , tako da je vsa barva, ki smo jo naenkrat vlili v požiralnik, štekla v 10 minutah.

V Rakovem Škocjanu smo tik pred barvanjem namerili naslednje pretoke in temperature:

Rak v Zelških jamah	$3,8 \text{ m}^3/\text{s}$	$11,6^\circ \text{C}$
Prunkovec	$0,05 \text{ m}^3/\text{s}$	$10,1^\circ \text{C}$
Izvir pri zajetju	$0,60 \text{ m}^3/\text{s}$	$11,4^\circ \text{C}$
Izvir pred hotelom	$0,04 \text{ m}^3/\text{s}$	$11,2^\circ \text{C}$
Izvir pod bungalovi	$0,7 \text{ m}^3/\text{s}$	$11,6^\circ \text{C}$
Izvir pod Milčevim gričem	$0,8 \text{ m}^3/\text{s}$	$11,6^\circ \text{C}$
Kotličiči	$12,2 \text{ m}^3/\text{s}$	$11,7^\circ \text{C}$
Rak je imel skupno	$18,2 \text{ m}^3/\text{s}$	$11,7^\circ \text{C}$ pri $H = 324$

Barvo smo po 11 urah in pol opazili najprej v 3880 m oddaljenih in 40 m niže od ponora ležečih Kotličičih ter v bližnjem izviru Pod Milčevim gričem, le malo kasneje pa tudi v izviru Pod bungalovi. V manjših izviri Pod hotelom in Pri zajetju se je barva pokazala 2 uri in pol kasneje, čeprav leže ti izviri bliže ponoru. Povprečna hitrost podzemeljskega toka je znašala  $9 \text{ cm/s}$ . Prunkovec in Rak v Zelških jamah nista bila obarvana. Vode, ki ponikajo v Jamskem zalivu torej ne odteka v izpraznjene kanale zajezene Karlovice. Dokazana zveza med Veliko Karlovico in Kotličiči je enostranska in možna le v primeru, da leže kanali Karlovica - Zelške jame više od kanalov, po katerih se pretaka voda iz Jamskega zaliva proti Kotličičem. Vsa dosedanja opazovanja in meritve v Karlovicah in v Svinjski jami to tudi potrjujejo. V Svinjski jami je namreč nivo visoke vode 4 do 8 m nižji kot le na 200 m oddaljenem jezerskem površju. Občasna opazovanja nihanja vodne gladine jezera in toka v Svinjski jami je v času od 25. 2. do 25. 4. 1971 opravila gimnazijka Magda Cimerman iz Cerknice v okviru maturitetne naloge. Ugotovila je, da je gladina vode v Svinjski jami bolj nihala zaradi padavin kot pa zaradi spreminjanja višine jezera (sl. 56). Pojav še ni dovolj preučen in potrebno je daljše opazovanje ter natančnejša registracija sprememb.

Nedvomno se voda v rovih med Jamskim zalivom in Kotličiči pretaka niže kot v sistemu V. Karlovice - Zelške jame. V prvem primeru segajo gladine visokih vode v podzemlju med 540 in 510 m, v drugem sistemu pa je gladina visoke vode med 550 in 520 m. Velika Karlovica je sicer z rovom povezana z



Sl. 56. Primerjava gladine vode v Svinjski jami in na Cerkniskem jezeru, od 28. 2. do 20. 4. 1971 (po M. Cimerman)

Fig. 56. Comparison of water level between the cave Svinjska jama and Cerknisko jezero from February 28 to April 20, 1971 (after M. Cimerman)

Malo Karlovico, vendar je prehod možen le v višini okrog 552 ali 553 m, zato se nižje vode med obema sistemoma ne prelivajo. Mala Karlovica pa je sicer povezana tudi s Kotličiči. Pred zaježitvijo so se pretoki dopolnjevali, ker je Mala Karlovica požirala več vode, je bila požiralnost drugih ponikev v Jamskem zalivu manjša; po zaježitvi Male Karlovice pa se je nasprotno njihova požiralnost povečala.

Spoznanja o medsebojni povezanosti in različni višini podzemeljskih kanalov med Cerkniskim poljem in Rakovim Škocjanom so odločilnega pomena za razumevanje hidroloških posledic zaježitev Karlovic.

Po obarvanju vode v Rakovi dolini smo opazovali tudi izvire na Planinskem polju. Najprej se je obarvana voda pojavila v Škratovki in to po 18 urah, v Malnih po 20 in v Planinski jami po 24 urah.

Dne 20. aprila smo namerili naslednje pretoke in temperature:

Rak	18 m <sup>3</sup> /s	11,7 <sup>0</sup> C
Škratovka	1,5 m <sup>3</sup> /s	11,4 <sup>0</sup> C
Malni	7 m <sup>3</sup> /s	11,3 <sup>0</sup> C
Planin. jama		
Rakov rovak	14 m <sup>3</sup> /s	10,8 <sup>0</sup> C

Povprečna hitrost podzemeljskega toka pri srednje visoki vodi iz Raka v Škratovko je znašala 8 cm/s, v Malne 6 cm/s in v Planinsko jamo 5 cm/s. Temperature in količine kažejo, da je v Rakov rokav Planinske jame priteklo še okrog 4,5 m<sup>3</sup>/s hladnejše vode iz Javornikov, medtem ko je bil pritok te vode v Malne razmeroma majhen.

## NEKATERE FIZIKALNO KEMIČNE LASTNOSTI VODA

### TEMPERATURA JEZERSKE VODE

V letih 1969 do 1972 smo med poskusom hkrati z drugimi meritvami in opazovanji na Cerknškem jezeru merili tudi temperaturo vode v jezeru na pritokih in odtokih. Čeprav so bile meritve le občasne, smo zbrali nekaj zanimivih podatkov o temperaturnih lastnostih Cerknškega jezera in njegovem vplivu na sosednje kraške izvire.

V začetku junija 1970 so začele temperature jezera naraščati od 17<sup>o</sup> dne 3. 6. do 25,4<sup>o</sup> C dne 25. 6. Po dežju so kraški dotoki ohladili jezero, ki je imelo v začetku julija le okrog 20<sup>o</sup>, dne 6. 7. 21,4<sup>o</sup>. Počasi je temperatura vode naraščala in 13. 7. dosegla 28,3<sup>o</sup>. Ponoven dež je znižal temperaturo dne 17. 7. na 16,7<sup>o</sup>, nato pa se je spet voda ogrela, dne 30. 7. je imel Stržen 27,3<sup>o</sup>. Z usihanjem jezera so se zniževale tudi temperature Stržena od 25<sup>o</sup>, dne 6. 8., do 20<sup>o</sup>, dne 13. 8. To zniževanje je pogojeno z odtokom segrete jezerske vode, po strugi Stržena pa se hitreje pretaka hladnejša voda iz Obrha in izvirov Štebersčice.

Skladno z nihanjem temperature Stržena so se spreminjale tudi temperature vode v Kotličih in v Malnih. Razlike niso vedno enake zaradi različnega dotoka drugih kraških voda v te izvire (sl. 57). Voda v Kotličih je bila 2 do 8<sup>o</sup> hladnejša kot na jezeru sredi poletja 1970, v Malnih pa od 0,5 do 5<sup>o</sup> hladnejša kot v Raku, ali od 3 do 12,5<sup>o</sup> hladnejša kot v jezeru. Zanimivo je ohlajanje izvirov v Malnih od 17,4 v začetku julija do 9,7<sup>o</sup> v sredi avgusta po presahnitvi jezera, kar je pravo nasprotje s temperaturami zraka v poletju. Dnevi postajajo vsak dan bolj topli, voda pa vedno hladnejša. Takšne temperaturne lastnosti izvirov v Malnih so odvisne od vedno manjšega dotoka tople vode iz Cerknškega jezera in naraščajočega vpliva hladne vode iz Javornikov.

Kako lahko tudi kratkotrajen dež vpliva na temperature v Malnih se je pokazalo v drugi polovici avgusta 1972. Dne 15. 8. je imelo jezero 27<sup>o</sup>, Rak 24<sup>o</sup> in Malni 19<sup>o</sup>. Jezero je bilo na koti 548,84 in zaradi precejšnjega odtoka tople vode so bile temperature Raka in Unice izredno visoke. Od 17. do 20. 8. je bilo več neviht in jezero je do 23. 8. naraslo od 314 do 328 na vodomeru Stržena pri mostu pred Goričico. Dne 23. 8. je imela jezerska voda 16,4<sup>o</sup>, Rak v Kotličih 16,0<sup>o</sup>, Malni pa le 7,1<sup>o</sup>. Zaradi presenetljivo nizke temperature v Malnih smo izmerili tudi temperaturo vode v Planinski jami. V Pivškem rokavu je imela voda 12,2<sup>o</sup>, v Rakovem rokavu pa 14,6<sup>o</sup>, kar je dvakrat več kot v Malnih. Rakov rokav je nedvomno dobival vodo iz Cerknškega jezera, medtem ko je Malne napajal hladnejši javorniški tok. Tega so tople vode Raka morale prečkati, ne da bi se močneje mešale s hladnejšo vodo. V začetku septembra smo ugotovili bistveno drugačne razmere v Malnih in v Rakovem rokavu. Dne 1. 9. je imelo jezero na koti 548,43 18,6<sup>o</sup>, Rak 18,0<sup>o</sup>, Malni 15,9<sup>o</sup>, Rakov rokav pa le 12,6<sup>o</sup>.

## Primerjava temperatur (v °C) Stržena, Raka in Unice v Malnih poletih 1970.

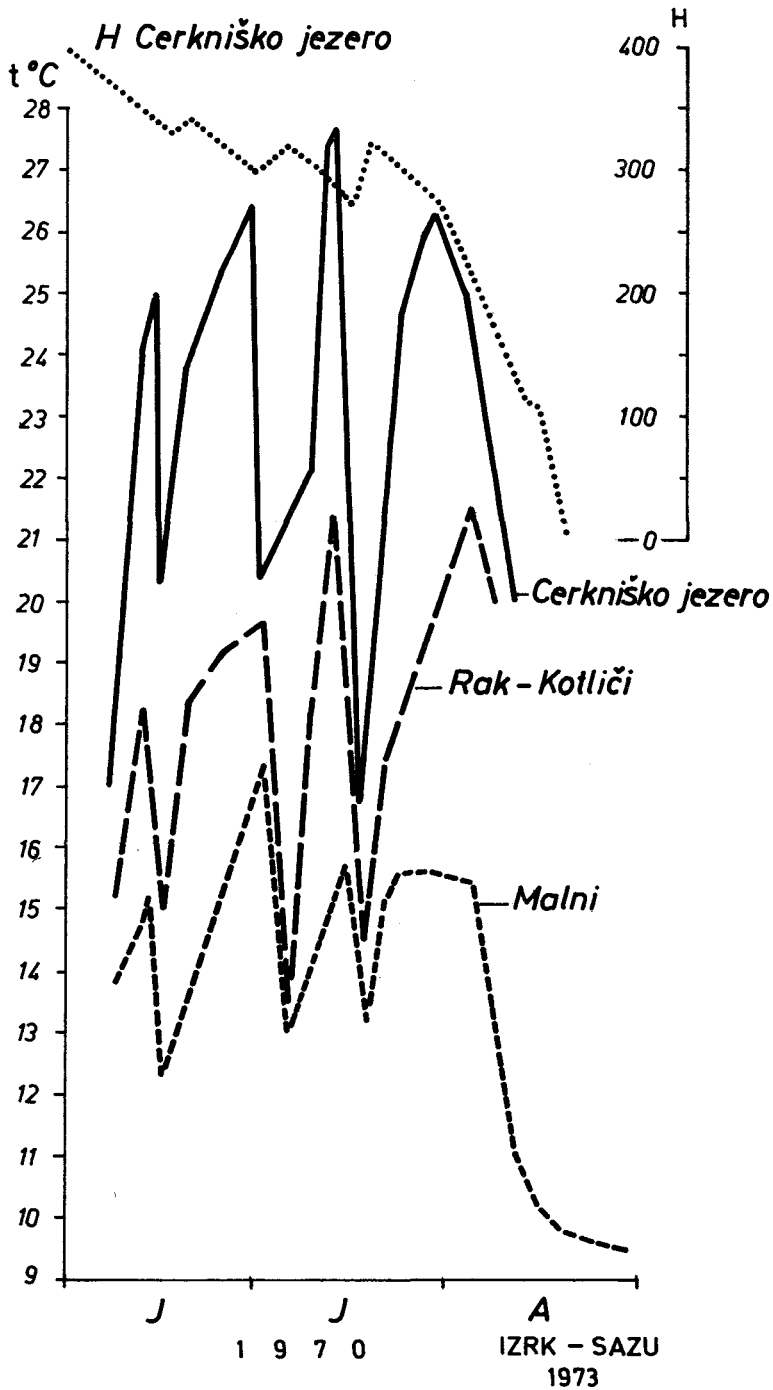
Datum	Stržen na Cerkn. j.	Razlika	Rak, Kotličiči	Razlika	Unica, Malni
8. 6.	17,0	1,8	15,2	1,4	13,8
12. 6.	24,0	5,8	18,2	3,5	14,7
23. 6.	24,8	5,8	19,0	3,6	15,4
25. 6.	25,4	6,2	19,2	3,6	15,6
2. 7.	26,5	5,5	21,0	3,6	17,4
4. 7.	—	—	16,0	—	—
6. 7.	21,4	7,9	13,5	0,4	13,1
9. 7.	22,0	3,8	18,2	4,3	13,9
13. 7.	28,3	7,0	21,3	5,6	15,7
17. 7.	16,7	2,2	14,5	—	—
27. 7.	26,0	6,5	19,5	3,8	15,7
30. 7.	27,3	—	—	—	—
3. 8.	25,0	4,5	21,5	—	17,4
11. 8.	20,0	—	—	—	11,2

Dotok hladnih javorniških voda v Malne je tedaj oslabil, več te vode pa se je prelivalo v Rakov rokav in se mešalo s toplejšo vodo iz Cerkniškega jezera. Kakšni so kanali in kako se prepletajo v zaledju Malnov in Rakovega rokava, da omogočajo takšno mešanje in križanje tokov, še ni znano.

Temperaturne lastnosti Cerkniškega jezera smo skušali spoznati s celodnevniimi meritvami v različnih predelih in globinah jezera. Temperaturo vode in zraka smo merili dne 29. in 30. 7. 1970 podnevi in ponoči na dve uri in sicer v Strženu pri Gorenjem Jezeru in pri Goričici, v Zadnjem kraju in na plitvini severno od Goričice. Rezultati so prikazani na sliki 58. Temperature Stržena pri Gorenjem jezeru so nihale med dnevom in nočjo za 4° med 16,2° in 12,1°, pri Goričici za 3° med 27,3° in 24,3°, podobno pa tudi v Zadnjem kraju med 26,3° in 23,4°. Precej večje so bile razlike v temperaturah zraka in sicer za 10°, od 15° do 25° pri Gorenjem Jezeru in Goričici od 16,2° do 26,7°. V Zadnjem kraju je bila zaradi popoldanske senčne lege dosežena najvišja temperatura ob 12. uri in sicer 25,2° in ne kot drugod na jezeru šele ob 14. uri. Še večje nihanje temperature smo ugotovili v plitvi vodi ob peščenem bregu pri Goričici, kjer se je voda segrela do 33°, medtem ko se je ponoči skoraj izenačila s temperaturo zraka.

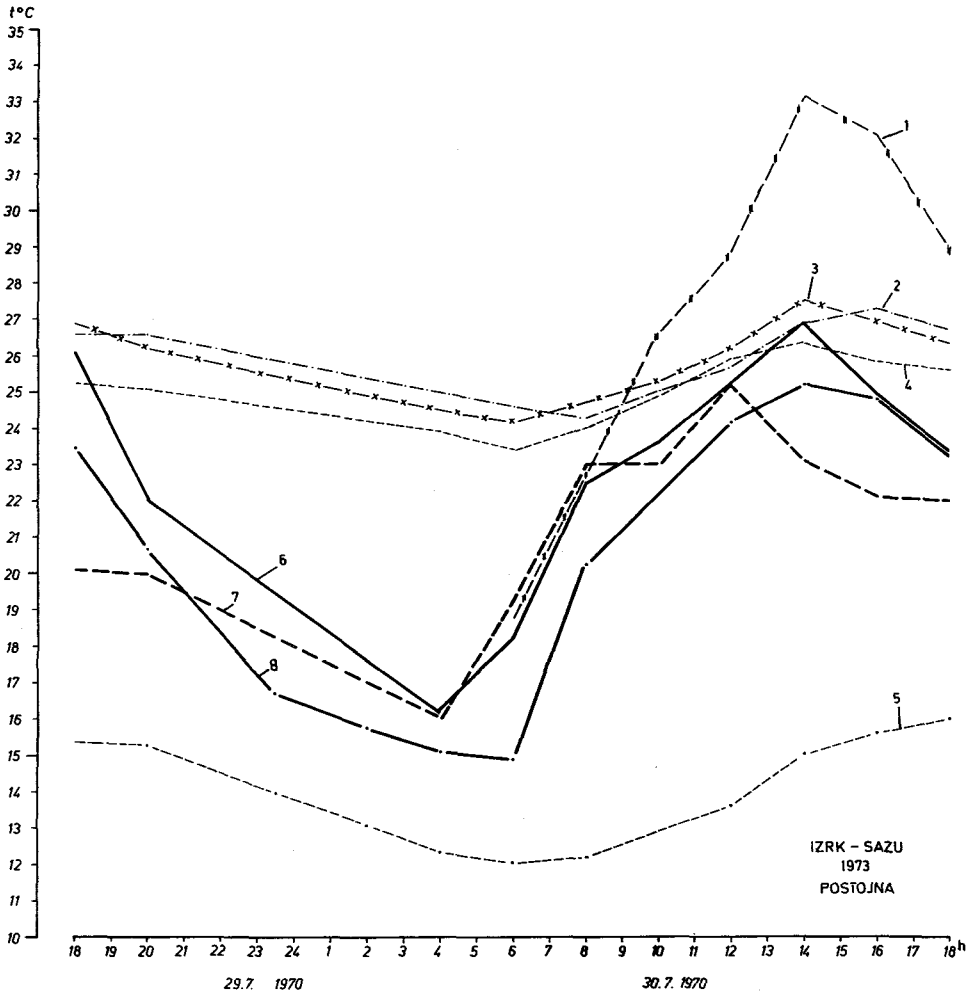
Dne 30. 7. 1970 smo izmerili tudi temperaturo jezerske vode v različnih globinah. Ko so površinske vode imele povečini med 25° in 26°, na obrobju celo do 33°, smo v najglobljih kotanjah, 8 m pod površjem namerili od 16° do 19°. Razmeroma majhne razlike so v požiralniku Retje, kjer je imela voda pri dnu 21,0°. Zanimivo razporeditev različno hladne vode smo ugotovili pri Ponikvah ob Strženu, kjer se je v požiralnikih zadrževala voda s temperaturo 19°, od Male ponikve dalje po strugi je odtekala le toplejša voda s temperaturo nad 20°





Sl. 57. Temperatura Cerknjškega jezera, Raka v izviri Kotliči in Unice v izviri Malni, od junija do avgusta 1970

Fig. 57. The temperatures of Cerknjško jezero, of Rak river in Kotliči springs, of Unica river in Malni springs, from June to August 1970

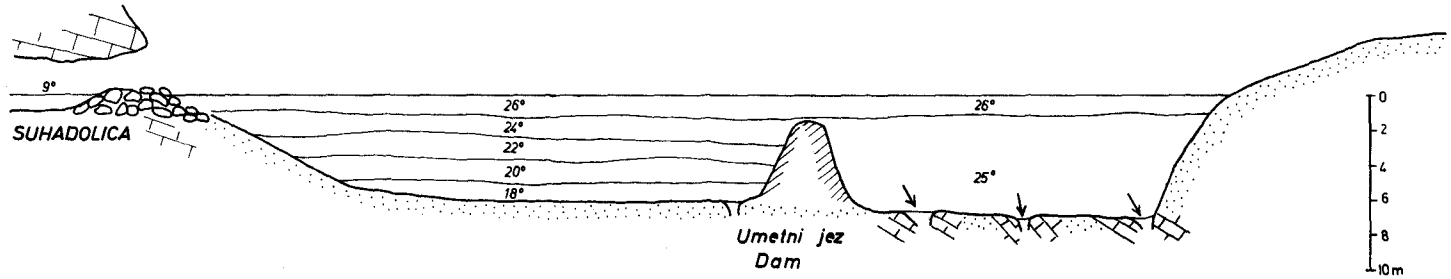


Sl. 58. Temperatura zraka in vode na Cerkniskem jezeru, 29./30. 7. 1970. Merjene temperature: 1 — plitva stoječa voda, 2 — Stržen pri Goričici, 3 — plitva voda pri Goričici, 4 — jezero v Zadnjem kraju, 5 — Stržen pri Gorenjem jezeru, 6 — temperatura zraka pri Goričici, 7 — v Zadnjem kraju, 8 — pri Gorenjem Jezeru

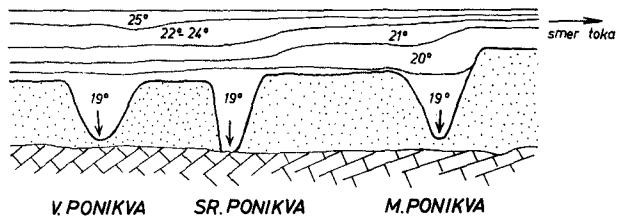
Fig. 58. Air and water temperatures of Cerknisko jezero, from July 29 to 30, 1970. Measured temperatures: 1 — shallow stagnant water, 2 — Stržen near Goričica, 3 — shallow water near Goričica, 4 — the lake in Zadnji kraj, 5 — Stržen near Gorenje jezero, 6 — air temperature near Goričica, 7 — in Zadnji kraj, 8 — near Gorenje Jezero village

(sl. 59). Očitno se je Stržen od Gorenjega Jezera do Ponikev zaradi počasnega pretoka segrel najmanj za 3°. Ker pa so na območju Ponikev hladnejše vode odtokale v podzemlje, je bila temperatura Stržena pri mostu ves dan nad 24°. Tako visoko temperaturo je imela tudi voda, ki je ponikala v Vodonosu. Na

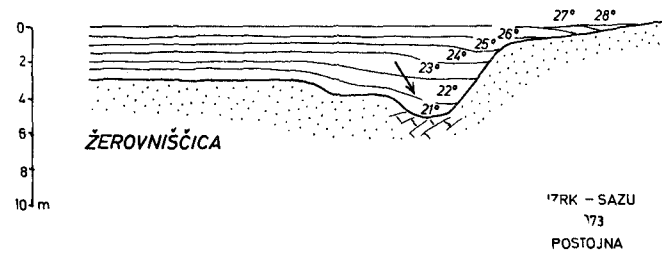
REŠETO 30.7.1970



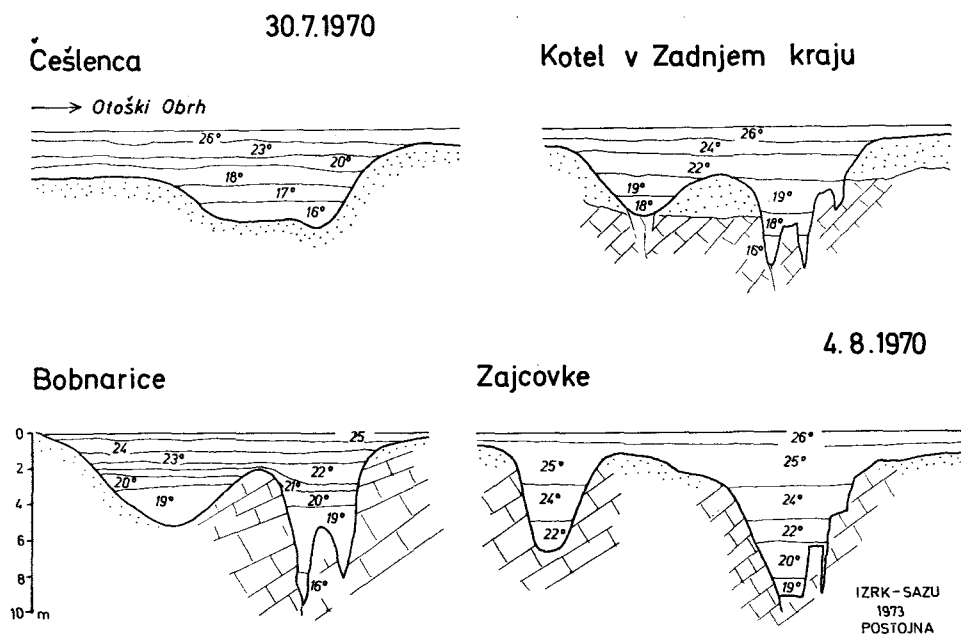
Stržen pri Ponikvah



Retje



Sl. 59. Temperaturni prerez jezerske vode pri požiralnikih Rešeto, Ponikve in Retje. 30. 7. 1970  
 Fig. 59. Temperature cross section of lake water in Rešeto, Ponikve and Retje ponors, July 30, 1970



Sl. 60. Temperaturni prerez jezerske vode pri požiralnikih in estavelah v Zadnjem kraju, 30. 7. 1970 in 4. 8. 1970

Fig. 60. Temperature cross section of lake water in ponors and estavelas in Zadnji kraj, July 30, 1970 and August 4, 1970

odtekanje tople vode s površja jezera pri Rešetu vpliva ribiški jez. Čezenj se je v požiralnike prelivala tedaj voda s temperaturo nad  $25^{\circ}$ , medtem ko je hladna voda iz Suhadolice, kjer je stalna temperatura okrog  $9^{\circ}$ , zastajala v globeli pred ribiškim jezerom pri Rešetu.

Drugod po jezeru, kjer ni večjih globeli so tudi v temperaturah le manjše razlike. Drugače pa je v Zadnjem kraju, kjer se v kotanjah zadržuje tudi do  $10^{\circ}$  hladnejša voda kot na površju (sl. 60). S pogostejšimi meritvami bi se dalo ugotoviti, kdaj voda v estavelah Zadnjega kraja izvira in kdaj ponika. Sistematičnejše meritve temperature na jezeru bi bile koristne tudi v hladni polovici leta, zlasti v času ko jezero zmrzuje. Pogosto so le območja estavel in izvirov ob Drvošču in v Zadnjem kraju brez ledu ali pa vsaj najpozneje zamrznejo. Sistematično pa tega pojava še nismo merili in opazovali.

Temperaturne značilnosti Cerkniškega jezera smo merili tudi 20. 5. 1971. Po daljšem obdobju lepega in toplega vremena, so bili pritoki šibki, jezero pa je segalo do kote 549,60. Pri tej višini poplavlja voda še del poti pri mostu in v Vratih. Zalito je površje med Rešetom in zapornico ter ves Jamski zaliv. Najbolj razsežno je jezero v zgornjem delu med Drvoščem ali Otoščem, kot domačini imenujejo ta polotok, ter Grahovim in Martinjakom. Vse ponikve v dnu polja so zalite, prav tako tudi v Zadnjem kraju. Zaliti pa so tudi vsi kraški izviri ob vznožju Javornikov. Pritokov od Laškega obrha do Ušive loke nismo

mogli meriti, ker se majhne količine izvirov mešajo z jezersko vodo. Tudi po temperaturah ni bilo mogoče določiti izvirsne vode.

Zaradi razburkane vode, ta dan je pihal močan veter, nismo mogli meriti temperatur na dnu ponikev in večjih jam, ker je veter odganjal čoln. Vertikalni profil je na vsakem merilnem mestu podan le z dvema skrajnima vrednostima, vmesnih meritev nismo mogli opraviti.

Temperature so prikazane v tabeli s trdotami. Rezultati kažejo nekaj zanimivosti, ki so posledica različnega segrevanja in pretakanja vode v jezeru pa tudi v kraškem obrobju na pritočni in na odtočni strani.

Temperatura voda v jezeru je odvisna od različnih dotokov s površja in iz kraškega podzemlja ter od segrevanja ali ohlajevanja zraka in od gibanja vode v jezeru. Poleti so nižje temperature na SW strani, višje pa NE. V vzdolžnem prerezu se temperature stopnjujejo v smeri toka vode od SE proti NW, kar je posledica izdatnega segrevanja na jezerskem površju. Položaj talnih ponikev omogoča odtok hladnejše vode iz južnega dela jezera, tako da ima spodnji severni in zahodni del jezera nekaj višje temperature in to precej enake od površja do dna. Višje temperature na jezeru so razporejene po plitvem obrežju predvsem na severni strani. Ob vznožju Javornikov pa so tudi v globinah in na površju temperature najnižje. Zaradi vetra je vertikalna razporeditev različno tople vode nekoliko zabrisana, pa tudi meritve niso bile tako sistematične v vertikalnem profilu zaradi zanašanja čolna. Meritve leta 1970 so bile v tem pogledu veliko ugodnejše.

Kraški izviri od Laz do Žerovnice so imeli temperaturo vode med 7,5 in 9,8° C. Najtoplejša sta Žerovniščica in Obrh. Razmeroma nizko temperaturo ima Lipsenjščica. V primerjavi s temperaturo Obrha 16,5° C pri Danah na Loškem polju so izviri Cemuna 9,2° C in drugi pritoki Stržena na Cerknškem polju precej hladni. Takšna razlika v temperaturi kaže na razmeroma počasen pretok, ali na znaten dotok hladne vode iz neznanega podzemlja, lahko pa so vode iz Loškega polja usmerjene kam drugam mimo Cerknškega polja, kot nakazujejo nekatere dosedanje raziskave. S tem se skladajo tudi kemične analize in pretoki. Magnezija je v izviri Obrha na Cerknškem polju precej manj kot v ponikalnici pri Danah. Razlika v magnezijevi trdoti pa sama po sebi še ni dokaz, ta trdota se namreč precej zniža tudi pri podzemeljskem pretoku med Cerknškim jezerom in Rakovim Škocjanom, kjer pa ne moremo pričakovati večjega dotoka kraške vode z nizko magnezijevo trdoto. To vprašanje bo treba še podrobneje preučiti in potrditi z večkratnimi meritvami.

Potoki izpod Slivnice in Cerknščica so imeli temperaturo med 12 in 18° C. Razlike gredo predvsem na račun različne oddaljenosti od kraškega izvira in tako so površinske vode različno segrete predno dosežejo jezero. Izmenjavo in pretakanje vode v jezeru bi bilo treba posebej opazovati. Zanimivo bi bilo ugotoviti, kako dolgo se zadržuje voda ali koliko časa traja pretok skozi jezero ob različnih vodostajih, pri različnih dotokih in ob upadanju ali naraščanju. Vse te pojave bo treba še spremljati.

Ker ne vemo, koliko požirajo talne ponikve v dnu jezera pri visoki vodi, tudi ni mogoče ugotoviti koliko hladne vode odteče v ponikvah Stržena. Požiralniki Retje, Vodonos in Rešeto pa odvajajo že toplejše vode iz jezera. Posebno pri Rešetu, kjer jez zadržuje hladne vode, odtekajo tople površinske vode.

Ta odtok je po dosedanjih ugotovitvah usmerjen neposredno proti Bistri in Ljubljani. Zato bi bilo treba tam stalno meriti temperaturo vode. Že pred zaježitvijo so bile ugotovljene razmeroma visoke temperature Bistre, v poletnem času do 13° C. Sistematičnih meritev temperature v Bistri pa še nimamo.

Oglejmo si temperaturne razmere na drugi odtočni strani Cerknškega jezera. V smeri proti Rakovem Škocjanu odtekajo vode v glavnem po dveh jamskih sistemih. Skozi zajezeno Veliko Karlovico odteka še nekaj vode, ki pronica v jamo skozi zakraseli breg med Dolenjo vasjo in Jamskim zalivom. Te vode izvirajo v Zelških jamah. Drugi podzemeljski tok, ki je po količini ob zaprti zapornici in zajezeni Karloviici najmočnejši, pa zbira vode iz Nart, Kamenj in Svinjske jame ter napaja izvire v Rakovem Škocjanu od Prunkovca do Kotličev. Voda v Zelških jamah je imela 20. 5. 1971. 18,2° C, Prunkovec pa komaj 8,5° C in zelo majhen pretok. Vse kaže, da Prunkovec zbira ob tem vodostaju le vodo iz ožjega kraškega zaledja ali pa je pronicanje Cerknšičice zelo omejeno in se voda ohladi do skalne temperature, na takšno razmerje opozarja magnezijeva trdota, ki je podobna kot v Zelških jamah. Nasprotno velja za druge izvire v smeri proti Kotličem, kjer temperature naraščajo od 17,3° do 19,4° C. Tako topla voda prihaja neposredno iz Cerknškega jezera. Podzemeljski pretok je razmeroma hiter, v daljšem obdobju lepega in toplega vremena segreje jezerska voda tudi jamsko okolje v taki meri, da temperatura vode v približno 12 urah, kolikor traja pretok skozi podzemlje, pade na razdalji 3 km komaj za 2° C. Gradient je tu v primeri s pretokom skozi podzemlje med Loškimi in Cerknškim poljem izredno majhen. Vpliv tople vode seže prav do Planinskega polja. Izviri v Malnih so imeli ob meritvah maja 1971 19,5° C, sorazmerno visoka je bila tudi temperatura vode v Rakovem rokavu Planinske jame 14,8° C, medtem ko je imel Pivški rokav komaj 11,5° C. Omeniti moramo, da je bila sicer voda v Pivškem rokavu Planinske jame poleti veliko toplejša kot v Rakovem rokavu. Razmeroma nizka je bila temperatura vode v izviri Škratovke, komaj 9,9° C, kar kaže, da v tem času Škratovka ni dobivala več vode iz Raka. To pojasnjujejo tudi razlike v trdoti vode.

#### TRDOTE VODA

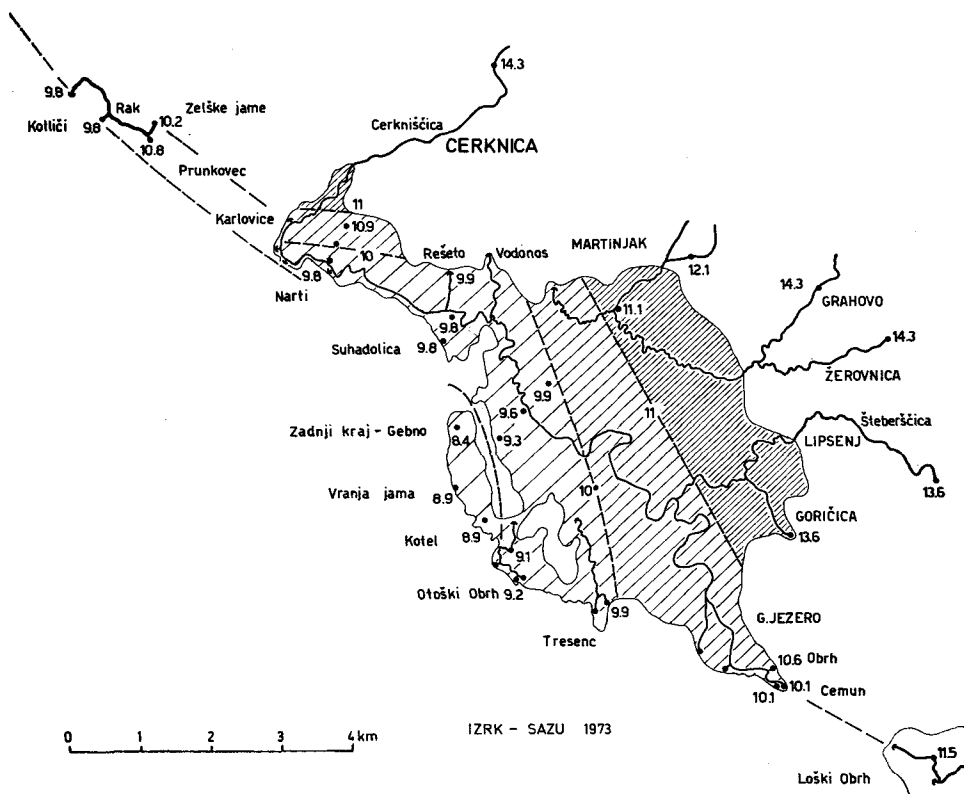
V splošnem je razporeditev trdote enaka razporeditvi temperature, najtrše vode so tam, kjer so najtoplejše in obratno. Absolutne vrednosti se razlikujejo komaj za 2° nT. Največjo trdoto nad 11° nT je imela plitva jezerska voda na vzhodni strani jezera med Martinjakom in vasjo Goričica, najnižjo pa voda v Bobnaricah v Zadnjem kraju 7,9° nT. Podobna razporeditev kot za celokupno trdoto velja tudi za karbonatno, saj nekarbonatna trdota znaša le od 0,3 do 0,7° nT. Sicer pa velja, da so na severni strani jezera trše vode v globini, na južni strani pa so zabeležene višje trdote na površju. Razlike so majhne, vendar zanimive med 0,2 in 0,5°. To si skušamo razložiti z značajem jezerskega dna in s kemičnimi procesi v stoječi jezerski vodi. Višje trdote pri jezerskem dnu so tam, kjer prevladuje dolomitna naplavina, poleg tega pa so trdote povečane z dotokom trše vode iz dolomitnih predelov. Višje celokupne trdote so namreč razporejene podobno kot največje magnezijeve trdote. Nanje vplivajo torej dotoki iz dolomitnega zaledja, ki so po količini sicer nekaj manjši, imajo pa zato toliko višje trdote. Celokupne trdote teh dotokov se gibljejo med 12,1 pri

Martinjaku in  $14,3^{\circ}$  nT pri Cerkniščici in Grahovem. Magnezijeve trdote se gibljejo od  $5,5$  do  $7,0$  in predstavljajo približno polovico celokupne trdote.

Za boljšo predstavo o razporeditvi trdote vode lahko podčrtamo, da ima severovzhodna polovica jezera trdoto nad  $10^{\circ}$  nT, jugozahodna pa pod  $9^{\circ}$ , srednji pas vzdolž jezera vsebuje vodo s trdoto med  $9$  in  $10^{\circ}$  nT. Če pa primerjamo te tri pasove po magnezijevi trdoti imajo vode v prvem pasu magnezijevo trdoto nad  $2^{\circ}$ , srednji pas  $1$  do  $2^{\circ}$ , JZ pas ob vznožju Javornikov pa okrog  $1^{\circ}$  nT (sl. 61).

Na pritočni strani jezera so trdote vode precej različne predvsem zaradi različnih pritokov. V spodnjem delu na odtočni strani jezera pa so trdote tako v prečnem profilu kot v navpičnem precej izenačene. Opazen pa je vseeno vpliv trše Cerkniščice ( $14,3$  nT), ki se meša z mehkejšo jezersko vodo ( $9,8^{\circ}$  nT) pred ponori v Jamskem zalivu.

Pri trdoti kraških dotokov so znatne razlike glede na območje, od koder te vode pritekajo. Vode izpod Javornikov, kjer prevladujejo apnenci, so meh-



Sl. 61. Celokupne trdote vode Cerkniškega jezera, njegovih pritokov in odtokov (v stopinjah nemške trdote, 20. 5. 1971)

Fig. 61. Total water hardness of Cerknica lake, its tributaries and runoffs (in German hardness degrees), May 20, 1971

kejše in z majhno Mg trdoto. Nasprotno pa so vode iz dolomitnega zaledja precej trše in z višjo magnezijevo trdoto 14,3 in 7,0. Vmes se trdote postopoma spreminjajo tako, da je opaziti postopen prehod. Zanimivo je, da so trdote površinskih dotokov kot sta Cerknjščica in deloma Grahovščica enake kot v Žerovniščici, ki izvira iz apnenca, ima pa svoje zaledje predvsem na dolomitu.

Zanimiva je tudi enaka trdota vode v izvirih Štebersčice in Goriškega potočka, kar bi bilo lahko odraz skupnega ali vsaj enakega zaledja. Razlike v trdoti vode ob izvirih Stržena in ob požiralniku Obrha v Loški dolini pa kažejo na izdatnejši dotok predvsem iz apniškega zaledja, ali pa na izločanje magnezijevega karbonata pri počasnem pretoku obenem z ohlajanjem vode. Te razlike je treba še preučiti.

Povsem v skladu z znanimi podzemeljskimi zvezami in s temperaturnimi značilnostmi pa so trdote vode na odtočni strani v smeri proti Rakovem Škocjanu. Nekaj višjo celokupno in še bolj izrazito višjo magnezijevo trdoto ima Rak v Zelških jamah. Po trdoti se podobno kot po temperaturah razlikuje izvir Prunkovec. Drugi izviri bliže Kotličem in Kotliču pa imajo skoraj enake trdote kot jezerska voda v Jamskem zalivu. Posebnost so le izredno nizke magnezijeve trdote, ki znašajo v teh vodah komaj 0,5<sup>o</sup>, jezerska voda pa ima precej višje magnezijeve trdote med 2,2 in 2,4<sup>o</sup> nT. Zanimivo pa je, da se pri pretoku med jezerom in Škocjanom znižajo tudi celokupne trdote, toda le za 0,1<sup>o</sup> nT. Tudi te vrednosti bo treba še preveriti, podobno kot na pritočni strani.

Z občasnimi meritvami temperature in trdote voda smo spoznali nekatere značilnosti segrevanja in ohlajanja ter cirkulacijo vode v jezeru, v njegovih pritokih in odtokih. S pomočjo temperatur in trdote se da v določeni meri zasledovati podzemeljske zveze, hkrati pa nas razlike opozarjajo na drugotne vplive, mešanje različnih voda, dotoke iz neznanega zaledja in podobne pojave, s katerimi je treba računati pri hidroloških raziskavah kraša. Čeprav ni na voljo podatkov o temperaturnih lastnostih jezera pred zaježitvijo ponorov, smo spoznali nekatere posledice zaježevanja. Zastajanje vode na jezeru in počasnejše pretakanje od izvirov do ponorov vpliva na večje prilagajanje temperature kraške vode površinskim zračnim temperaturam. Poleti se zato voda bolj segreje, pozimi pa bolj ohladi. Posledice večjega segrevanja in ohlajanja vode na jezeru še niso dovolj preučene, nedvomno pa vplivajo na rastlinski in živalski svet. Vpliv toplejše in hladnejše vode se prenaša tudi v kraško podzemlje na odtočni strani in je posebno izrazit v smeri proti Rakovem Škocjanu in Planinskemu polju. Zaradi zaježenih ponorov odteka v poletju več tople vode v Unico in Malne, ki so zajeti za postojnski vodovod. Zaježeno jezero tedaj bistveno vpliva na kvaliteto vode v Malnih.

Po zaježitvi se jezero pozimi bolj ohladi in hitreje zamrzne, to se je pokazalo zlasti v zimi 1972/73, ko je ledena površina privabila mnogo drsalcev in drugih turistov. Očitno je toplo jezero poleti in zamrznjeno pozimi turistično bolj privlačno kot sicer, vprašanje pa je, kakšne so lahko posledice večjih temperaturnih sprememb v jezerskem in podzemeljskem okolju. Te nejasnosti zahtevajo nadaljnje sistematično preučevanje fizikalnih in kemičnih lastnosti (temperature, kalnosti, trdote vode, poraba kisika itd.) zaježenega in trajnejšega jezera. Še posebej pa je treba opozoriti na škodljiv vpliv odplak iz naselij in tovarn na Cerknjškem in Loškem polju.



## Temperature in trdote vode dne 19. in 20. aprila 1971

Vzorec	Trdote v $\text{mNT}$					
	$t^{\circ}\text{C}$	Karb.	Celok.	CaO	MgO	Nekarb.
Narte - Cerkn. j.	12,7	9,2	9,3	7,4	1,9	0,1
Kotličiči	12,1	9,2	9,3	7,4	1,9	0,1
Milčev grič	12,1	9,2	9,3	7,4	1,9	0,1
Pod bungalovi	11,4	9,1	9,2	7,3	1,9	0,1
Pod hotelom	11,3	9,1	9,2	7,3	1,9	0,1
Pri zajetju	11,3	9,1	9,2	7,3	1,9	0,1
Prunkovec	10,3	9,6	9,7	7,3	2,4	0,1
Južni rov Zelških jam		9,8	9,9	7,1	2,8	0,1
Zelške jame	11,6	9,8	9,9	7,1	2,8	0,1
Škratovka	11,4	9,2	9,5	7,4	2,1	0,2
Rakov rokav						
Planinske jame	10,8	8,7	9,0	7,2	1,8	0,3
Malni	11,3	8,7	9,0	7,2	1,8	0,3

## Temperature in trdote vode dne 20. maja 1971

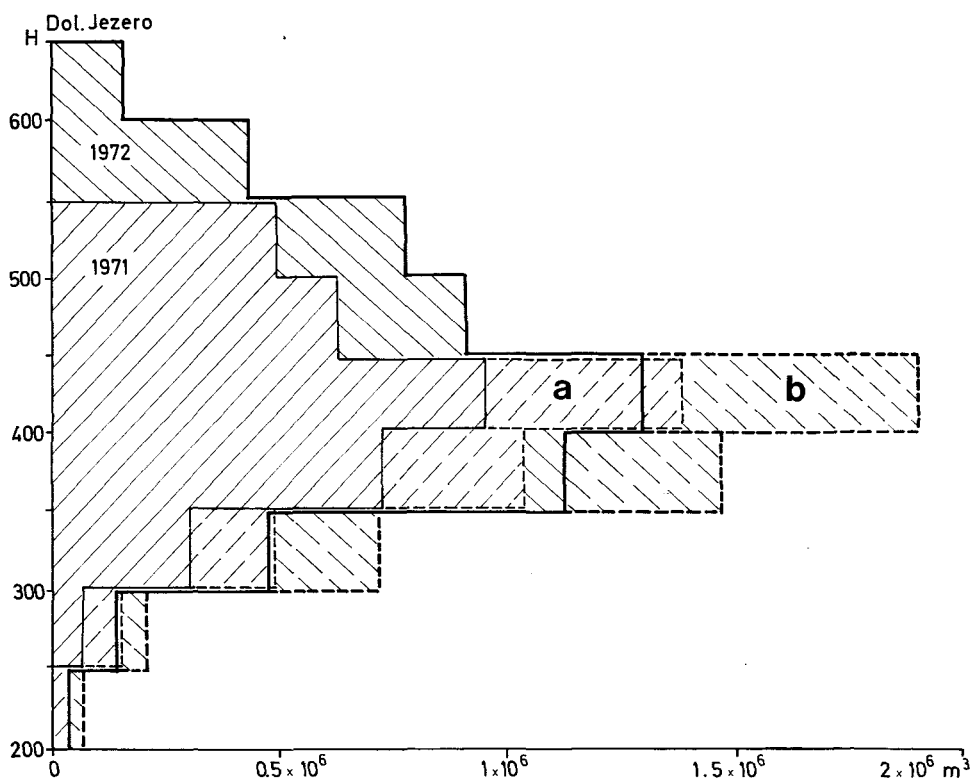
Vzorec	Trdote v $\text{mNT}$					
	$t^{\circ}\text{C}$	Karb.	Celok.	CaO	MgO	Nekarb.
Obrh - Dane	16,5	10,9	11,5	7,9	3,6	0,6
Obrh - Gorenje jezero	9,8	10,1	10,6	7,8	2,8	0,5
Cemun pod steno	9,2	9,9	10,2	7,8	2,4	0,3
Izvir Obrha, luknja	9,1	9,8	10,1	7,7	2,4	0,3
Laški Obrh	7,5	9,2	9,7	8,5	1,2	0,5
Jezero pri Tresencu	20,5	9,5	9,9	8,2	1,7	0,4
Jezero - Otoški Obrh, površje	21,0	8,7	9,1	8,2	0,9	0,4
Pri Otoškem Obrhu, — 2 m	17,0	8,7	9,1	8,2	0,9	0,4
Jezero pri Voglu, površje	20,5	8,5	8,9	8,2	0,7	0,4
Jezero pri Voglu, — 1,4 m	20,5	8,7	9,1	8,3	0,8	0,4
Češlenca	21,0	8,5	8,9	7,9	1,0	0,4
Češlenca, — 4 m	16,0	9,0	9,4	8,4	1,0	0,4
Kotel, površje	21,0	8,2	8,6	7,8	0,8	0,4
Kotel, — 3,5 m	17,0	8,2	8,6	7,8	0,8	0,4
Vranja jama	8,5	8,4	9,0	7,5	1,5	0,6
Bobnarica, površje	21,0	7,8	8,4	7,4	1,0	0,6
Bobnarica- — 4 m	19,0	7,4	7,9	6,9	1,0	0,5
Zajcovke, površje	21,0	7,8	8,4	7,4	1,0	0,6
Otočec, vzh. površje	23,0	8,8	9,3	7,7	1,6	0,5
Stržen, M. ponikva, površje	21,0	9,2	9,6	7,8	1,8	0,4

Vzorec	Trdote v ‰T					
	t <sub>0</sub> C	Karb.	Celok.	CaO	MgO	Nekarb.
Stržen, M. ponikva, — 3,5 m	19,0	9,5	9,9	8,0	1,9	0,4
Jezero sr., povr.	21,5	9,5	9,9	8,0	1,9	0,4
Jezero pred Retjem, površje	21,5	10,2	10,8	7,9	2,9	0,6
Jezero pred Retjem, — 2 m	20,0	10,6	11,1	8,2	2,9	0,5
Vodonos, površje	22,0	9,6	9,9	7,6	2,3	0,3
Vodonos, — 2 m	22,0	9,8	10,1	7,8	2,3	0,3
Rešeto, površje	21,5	9,4	9,8	7,6	2,2	0,4
Rešeto, — 4 m	19,0	9,4	9,8	7,6	2,2	0,4
Suhadolica, površje	22,0	9,4	9,8	7,6	2,2	0,4
Suhadolica, — 2 m	16,0	9,4	9,8	7,6	2,2	0,4
Narte, površje	21,5	9,4	9,8	7,6	2,2	0,4
Narte, — 2 m	21,0	9,4	9,8	7,6	2,2	0,4
Jamski zaliv sr., površje	23,0	9,5	10,0	7,6	2,4	0,5
Jam. zaliv sr., — 1,2 m	22,0	9,5	10,0	7,6	2,4	0,5
Pijavce, površje	25,0	10,4	10,9	7,5	3,4	0,5
Gorički potok	9,1	13,2	13,6	11,1	3,5	0,4
Lipsenjščica	8,8	13,2	13,6	8,0	5,6	0,4
Žerovniščica	9,8	13,6	14,3	8,3	6,0	0,7
Grahovščica	18,0	13,6	14,3	7,8	6,5	0,7
Cerkniščica	18,2	13,6	14,3	7,3	7,0	0,7
Martinj. potok	16,2	11,7	12,1	6,6	5,5	0,4
Zelške jame, Rak	18,2	9,8	10,2	7,4	2,8	0,4
Prunkovec	8,5	10,4	10,8	8,4	2,4	0,4
Izvir, zajetje	17,3	9,4	9,8	7,8	2,0	0,4
Rak, Kotliči	19,4	9,4	9,8	7,8	2,0	0,4
Rak, pod mostom	19,3	9,4	9,8	7,6	2,2	0,4
Malni, spod. izvir	16,5	9,4	9,8	7,8	2,0	0,4
Malni, zgor. izvir	16,5	9,4	9,8	7,8	2,0	0,4
Rakov rokav	14,8	9,2	9,6	7,9	1,7	0,4
Pivški rokav	11,5	9,5	9,9	8,9	1,0	0,4
Škratovka	9,9	17,4	19,2	11,3	7,9	1,8

### HIDROLOŠKI UČINEK POSKUSNE ZAJEZITVE PONOROV

Poskusili smo oceniti vodno količino, ki jo zadržujejo jezovi pred glavnimi ponori na Cerkniškem jezeru in koliko to vpliva na njegovo podaljšanje.

Učinek zajezitve najlaže ponazorimo z zajezeno vodno maso v teku leta. Izračunamo jo iz trajanja jezera pri določeni višini in razlik v požiralnosti pred zajezitvijo in po njej. Celotno zajezeno vodno maso primerjamo po določenih višinah jezera. Na sliki 62 je prikazana zajezena voda za leto 1970 in 1971 v



Sl. 62. Izračunane količine vode (v m<sup>3</sup>), ki so bile zadržane v Cerknškem jezeru z zaježitvijo robnih ponorov pri različnih vodostajih leta 1971 in 1972. Črtkasto je zarisan predvideni dodatni učinek (a — za leto 1971, b — za leto 1972), ki bi ga dosegli z zaježitvijo drugih ponorov v Jamskem zalivu Cerknškega polja

Fig. 62. Calculated water quantities (in m<sup>3</sup>) which were retained in Cerknško jezero by damming up the marginal ponors at different water levels in the years 1971 and 1972. Hatched is pointed the supposed additional effect (a — for the year 1971, b — for the year 1972) which could be attained by damming up the other ponors in Jamski zaliv of Cerknško polje

medsebojnem razmerju po višinah. Največji del zajezene vode je v območju najuspešnejše zaježitve, vendar to ni hkrati v območju najpogostejših vodostajev. Vpliv vodostajev se lepo pokaže v razlikah med letoma 1970 in 1971.

Razmeroma uspešna zaježitev pri srednjih vodostajih med 549 in 550 izgubi svojo veljavnost pri pospešenem praznjenju med 549 in 547 m. Ta učinek smo skušali ugotoviti s primerjavo trajanja vodostajev jezera pred zaježitvijo za leto 1949 in 1950 z vodostaji, kakršni naj bi bili doseženi z zaježitvijo ponorov. Na enak način smo za primerjavo prikazali razmerje dnevnih vodostajev v letih 1971 in 1972, kakršno je bilo po zaježitvi. Po metodi F. J e n k a smo izračunali naravne vodostaje, kakršni bi bili v teh letih, če ne bi bili zaježeni ponori, le

da smo dotok računali iz krivulje požiralnosti in akumulacije, ne pa po Jenkovem sistemu (P. Habič, 1974, 52).

Za primerjavo sta bili zlasti primerni suhi leti 1949 in 1971. Za leto 1949 je bilo predvideno v projektu predvsem izdatno podaljšanje nizkih voda in sicer za 3 mesece v višini 547 m. Leta 1971 so bile dosežene razmere ravno obratne, sorazmerno večje je podaljšanje jezera pri srednjih višinah. Na koti 549 se je jezero podaljšalo za dva in pol meseca, na koti 547 pa se je učinek naglo zmanjšal in je jezero trajalo le 25 dni dalj kot bi sicer.

V letu 1972 se je sorazmerno najbolj podaljšalo jezero na koti 549 in sicer za 4 mesece, na koti 550 je podobno kot na koti 548 trajalo le tri mesece dalj, medtem ko so se nizke vode na koti 547 zadrževale le dva meseca dalj, kot bi se v nezajezenih razmerah. Te ugotovitve se povsem skladajo z že ugotovljeno najbolj učinkovito zaježitvijo ponorov v višini okrog 549 m.

Pri računanju celotnega učinka zaježitve upoštevamo, da je višina jezera odvisna od akumulirane vode, ta pa od razlike med dotokom in odtokom. Prav na tej osnovi je F. Jenko zasnoval ukrepe za stalnejše jezero. Triletni poskus je pokazal, da je načrt v principu pravilen. Učinek pa je manjši, ker projektant ni razpolagal z natančnimi podatki o dotokih in odtokih in ker je iz Jamskega zaliva odtekalo več vode, kot je bilo predvideno. Poskus je omogočil ugotavljanje požiralnosti ponikev in s tem točnejšo cenitev dotoka, obenem pa so se pokazale nadaljnje možnosti uravnavanja režima jezera.

Z zaježitvijo Karlovic in pozneje tudi Nart se je zmanjšala skupna požiralnost robnih požiralnikov, s tem pa se je pospešilo polnjenje, povečala akumulacija in dvignila gladina vode, doseženo je bilo počasnejše praznjenje jezera. Najbolj so zajezeni kanali, ki odvajajo največ vode pri srednje visokem jezeru. Ker pa trajajo visoke vode le krajši čas, je celokupni hidrološki učinek odvisen od pridušitve požiralnosti in od višine jezera, nanjo pa vpliva predvsem letna množina in razporeditev padavin. V sušnih letih je učinek manjši kot v mokrih. Po stalnejšem dotoku v namočenih letih se gladina jezera uravnava po razmerju med dotokom in odtokom. V sušnem letu je jezero odvisno le od praznjenja enkratne akumulacije. Čim višja je, tem dalj se jezero prazni. V tem primeru pa je zelo pomembno, kako in kje so zajezeni ponori. Čim bolj bodo zajezeni najnižje ležeči ponori, tem dalj se bo jezero praznilo in obratno, čim manjša bo zajezitev odtoka nizkih voda, tem manjši bo končni učinek zaježitve, jezero se bo hitreje izpraznilo.

Za nadaljnje izboljšanje učinka drage zaježitve glavnih ponorov, izgradnje umetnega rova in zapornice, bi bilo treba še bolj zajeziti odtok iz Jamskega zaliva in to predvsem pri nižjih gladinah jezera. Leta 1970 je bil izdelan projekt tesnenja posameznih požiralnikov, ki so razporejeni v Jamskem zalivu od Nart do Male Karlovice v dolžini nad 1 km. Popolna zatesnitev teh požiralnikov je zaradi visokih stroškov neizvedljiva pa tudi sicer problematična. Kritično bi se zmanjšala že tako omejena možnost odtoka visokih voda, ki po močnejših nalivih hitro napolnijo jezero do kritične višine. To je potrdila tudi visoka voda spomladi 1972, ko je bil zaradi zajezenih Nart in Male Karlovice precej manjši maksimalni odtok vkljub odprti zapornici in predvideni večji požiralnosti umetnega rova v Veliko Karlovice. Tedaj se je jasno pokazalo, da je treba spremeniti koncept nadaljnega zajezevanja odtoka iz jezera.

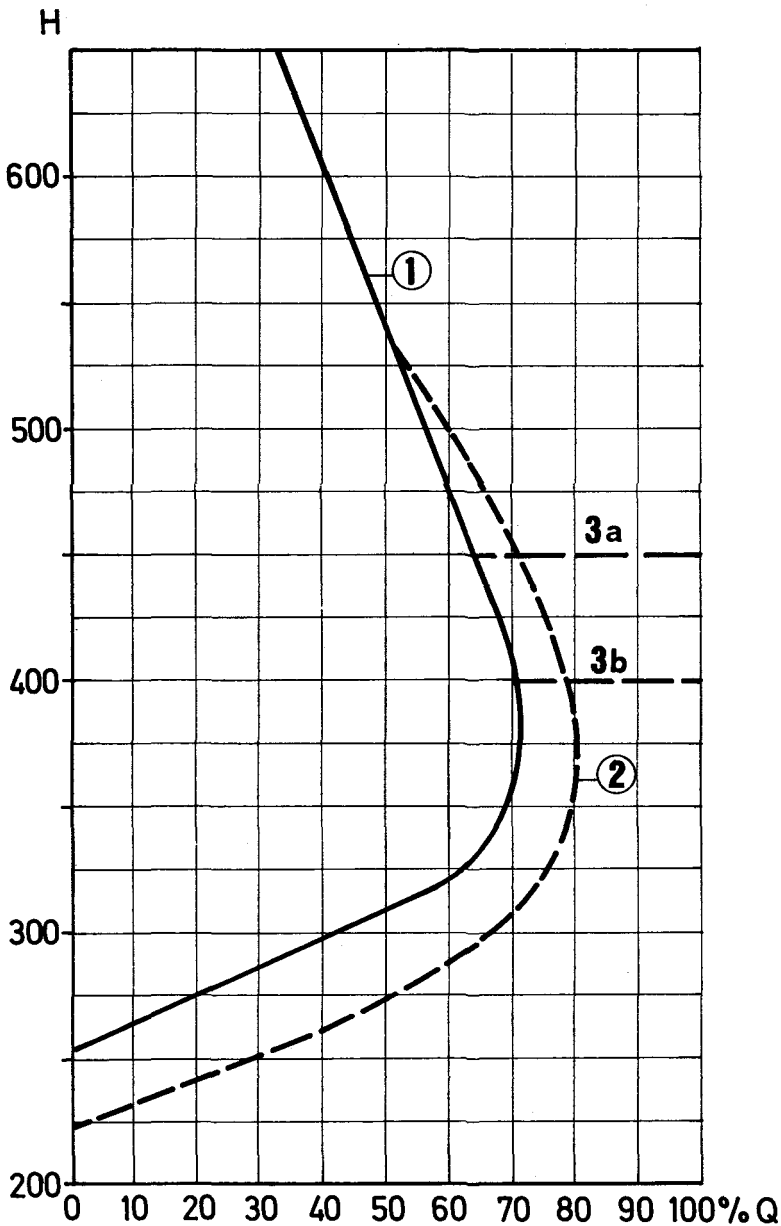
Najugodnejšo zaježitev robnih požiralnikov bi dosegli z nizkim nasipom pred Jamskim zalivom, ki bi v celoti prekinil odtok iz jezera v smeri proti Rakovem Škocjanu, neokrnjen pa bi ostal odtok visokih voda; hkrati bi normalno ponikala Cerkniščica, ki večkrat hitreje naraste kot jezero. Z razmeroma poceni doseženo 100% zaježitvijo jezera v smeri proti Rakovem Škocjanu, kamor poleti odtekajo najbolj segrete plasti jezera, bi bilo presihanje odvisno le od ponikanja vode v dnu jezera. Po sedanjih meritvah računamo, da znaša maksimalna požiralnost teh ponikev okrog  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pri manjšem dotoku bi se jezero praznilo in sicer počasneje kot sedaj, pri večjem pa bi se voda prelivala v Jamski zaliv. Preliv in izpust vode bi bilo treba tako urediti, da bi lahko merili pretoke in po želji tudi hitreje izpraznili jezero, s čimer bi bistveno izpopolnili sedanje podatke o požiralnosti Jamskega zaliva kot tudi o celotnem dotoku v jezero. Primerno urejen nasip bi olajšal uravnavanje jezerske gladine s pomočjo obstoječe zapornice in reguliranjem odtoka v Veliko Karlovico skozi umetni rov. V ta namen bi bilo treba izkopati strugo od Cerkniščice - Stržena do zapornice.

Po sedanjih računih, ki še niso oprti na dovolj natančne podatke o pretokih in požiralnosti, bi bil dosežen maksimalni učinek z nasipom do višine 550 m (sl. 63). Glede na vrsto drugih okoliščin, med katerimi je treba upoštevati tudi cesto Dolenje Jezero - Otok, naj bi segal nasip le do višine 549,5 m. Pri Ušivi loki je ob vznožju Javornikov območje manjših izvirov, požiralniki pa se vrstijo šele od Nart dalje. Nasip je treba nasloniti na skalni breg pred Nartami. Dno polja med Ušivo loko in Dolenjo vasjo je po hipsografskih in geoloških razmerah primerno za zgraditev nasipa. Ilovnato peščene naplavine so tu debele okrog 8 m in v njih ni sledov grezanja in spiranja v zakraselo podlago, zato ni pričakovati odpiranja novih požiralnikov v tem predelu. Ne glede na to, bi bilo treba najmanj dve leti nadaljevati s poskusom in opazovati ter meriti nastale spremembe v nihanju vodne gladine, v temperaturi jezera in v odtoku proti Rakovem Škocjanu.

## **NOVI POGLEDI NA RAZVOJ IN FUNKCIJO KRAŠKIH POJAVOV CERKNIŠKEGA POLJA**

1. Geološko preučevanje je imelo namen dopolniti podatke o stratigrafiji, litologiji in strukturi kamnin kraškega polja in njegovih kraških pojavov.

Zgornjetriasni in spodnjeliasni dolomiti, tu in tam spremenjeni v milonit, gradijo severovzhodno polovico polja ter njegovo severovzhodno obrobje in zaledje. Pretežni del vzhodnega in južnega obrobja, kjer so dotočne jame, ter jugovzhodno polovico dna polja gradijo jurske kamnine. To so skladoviti liasni apnenec, neskladoviti doggerski apnenec in skladoviti malmski apnenec, kamnine, ki vključujejo plasti in gnezda sekundarnega dolomita ter gomolje singenetskega roženca. Ponikve sredi polja so v pretrtem zgornjemalmskem apnencu. Apnenec spodnje krede je najbolj zakrasel in prevotljen, redka gnezda sekundarnega dolomita so komaj kaj vplivala na razpored ponornih rogov v Jamskem zalivu in na tamkajšnje najbolj poglobljeno skalno dno polja.



Sl. 63. Relativno zmanjšanje požiralnosti ponorov ob robu Cerknjškega polja pri različnih vodostajih z zaježitvijo Karlovic (1), z zaježitvijo Nart (2), s predvideno izgradnjo jezua pred Jamskim zalivom do kote 550 (3 a) in do kote 549,5 (3 b)

Fig. 63. Relatively diminished swallowing capacity of ponors on the border of Cerknjško polje at different water levels with damming up Karlovica caves (1), damming up Narte caves (2), with supposed construction of dam in front of Jamski zaliv at 550 m (3 a) and 549,5 m altitude (3 b)

Podrobnejše površinske in podzemeljske oblike kraških pojavov so gotovo odvisne tudi od mikrostrukture in teksture posameznih skladov in litoloških členov. To posebno preučevanje, ki je tudi sicer v našem krasoslovju pomanjkljivo, smo prepustili bodočemu raziskovalnemu programu.

2. Ozemlje Cerknškega polja je sestavni del tektonske enote Visokega kraša. Generalna slemenitev plasti in gub je dinarska, v podrobnosti pa vidimo mnoga odstopanja. V grahovski antiklinali so skladi poviti v različne smeri, v kompleksu Javornikov potekajo plasti tudi proti severu in severovzhodu. Najbolj pa se slemenitev menjava na obeh straneh predjamskega nariva med Rakekom in Danami, kjer je mezozoik Kamne gorice, Slivnice in Gradišča z zgornjetriasnim dolomitom v podlagi narinjen na mezozoik Javornikov s spodnjekrednim apnencem v krovlini. Ta tektonski stik različnih kamnin ob predjamskem narivu in tod potekajoči coni idrijskega znika s spremnimi rupturami je bil odločilnega pomena za zasnovo kraškega polja in njegov razvoj do današnje izrazite depresije.

Statistično in genetsko kartiranje ruptur je pokazalo njihovo prostorsko orientacijo v NW—SE in NE—SW, posebej še v N—S smeri. V številnih golicah okrog polja so različno usmerjeni skladi najbolj pretrti z mlajšimi razpokami v N—S smeri. Starejše razpoke so glede na sklade vzdolžno in počez orientirane, zato v smereh zelo neenotne. S položnimi lezikami v mnogih primerih sestavljajo mrežo stopnjastih špranj. Njih stene so prevlečene z limonitno skorjo, ki se je domnevno izločila iz prenikujoče vode v določeni globini, tedaj ko je bilo površje še znatno bolj pokrito s kraško prstjo, morda tudi s starejšimi kvartarnimi naplavinami kot danes.

Mnoge razpoke so spremenjene v prelome z vodoravnimi in poševnimi drsami. Ob bolj izrazitih takih prelomih oziroma conah so se domnevno razvile morfološke stopnje, grape, doline in zatrepi, pa tudi preme robne stene kraškega polja npr. v Jamskem zalivu, ob Zadnjem kraju in drugod. Tektonska pretrtost je po eni strani prispevala k pospešenemu krušenju skalnih robov v klimatsko ugodnih pogojih, po drugi strani pa morda tudi k nastajanju višinskih razlik med posameznimi relativno premaknjenimi morfološkimi enotami. Iz splošne geološke zgradbe polja in okolice lahko sklepamo, da sta se v terciarni in kvartarni dobi obe krili predjamskega nariva relativno premaknili 1,5 km po višini in 1 km po ravnini. Orientacijsko vrednost za neotektonsko intenzivnost ob dislokacijah pa dajejo prelomljene kvartarne in holocenske naplavine pri Rešetu, kjer smo lahko presodili na premike okrog 4 mm/10 let. Ta intenzivnost pa je lahko, če se je uveljavljala tudi v skalni podlagi in vsem kvartarju, bistveno odredjala učinkovitost mehanske in kemične denudacije v posameznih predelih ožjega in širšega območja Cerknškega polja.

Študij struktur v kamninah Cerknškega polja je seveda močno otežkočen, saj je skalno dno razkrito le ob strugi Stržena in pri ponikvah. Dosedanje vrtine so ugotovljale le debelino naplavin in globino skalne podlage, ne pa npr. potek in naklon narivne ploskve med zgornjetriasnim dolomitom v strukturni krovlini in jurskimi oziroma spodnjekrednimi apnenci v strukturni talnini. Za rešitev hidrogeoloških in geoloških ter geomorfoloških ugank bi bile globlje vrtine tod zelo koristne.

3. Morfografska analiza reliefa je zajela višinske značilnosti posameznih reliefnih elementov kot so vrhovi in police na apnencih in dolomitih ne glede

na zgradbeni položaj. Ti reliefni elementi naj bi bili skladni z zakonitostmi fluvialnega ter korozijsko denudacijskega preoblikovanja. Ugotovljenih je več faz poglobljanja in uravnavanja reliefa.

Razlikuje se kraško korozijsko površje na apnencih ob jugozahodnem robu polja od bolj fluvialnih in denudacijskih oblik na dolomitih na severovzhodni strani. Očitne so premočrtne strmine pobočij, vršne in vznožne uravnave, zatrepi, žlebovi, kopasti vrhovi in globeli na apnencih, medtem ko na dolomitih prevladujejo razsežnejše uravnave, vzdolžna slemena, nerazčlenjene police, mlade doline in ponekod tudi večja nerazčlenjena pobočja, ki prehajajo v položne vznožne ravničke.

Reliefne razlike med dolomitom in apnencem so v drobnem izrazite, manj jasne pa so višinske razlike med ostanki uravnjav in polic na različnih kamninah. Te ostanke smo primerjali v domnevi, da so erozijsko denudacijskega porekla in če so približno v enakih višinah, naj bi pripadali isti razvojni fazi. Za drugačno vzporejanje sorodnih površin v različnih višinah pod vplivom mladih tektonskih premikov doslej še nimamo nobenih primernih izhodišč. Glede na novejšo izsledke o mladotektonskih vplivih na oblikovanje reliefa (U. P r e m r u 1976) pa ostaja ta problematika odprta.

Doslej samo s kraškimi procesi ni mogoče pojasniti, zakaj so se površinske vode prestavile v podzemlje le v predelih med polji. Nekoliko vprašljiva je tudi teza o izključno kraškem poglobljanju polj. Teoretično izhodišče za denudacijsko korozijski razvoj polja sloni na razlikah v kamninski podlagi, stiku apnencev in dolomitov ter na površinski koncentraciji kraških voda na območju polj. Teoretično izhodišče o korozijskem nastanku kraških polj kot posebnega odseka robnih ravnin za Cerknjsko polje ni v celoti zadovoljivo. Manjka namreč izrazitejši ostanek takšnega ravnika na obrobju. Prav tako pa z njim ne moremo v celoti računati tudi pod naplavinami, saj je ugotovljena precej razčlenjena skalna podlaga.

Oblikovanost skalnega dna pod naplavinami nakazuje izdatnejšo erozijsko in lokalno poglobljanje ob glavnih tokovih, kjer so se pred ponori mešale vode površinske Cerknjske in pretežno kraške vode Stržena. O izdatni korozijski aktivnosti in izvotljevanju podzemlja pričajo velike udornice za Jamskim zalivom, ki izdatno presegajo volumne recentnih podzemeljskih vodnih rogov. Vse so nastale nad še neznanimi jamskimi rovi. Vprašanje pa je koliko lahko po teh podorih sklepamo na širjenje in poglobljanje roba in dna polja s korozijskim izvotljevanjem in podiranjem votlin.

V porečju Cerknjske smo sledili postopnemu fluvialnemu razvoju površja ob večkratnem poglobljanju dolin in občasnem uravnavanju. Pri tem je bila potrjena zanimiva starejša pretočitev površnega dela na območju Blok, prav tako pa tudi mlajša pretočitev v spodnjem toku Cerknjske od Begunj navzdol proti Cerknjskemu polju. Razvoj predorne doline med Begunjami in Cerknico še ni dovolj pojasnjen, zanimiva pa je njena lega na meji dveh reliefnih enot Ravnika in Slivnice, njen potek je vezan na izrazit prečni prelom. Vzrok za pretočitev pa je verjetno iskati v izdatni poglobitvi Cerknjskega polja. Ker so tudi vode na Blokah in v Loški dolini večkrat preusmerjene iz dinarske v prečno smer proti SW, bo treba ta skupen vzrok še preučiti. Ni izključeno, da je povezan z izdatnejšim dviganjem NE obrobja ali grezanje SW dela ob idrijskem izmiku. Morda bomo lahko z diferenciranim mladotektonskim premikanjem



ožjih zgradbenih enot, kot smo jih bili vajeni doslej le ob glavnih prelomnih linijah, razložili tudi razlike v reliefni oblikovitosti in hidrogeološkem režimu med Loškim in Cerknškim poljem. Očitno je predvsem razgaljena skalna podlaga sredi Loškega polja v nasprotju s potopljeno skalno podlago pod naplavinami Cerknškega polja. Takšna različnost pa je značilna le za posamezne dele obeh polj. Vzhodna stran Cerknškega polja je glede na starejšo skalno podlago mnogo bolj sorodna vzhodni polovici Loškega polja, spodnji del Loškega polja pa je bolj podoben osrednjemu delu Cerknškega.

Analiza reliefnih polic v porečju Cerknšice in zatrepov pri Bločicah ob vzhodnem robu Cerknškega polja kaže na postopni erozijsko denudacijski razvoj. Premočrtna pobočja Slivnice in Javornikov pa opozarjajo na bolj diferencirane procese. Ponekod sežejo ta pobočja do današnjega dna, drugod pa le do starejših polic ob dnu polja. Prav tako pobočja Slivnice postopoma prehajajo pod naplavino polja. Novejše raziskave opozarjajo na mlade tektonske premike pri oblikovanju ne le najnižjih predelov, temveč celotnega obrobja kraškega polja. V tej smeri pa razvoja reliefa v območju in širši okolici Cerknškega polja doslej še nismo preučevali, zato ostajajo nakazana vprašanja povsem odprta.

4. Kvarterni sedimenti so ohranjeni na zakraselih uravninah in pobočjih ter na skalnem dnu polja.

Sedimenti na obrobju so pretežno ilovice, peski, prodovi alohtonega izvora. Prodne frakcije sestavljajo boksit, peščenjak in roženec, vendar ni vodilnih sestavin, da bi mogli zanesljivo ugotoviti njih izhodiščno kamnino. Ker gre za relativno stare kvartarne odkladnine, ki so bile udeležene pri raznih denudacijskih procesih oblikovanja obrobja, je njih stratigrafska vrednost majhna oziroma težko določljiva. Na novo odkriti profil takih sedimentov v pobočju nad Zadnjim krajem je v toliko interesanten, ker so dobro zaobljeni prodniki peščenjaka prepereli. To daje slutiti, da so še pred odložitvijo v kraško kotanjo, kjer smo jih našli, bili izpostavljeni mehanskemu in kemičnemu preperevanju.

Petrografske in granulacijske pestre fluvialne naplavine na skalnem dnu polja odražajo zasipne in erozijske faze pri nastajanju današnje naplavne ravnice polja. Talna plast ima klimatske značilnosti suhe in tople klime, naslednje krovne plasti pa značilnosti odlaganja v hladnejših razmerah mlajšega kvartarja, kar dokazujejo absolutna datacija rastlinskih ostankov in vršaj dolomitnega, delno apnenčevega grušča z znaki trajnega zmrzovanja iz zadnjega würmskega stadiala. Palinološke in sedimentološke analize se dobro ujemajo s spoznanji o speleogenetskih procesih v obrobjih jamah. Zato je bilo mogoče sestaviti domnevne razvojne sheme o nastajanju današnje nasipne ravnice polja za čas mlajšega kvartarja in holocena.

Klastično gradivo so naplavili površinski tokovi iz severnega zaledja in obrobja, peščen in ilovnat material pa so odložile delno izvirne vode, delno pa hudourniški potoki, ki so se občasno stekali na polje iz južnih in vzhodnih pobočij.

5. Speleološke pojave smo delili v tri pomembnejše skupine. V prvo skupino uvrščamo ponorne jame na zahodnem obrobju polja, v drugo izvirne jame v južnem in vzhodnem obrobju, v tretjo pa smo uvrstili vse votline v kraškem dnu polja, kjer so vidne neposredno v skali ali pa se odražajo skozi naplavino kot požiralniki, ponikve, grezi, plitve rupe in estavele. Pomembno

je spoznanje o večjem spletu ponornih rogov bliže polju, ki se združuje v nekaj poglavitnih odvodnih kanalov. Takšni odvodni kanali so ponekod zarušeni s podori, kar bistveno vpliva na njihovo prevodnost. Predpostavljamo, da so bili odtočni rovi izoblikovani singenetsko do skalnega dna polja, to je do višine 533 m, pozneje pa zasuti in paragenetsko preoblikovani vzporedno z zasipanjem polja do višine 548 ali 550 m. Zasipavanje je torej bistveno vplivalo na morfo-genetske in hidrografske razmere na ponorni strani polja. Le delno smo mogli vzporejati erozijske in akumulacijske procese na površju in v podzemlju. S tem v zvezi je odprto še nekaj vprašanj, ki jih bo treba rešiti z nadaljnimi preučevanji speleogeneze in kvartarnih dogajanj na površju. V splošnem velja, da so alohtoni sedimenti in jamah in podori poglavitne ovire za hitrejšo odtokanje vode s polja. Umetno odkopavanje ali zajezevanje le nekaterih vhodnih rogov samo delno vpliva na prevodnost celotnega spleta.

Izvirne jame so v primerjavi s ponornimi veliko manj dostopne. Domnevamo, da so zasute z naplavinami in podori, ali pa so sifonskega značaja. Žerovniščica, Steberščica in Vranja jama pa tudi Suhadolca so vsaj mestoma sifonskega značaja. Ob izviri Stržena pa podorni zatrepi in naplavine zapirajo vhode v podzemlje. Morda je treba takšne speleološke razmere ob izviri pripisati njihovi razpršenosti, da nimamo podobnih izvirnih jam kot so npr. Planinska jama ali pa Zelške jame.

Za spoznavanje speleoloških razmer na pritočni strani polja so posebnega pomena druge jame globlje v zaledju, med njimi zlasti Križna jama, ki kažejo precejšnjo skladnost v morfogenezi podzemlja in površja na pritočni strani polja. Potrebna pa so še nadaljnja preučevanja in primerjave.

V položaju speleoloških pojavov v dnu polja ter v njihovi obliki in funkciji se odražajo procesi obnavljanja zakrasevanja skalne podlage. Spiranje naplavin v prevotljeno podlago je bilo zlasti intenzivno po zadnjem würmskem zasipu, ugotovljeni pa so podobni procesi tudi v naplavinah starejšega zasipa. Stari in novi grezi niso povsod enako intenzivni, njihova aktivnost pa je nedvomno vezana na različno aktivne cone podzemeljskega pretakanja. Posebno izdatno je spiranje na robu poplavne cone, kjer je strmec podzemeljskih voda največji. Pri umetnih zaježitvah pa je gradient umetno pomaknjen bolj v osredje, kjer se v neuravnoteženih umetnih hidroloških pogojih obnavljajo že stari neaktivni požiralniki. Razvoj grezov pri Vodonosu in Rešetu kaže na intenzivno spiranje in grezanje v zgodovinski dobi, pa tudi za delno aktiviranje tega procesa pod vplivom poskusne zaježitve ponorov, ki je začasno dvignilo gladino jezera. Očiten je postopen razvoj grezov od Stržena proti NE z vedno globljim zarezovanjem v vršaj Cerkniščice.

Pri polnjenju jezera voda postopoma zaliva požiralnike, le pri estavelah se voda dviga iz kraškega podzemlja hkrati v izoliranih rupah in skalnih votlinah. Pri praznjenju se voda postopno umika iz posameznih skupin požiralnikov v podzemlje. To zniževanje gladine je v nekaterih predelih bolj odvisno od splošnega zniževanja kraške vode kot od površinskega dotoka v ponikve, rupe in estavele. Opazovanje vodnih razmer ob usihanju jezera in njegovem naraščanju nakazuje medsebojno hidrografsko odvisnost in podzemeljsko povezanost večine speleoloških pojavov v dnu polja z omejeno skupno prepustnostjo. Računati moramo tedaj z različno požiralno sposobnostjo posameznih požiralnikov pri naraščanju in upadanju jezera.

Estavele prevladujejo v Zadnjem kraju in ob vzhodnem bregu Drvošca, medtem, ko vse druge votline v dnu polja delujejo predvsem kot ponikve. Ni pa izključeno, da se v posebnih hidroloških pogojih ne dvigne gladina kraške vode do površja v nekaterih ponikvah še predno oživi Stržen.

6. Za hidrološke razmere Cerkniškega polja so zlasti pomembne razlike v prepustnosti apnencev in dolomitov. Dolomiti so vloženi med apnenec sedimentološko ali pa sekundarno s tektonskimi premiki in jih omejujejo prelomi ter narivi. Razporeditev požiralnikov in ugotovljene podzemeljske vodne zveze kažejo, da del vode odteče iz Cerkniškega jezera neposredno v izvire Ljubljanice, Lubije in Bistre. Jezerske talne ponikve so razporejene približno v 1 km široki coni, ki prečka Cerkniško polje nekako po sredi od juga proti severu.

Pretočnih razmer Cerkniškega jezera ni mogoče dovolj natančno opredeliti zaradi hidrometričnih problemov. Niti dotoka, niti odtoka iz jezera ni mogoče v celoti izmeriti. V tem je osnovna težava vseh hidrotehničnih načrtov za uravnavanje vodnega režima. Z barvanjem so sicer dokazane vse pomembne vodne zveze, vsa dosedanja sledenja podzemeljskih voda, razen morda zadnjega v letu 1975, pa niso veliko prispevala h količinski opredelitvi obravnavanih zvez. V tem pogledu bo treba zasnovati samo za Cerkniško jezero poseben niz poskusov, ki naj dopolnijo vrzeli v dosedanjem preučevanju njegovega hidrografskega zaledja in celotnega ponornega sistema.

Prikazane metode preučevanja vodnega režima in njegovega urejanja z odpiranjem ali zajezevanjem požiralnikov in ponorov na obrobju so se pokazale kot nezadostne, včasih tudi neprimerne. Poskusna zajezevanja ponorov je sicer omogočila nekaj novih spoznanj o hidroloških razmerah Cerkniškega jezera in njegove okolice. Koristna so zlasti drobna opazovanja polnjenja in praznjenja jezera kot tudi približno računsko ovrednotenje poskusa. Ugotovljeno je daljše zadrževanje visokih voda in večji vpliv umetnega zajezevanja na vodni režim v namočenih letih ter sorazmerno majhen učinek zajezevanja v sušni dobi in manj namočenih letih.

Podatki o temperaturi in trdoti vode dopolnjujejo predstavo o razporeditvi različnih izvirnih voda v jezeru, računati pa je z različnim mešanjem v odvisnosti od količine in trajanja dotoka iz določenega predela. Umetne pregrade v strugi Stržena in pred požiralniki pospešujejo poleti odtekanje tople površinske vode v ponore. Izdatno segreta jezerska voda občutno vpliva na temperaturni režim izvirov tako v Rakovem Škocjanu kot tudi v Malnih na Planinskem polju.

Uspešnejši poseg v vodni režim in njegovo umetno uravnavanje je mogoč edino s podzemeljsko zatesnitvijo vodnih kanalov, po katerih odteka jezerska voda v talnih ponikvah in požiralnikih pod površjem polja. Predno pa bi se dejansko odločili za takšen poseg, je treba ovrednotiti ekološke posledice, ki bi jih dosegli z bistveno spremembo vodnega režima tega svojevrstnega presihajočega kraškega jezera.

### Summary

#### KARST PHENOMENA OF CERKNIŠKO POLJE

Among all karst poljes in Ljubljana river basin as well as in Slovenia, Cerkniško polje is the biggest and the most famous because of its extension and duration of floods. The whole polje's bottom amounts to about 35 km<sup>2</sup> and the greatest flood, on the elevation of ground surface 552, comprises about 26 km<sup>2</sup> of surface and contains about 70 millions m<sup>3</sup> of water. Never flooded land, convenient for farming, is very scarce on this karst polje, only 1/3 of total surface. Because of water level oscillations between 548 and 552 m the lake extension changes. The highest waters last for short time only, therefore higher lying polje's regions can be partly utilized for meadows and pastures. Also in the area, where it is flooded for the longest period, in Zadnji kraj (The Last End), where only reed is growing, the farmers are getting litter. Unstable water conditions are the most inconvenient, therefore so much experiments and projects for regulation of Cerknica lake exist. On Cerkniško polje the floods last in average about eight months per year, sometimes less and sometimes the water does not flow away during the whole year. That is why the flooded karst polje is named lake. As it dries up for some months, we can call it temporary karst lake too. From hydrologic point of view this is not a real lake but is only a sort of river-side flood, regulated by precipitations. The floods appear because of limited permeability of swallow-holes and underground channels, which are distributed on the bottom and border of polje. When the inflow to polje surpasses the outflow through several ponors, the flood increases, when the inflow is smaller from ponor swallowing capacity the lake decreases and finally dries up.

At karst studies karst poljes take a special place. Represented by extensive flattened surface with flowing and flood waters and convenient agricultural areas they were, in spite of less favourable karstified border, the objects of year lasting endeavours and studies of natural phenomena in order to ameliorate their economic exploitation. Seldom in karst the economic interests have been so tightly connected by scientific investigations as just on karst poljes. This is proved also for the time of first notes about karst phenomena from Valvasor (1689) onwards and up to actual days when still there are several problems of this polje not yet solved. We can either say that several new, theoretically deepened natural science perceptions and practical economic demands in karst regions again and again put the phenomenon of karst poljes hydrography in first plan before other investigation regions. It keeps for Cerkniško polje because of its important geographic position in Slovenia and it represents a basic compositional part of Ljubljana karst river basin inspiring on it and in its vicinity an intensive and vivid economic life.

As nature preserve, space and general economic problems are treated elsewhere, we are interested within the frame of our title mostly in natural science part of Cerkniško polje. But here too we have to limit ourselves to karst landscape and to karst processes, to chronological genetical treatment where the actual facts about geology, hydrology and hydrogeology will complete the conclusions about origin and development of our largest karst polje.

The most important questions will be, when and how the polje has originated, how has developed in the middle of karst area the actual polje flattening and its more or less steep borderland with karstified surface and underground. These questions

have been posed by almost all previous investigators of Cerknjsko polje without giving satisfactory answers.

Our endeavours can be only an experiment in this direction which differs from others in the extent of new facts and analyses and in the explanation of some new perceptions.

#### GEOLOGY AND HYDROGEOLOGY

Geological studies wanted to complete the unknown data about the stratigraphy, lithology and rock structure of karst polje and its karst phenomena (B. Haquet 1779; N. Lipold 1857; W. Putick 1902; F. Kossmat 1905; A. Löhnberg 1934; G. Spöcker 1932; B. Milovanović 1937; J. Žurga 1940; M. Pleničar 1954; M. Pleničar et D. Kerčmar 1959; S. Buser 1965; 1966).

Uppertriassic and Lowerliassic dolomites, here and there changed to milonite, build northeastern polje's part and its northeastern borderland and hinterland. The greatest part of eastern and southern border, where the inflow caves lie and southeastern half of polje's bottom are built by Jurassic rocks. These are bedded Liassic limestone, non-bedded Dogger limestone and bedded Malm limestone, rocks including beds and nests of secondary dolomite and knobs of syngenetic chert. The ponors in the middle of the polje lie in crushed Uppermalm limestone. The limestone of Lowercretaceous is the most karstified and cavernous, rare nests of secondary dolomite cannot influence to distribution of ponor channels in Jamski zaliv (Cave Bay) and to there lying the most deepened rocky polje's bottom.

Detailed surface and underground shapes of karst phenomena surely depend also from microstructure and texture of singular beds and lithologic members. These special studies, which otherwise are non-sufficient in our karstology, we shall leave for further investigation program.

Cerknjsko polje region represents an element of High karst tectonic unit. General beds and folds direction is dinaric, while in details several deviations are seen. In Grahovo anticline the beds are directed in different directions, in Javorniki Mts. the beds are oriented towards north and northeast. The best expressed changes are situated on both sides of Predjama overthrust between Rakek and Dane, where Mesozoic of Kamna Gorica, Slivnica and Gradišče with Uppertriassic dolomite in base is overthrust to Mesozoic of Javorniki with Lowercretaceous limestone in mantle rock. This tectonic contact of different rocks at Predjama overthrust and here lying zone of Idrija wrench-fault with accompanying ruptures have the greatest importance for origin of karst polje and its development up to actual expressive depression.

Statistical and genetical mapping of ruptures (P. Bankwitz 1966; R. Gospodarič 1973) has shown their space orientation in NW—SE and NE—SW direction, specially in N—S direction. In several exposures round polje differently directed layers are mostly fractured by younger joints of N—S direction. Older joints are oriented, regarding the beds parallel or transverse, therefore quite different in directions. With gentle bedding-planes in several cases compose a net of stepped fissures. Their walls are covered by limonite crust, supposed to be extracted from percolating water in defined deepness in the period, when the surface has been much more covered by karst soil and perhaps also by older quaternary sediments as today.

Several fissures were changed to faults with horizontal or inclined sliding-planes. Near such, more expressed faults, zones respectively, have developed presumably morphological steps, ravines, valleys and steepheads, but also straight escarpments

of karst polje, f. e. in Jamski zaliv, at Zadnji kraj and elsewhere. Tectonic crushed zone contributed on one hand to accelerated corrosion of rocky borders in climatically favourable conditions, and on other hand perhaps also to development of altitude differences among singular relatively displaced morphological units. From general polje's and neighbourhood geologic structure (J. Rus 1925; I. Mlakar 1967; M. Breznik 1969) can be concluded, that in Tertiary and Quaternary both limbs of Predjama overthrust have relatively displaced for 1,5 km in height and 1 km in length. Orientation value for neotectonic intensity at dislocations has been given by fractured quaternary and holocene sediments near Rešeto, where the displacements about 4 mm/10 years have been stated. If this intensity has occurred also in rocky basement in the whole Quaternary it could essentially define the efficacy of mechanical and chemical denudation in particular regions of narrow and wider area of Cerknjsko polje.

The structures study in Cerknjsko polje rocks is evidently rendered more difficult as the rocky bottom lies uncovered only at Stržen river bed and near ponors.

Previous bore-holes have stated only the thickness of sediments and depth of rocky basement, and not f. e. strike and dip of overthrust plane between Uppertriassic dolomite in structural hanging wall and Jurassic, respectively Lowercretaceous limestone in structural footwall. Deeper bore-holes would be very useful for solving the hydrogeological, geological and geomorphological problems.

#### THE RELIEF FORMATION IN THE CERKNIŠKO POLJE REGION

Morphographic relief analysis has included the altitude properties of particular relief elements as are summits and shelves on limestone and dolomite without any regard to structural situation. These relief elements are supposed to be accordant with fluvial and corrosional-denudation transformations. Several phases of relief deepening and flattening were stated.

The karst corrosional surface on limestone at SW polje's border differs from more fluviatile and denudation forms on dolomite at NE side. Evident are straight escarpments, upper and lower flattenings, steepheads, ample summits and clefts on limestone, while on dolomite extensive flattenings, longitudinal ridges, non-dissected shelves, young valleys and somewhere big, non-dissected slopes passing on to gentle foot valleys, predominate.

Relief differences between the dolomite and the limestone are very expressive in detail, while the altitude differences between flattening remnants and shelves on different rocks are less clear. These remnants have been compared with supposition that they have erosional-denudation origin and, if they are approximatively on the same altitude, they could belong to the same development phase. For different comparison of allied surfaces in different heights under the influence of young tectonic displacements we have not yet any convenient starting-points. Regarding the actual results about young tectonic influences to relief formation (U. Premru 1976) this problem remains unsolved.

Till now it was not possible to explain (only with karst processes) why the superficial waters have moved to underground only in the regions among poljes. Questionable remains the hypothesis about exclusively karst poljes deepening. Theoretical starting-point for denudation-corrosional polje's development is based on differences in rocky basement, limestone and dolomite contact and on superficial

concentration of karst waters on poljes area. Theoretical starting-point about corrosional karst poljes origin representing a special part of marginal valleys is not completely satisfactory for Cerknjsko polje.

Opinions revision about Cerknjsko polje origin:

Testonic collapse	Erosional	Corrosional origin
W. Putick, 1888		
	F. Kraus, 1894	
	J. Cvijić, 1895; 1926	
V. Knebel, 1906		
	F. Kossmat, 1897; 1916	
	H. Krebs, 1924	
	J. Rus, 1925; 1930	
	G. Spöcker, 1932	
	A. Löhnberg 1934	
	A. Hočevar, 1940	
	M. Pleničar, 1953	
	A. Melik, 1955	
	F. Jenko, 1959	
		D. Kuščer, 1963
		I. Gams, 1965; 1966; 1973

The shape of rocky bottom below the sediments proves substantial erosional and local deepening at main streams, where before the ponors the waters of superficial Cerknjsčica have mixed with mostly karst waters of Stržen. Great corrosional activity and underground cavitation prove big collapsed dolines behind Jamski zaliv, substantially exceeding the volumes of recent underground water channels. All of them have originated above unknown cave passages. The question remains, how much these collapses could influence to widening and deepening of polje's border and bottom by corrosional hollowing and collapsing of cavities.

In Cerknjsčica river basin we have followed the successive fluvial surface development at several valleys deepening and temporal flattenings. The interesting older through flow of headwater from Bloke region has been here confirmed as well younger through flow in lower flow of Cerknjsčica from Begunje downwards Cerknjsko polje. The development of cut valley between Begunje and Cerknica is not yet enough explained, but its situation is interesting on the limit of two relief units of Ravnik and Slivnica, its lapse is connected with expressive cross fault. The reason for through flow can possibly be found in efficaceous deepening of Cerknjsko polje. As the waters of Bloke and Loška dolina were several times oriented from dinaric to cross direction towards SW, this common reason has to be still studied. One cannot exclude that it is connected with efficaceous elevation of NE border or well with subsidence of SW part near Idrija wrench-fault. Perhaps by differentiated young tectonic displacement of restricted structural units, which we met till now only at

main fault lines, we could explain also the differences in relief shape and hydro-geologic regime between Loško and Cerknjško poljes. Specially evident is denuded rocky basement in the middle of Loško polje in contrary with immersed rocky base under the sediments of Cerknjško polje. Such difference does not exist between two poljes in total but among particular parts of both poljes. The eastern side of Cerknjško polje is, regarding the older rocky basement much more similar to eastern part of Loško polje, while the lower part of Loško polje much more resembles to Cerknjško one.

The analysis of relief terraces in Cerknjščica river basin and steepheads near Bločice at eastern side of Cerknjško polje shows to gradual erosional-denudation development. Rectilinear Slivnica and Javorniki slopes show much more differentiated processes. Somewhere these slopes attain the actual bottom, elsewhere only older shelves near the polje's bottom. Alike the Slivnica slopes pass by degrees under the polje's sediments. Recent investigations draw the attention to young tectonic displacements at formation not only of the lowest parts but of the whole border of karst polje. According to this direction the relief development in the area and wider extent of Cerknjško polje has not yet been studied, therefore the indicated questions remain completely unsolved.

#### QUATERNARY SEDIMENTS

The quaternary sediments are preserved on karstified flattenings and slopes and on the rocky polje's bottom.

The sediments on the border are composed mostly by clay, sand and pebbles of allochthonous origin. Pebble fractions are composed by bauxite, sandstone and quartz, but there are no leading groups rendering possible the statement of sure original rock. As the sediments in question are relatively old quaternary one, being engaged at different denudation processes of border formation, their stratigraphical value is small respectively difficult to be defined. Recently discovered profile of such sediments in the slope above Zadnji kraj is interesting as well rounded sandstone pebbles are weathered. One can guess that before being put into karst trough, where have been found, they have been exposed to mechanical and chemical weathering.

Petrographically and regarding the granulation various fluvial sediments on the rocky polje's bottom reflect the accumulation and erosional phases at the development of actual alluvial polje's plain. Ground layer has the climatic properties of dry and warm climate, the further overlying beds the properties of accumulation in cooler conditions of younger Quaternary, which is proved by absolute datation of vegetation rests and alluvial fan of dolomitic, partly limestone rubble with signs of permanent freezing from late Würm stadial. Palinologic and sedimentologic analyses correspond well with perceptions about speleogenetic processes in marginal caves. Therefore the supposed development outline about the origin of actual alluvial plain for the period of younger Quaternary and Holocene could be composed. By composing we have considered already published data about alluvions (M. Pleničar 1954; A. Šercelj 1969; 1974) and about speleogenesis of karst caves on the border (R. Gospodarič 1970; 1974; M. Brodar & R. Gospodarič 1973).

1. Initial first phase is presented by karst deepening and formation of rocky polje's bottom and correspondant effluent and influent caves at the levels between 545 and 540 m. Rocky bottom has in the area of Goričica a little higher ridge in



N—S direction which has influenced to the further sedimentation process. Goričica ridge itself and other residual hills and caves on the border above 570 m are indicators for older bottom which is not treated in our outline.

2. In second phase unequal rocky bottom deepening is supposed in western polje's part up to 536 m and in these altitudes the corresponding outflow caves. Karstification could be expressed elsewhere on the polje too but not so significantly.

3. Formation of rocky basement was stopped by sedimentation of yellow brown thin-bedded clay passing upwards to brown sandish clay with weathered dolomite rubble and pebble. Because of this first, older accumulation the hydrographic conditions of Cerknisko polje have essentially changed. Several swallow-holes and caves on the border have been buried, probably up to 548 m.

4. The sediments of older accumulation were exposed to weathering and washing off, superficial streams have cut their beds in them. A part of sediments has been washed off into influent caves and in the karstified rocky basement, the function of old ponors was somewhere renewed. The altered older accumulation shows that it was exposed for longer time to transformation in relatively dry and arid climatic conditions, when several limonite concretions and crusts and limonite tubes around stalks and roots of different shave-grasses originated. In this period the erosion surely predominated, removing an essential part of older accumulation, but not all of it and not everywhere the same quantity. Climate was favourable for sinter development in the caves.

5. Strongly transformed older accumulation has been covered by grey lacustrine loam, which is the best preserved in the middle polje's part. In lower beds of this loam there is somewhere pebble and sand material which shows, according to vegetation, the end of cold older Würm and passage to overlying lacustrine loam. Its fossil pollen reflects less cold climate, sedimentation according to A. Šercelj (1974) was going on between 30 000—50 000 years in humid climate of middle Würm. The then lake level is supposed to oscillate for several metres and has evidently reached the ponor caves. Here the sediment covered the entrance parts and spread all over the old concretions. Deeper in the cave the water table was lower, therefore the sinter growth was only temporary interrupted and sinter deposited here and in other karst caves of wider vicinity, f. e. in Križna jama or Postojna Cave System.

6. Before the polje was filled up, the lacustrine loam has been partly eroded mostly on western side and in marginal caves. The resulting hollows have been quickly levelled by clay, dolomitic and other rubble, which have been transported from northern hinterland by Cerknjščica precursor. Cerknjščica alluvial fan has covered the western polje's half and damed up the waters from the eastern polje's half. This was assessed on the base of there lying brown grey clay, showing the signs of steppa vegetation and continental climate. The both different sedimentations have altered in central polje's part where once rubble, and other time clay layers occur. Extremely cold conditions were perceived at the end of this development phase, as we have found in a rubble near Rešeto syngenetic ice edge, while the uneven surface can be due to solifluction processes. Probably in this time polje was mostly dry, great daily temperature differences contributed to collapse of rocky polje's border the same on the influent as on the effluent side and also on all other limestone and dolomite slopes. Similar weathering of rocky border can be supposed also at previous Würm freshenings. Dry and cold climate was not favourable for sinter growth in the caves.

7. Postglacial climate change has stopped the accumulation of scree from Cerkniško polje border. The cut of river beds and formation of sinkholes in younger and older accumulation predominated. The water washed off the sediments into karstified bottom and border of polje by superficial streams on one hand and by oscillating ground water on the other.

8. The resulting uneven base has been levelled again by dark brown clays, peat and organic mud, and light brown and greyish clay with snails. These layers of late glacial and lower Holocene in thickness about 2 m have been bored by A. Šercelj in Gorenje Jezero and in Zadnji kraj beneath Otok, in smaller extent they appear also in wider vicinity of Rešeto. Detailed stratification of fossil pollen proves, according to Šercelj, Alleröd interstadial for the time 12 000—10 800 years before present and proves also the fact, that in Holocene less than 1 m of organic pieces and peat has been accumulated. In this time the lake has the properties of marsh. Only temporary floods have reached the influent caves and have interrupted the growth of holocene sinter.

Transformation of sediments in central polje's part has been connected also by neotectonic displacements, which included at the same time the sediments and the rocky bottom.

9. The final development phase is presented by actual polje's appearance, where new sink-holes occur denuding sediments and rocky bottom. Alluvions transport and other erosional processes occur also in dry and water channels of influent and effluent caves. Somewhere water streams are forming new rocky passages, elsewhere they have already cut into sediment and have reached rocky bottom on the surface and in the underground before Riss. Efficacious recent water level oscillation accelerates more erosion than accumulation on karst polje and in marginal caves.

#### SPELEOLOGICAL PHENOMENA

On the base of actual knowledge the speleological phenomena have been divided into three main groups. Older data about these phenomena have been taken into account (A. Steinberg 1758; J. Zörrer 1838; A. Schmidl 1850; 1854; G. Kebe 1860; W. Putick, 1888; J. Žirovnik 1898; A. Gavazzi 1904; A. Perko 1908; P. Kunaver 1922; M. Kabaj 1925; A. Löhnberg 1934; I. Michler 1934; A. Hočevnar 1940; V. Bohinec 1965; I. Gams 1965; 1966; P. Habič 1968; R. Gospodarič 1968; 1969; 1970; 1971; 1973).

Influent caves on western polje's border belong to first group, to second effluent caves in southern and eastern border, to third group all the cavities in karst polje's bottom seen directly in the rock or being reflected on the sediment as swallow-holes, ponors and estavellas. The perception of tight connection of ponor passages near polje, which are joined in some main outflow passages, is important. Such outflow channels are somewhere blocked by breakdowns, which essentially influence to their transmissivity. It is supposed, that outflow channels have been syngenetically formed up to polje's rocky bottom, that is to 533 m, and later have been filled up and paragenetically transformed simultaneously to filling up the polje up to 548 or 550 m. On the example of Mala and Velika Karlovica and Svinjska jama we have stated the following chronological succession of development phases, beginning with the oldest:

— supposed syngenetic passages formation in horizons about 540 m and lower, where the first sediments were deposited,

— sinter development and roof collapse and then

— sinking stream partly eroded, paragenetically transformed and filled up the entrance passages by rubble and clay, followed by formation of new sinter on dam, vertical washing off the sediments and then

— the sinking stream has levelled the altitude of sediments in entrance passages up to 548 m and has withdrawn, in order to assert

— sinter deposition and roof collapse in temporary flooded channels, but these are already Holocene, respectively recent development processes.

To morphogenetic and hydrographic conditions on ponor polje's side essentially influenced the polje's filling up. We can only partly compare the erosional and accumulation processes on the surface and in the underground. In general it remains, that allochthonous sediments and breakdowns in caves and on the border represent the main obstacle for faster flow off the polje. Artificial digging or daming of some entrance parts therefore only partly influenced to transmissivity of influent caves.

Effluent caves are, compared to influent, much less accessible. We suppose, that they are filled up by sediments and block slides or are they siphon-like. At Stržen springs the failures en masse of the roof or walls of caverns and sediments block the entrances to underground. Perhaps such speleological conditions at springs are due to their dispersion and we don't have similar effluent caves as are f. e. Planinska or Zelške jame.

In perception of speleological conditions on inflow polje's part an important role act other caves far in the hinterland, specially Križna jama, showing great concordance in morphogenesis of underground and surface on the inflow polje's side. The further investigations and comparisons are necessary.

In the situation of speleological phenomena in the polje's bottom and in their shape and function reflect the processes of renewing the karstification of rocky basement. Washing off the sediments into hollowed basement was specially intensive after late Würm accumulation and similar processes have been stated also in the sediments of older accumulation. Old and new sinkholes are not everywhere the same intensive, their activity is surely connected to differently active zones of underground flow. Excessively abundant is washing off on the border of flooded zone, where the underground water gradient is the biggest. At artificial dams the gradient is artificially moved foreground and in non-equilibrated artificial hydrologic conditions old, non-active swallow-holes were reactivated. The development of sinkholes near Vodonos and Rešeto shows to intensive washing off and to subsidence in historic age and also to partly activated process under the influence of experimental ponors daming, which temporary raised the lake's water table. The sinkholes development by degrees from Stržen to NE with deeper cut in Cerknjiščica stadial fan is evident.

At filling the lake, water slowly inundates the swallow-holes, only at estavellas the water raises from karst underground simultaneously in isolated holes and rocky cavities. At emptying the water retreats by degrees from particular groups of swallow-holes into underground. This water table lowering is in some regions much more dependant from general lowering of karst water than from superficial inflow into ponors and estavellas. Observation of water conditions at lake's drying up and at its increasement proves the mutual hydrographic dependance and under-

ground connection of majority of speleological phenomena in polje's bottom with limited total transmissivity. We have to reckon to different engulfing ability of singular swallow-holes at increase and decrease of the lake.

#### HYDROLOGIC PROPERTIES AND EXPERIMENTAL LAKE

For hydrologic conditions of Cerkniško polje are most important the differences in limestone and dolomite permeability. Dolomites are inlaid between limestones sedimentologically or secondary by faults and overthrusts. Distribution of ponors and assessed underground water connections shows that a part of water flows from Cerknica lake directly to Ljubljana, Lubija and Bistra springs. The ground sinkholes are distributed approximatively in 1 km wide zone, crossing Cerkniško polje somewhere in the middle from south towards north.

The discharge properties of Cerknica lake cannot be specified in detail because of hydrometric problems. Either inflow neither outflow from the lake can be entirely measured. Here lies the basic trouble for all hydrotechnical plans for water regime adjustment. By water tracing all the important water connections were proved, but all previous underground water tracings, except perhaps the last in 1975, did not contribute a lot to quantitative definition of treated connections (R. Gospodarič, P. Habič 1976; with other literature). Regarding this problem we have to plan specially for Cerknica lake a series of specialized experiments in order to fill up a gap in previous studies of its hydrographic hinterland and entire ponor system.

The shown methods of water regime studies and its regulation by opening and damming up the ponors have proved to be insufficient and sometimes inconvenient. Nevertheless experimental ponors damming up has rendered possible some new assessments about hydrologic conditions of Cerknica lake and its vicinity. The most useful were the observations of filling and emptying of lake as well as approximatively mathematical evaluation of the experiment. Longer restraining of high waters and greater influence of artificial dam up to water regime in years with abundant precipitations and relatively small effect of dam up in dry period and less moistened years were assessed.

The data about temperature and water hardness complete the idea of different distribution of spring waters in the lake, but one has to consider also different mixing, dependant from quantity and inflow duration from defined region. During the summer artificial dams in Stržen river bed and before ponors hasten the flow of warm superficial water into ponors. Well warmed water from the lake essentially influence to springs temperature regime in Rakov Škocjan as well in Malni springs on Planinsko polje.

More successful intervention into water regime and its artificial regulation can be possible only by underground closing of water passages, where the lake water flows into ponors under the polje surface. Before the final decision the ecologic consequences, obtained by essential change of water regime of this extraordinary temporary karst lake have to be evaluated.

Translated by Maja Kranjc

## Literatura

- Bankwitz, P. 1966: Über Klüfte. II. Die Bildung der Klufffläche und eine Systematik ihrer Strukturen. *Geologie* 15/8, 896—941. Berlin.
- Bidovec, F. 1968: The investigation of the Karst Underground Water Systems and Hydrology. *Actes IV. CIS (1965)*, 3, 279—285. Ljubljana.
- Bock, H. 1913: Der Karst und seine Gewässer. *Mitt. Höhlenkunde* 6/3, 1—23. Graz.
- Bohinec, V. 1965: Die Kižna jama (Kreuzberghöhle) bei Lož, Slowenien. *Dritter Intern. Kongres Spel.* 2, 211—214. Wien.
- Breznik, M. 1961: Akumulacija na Cerknškem in Planinskem polju. *Geologija* 7, 119—149. Ljubljana.
- Brodar, M. & R. Gospodarič 1973: Medvedji rov v Križni jami in tamkajšnji ostanki jamskega medveda. *Medn. mlad. raziskovalni tabori (1971—1972)*, 30—46. Ljubljana.
- Budnar, A. 1954: Mikropaleolitska raziskava ilovic Planinskega in Cerknškega polja. *Vodnogospodarska osnova porečja Ljubljanice, prirodne osnove*, 281—292. Ljubljana.
- Buser, S. 1965: Geološka zgradba južnega dela Ljubljanskega Barja in njegovega obrobja. *Geologija* 8, 34—57. Ljubljana.
- Buser, S. 1966: Starost plasti z alga *Sphaerocodium bornemanni* Rothplatz v slovenskih zunanjih Dinaridih. *Geologija* 9, 385—389. Ljubljana.
- Cvijić, J. 1895: Karst. *Geografska monografija*, 1—173. Beograd.
- Cvijić, J. 1901: Die Karstpoljen. *Abb. Geogr. Ges.*, 3. Wien.
- Cvijić, J. 1926: *Geomorfologija*, 2, 506. Državna štamparija, Beograd.
- Čadež, N. 1958: Barvanje Retja in Cerknškega polja l. 1957. *Arhiv HMZ, Ljubljana*.
- Gams, I. 1965: H kvartarni geomorfogenezi med Postojnskim, Planinskim in Cerknškim poljem. *Geografski vestnik* 37, 61—101. Ljubljana.
- Gams, I. 1965 a: Aperçu sur l'hydrologie du Karst Slovène et sur ses communications souterraines. *Naše jame* 7, 51—60. Ljubljana.
- Gams, I. 1970: Maksimiranost kraških podzemeljskih pretokov na primeru ozemlja med Cerknškim in Planinskim poljem. *Acta carsologica* 5, 171—187. Ljubljana.
- Gams, I. 1973: Die zweiphasige quartärzeitliche Flächenbildung in den Poljen und Blindtälern des nordwestlichen dinarischen Karstes. *Geogr. Zeitschrift, Beiheft*, 143—149. Wiesbaden.
- Gams, I. 1966: K hidrologiji ozemlja med Postojnskim, Planinskim in Cerknškim poljem. *Acta carsologica* 4, 5—50. Ljubljana.
- Gavazzi, H. 1904: Die Seen des Karstes. *Abh. Geogr. Ges.* 5/2, 1—136. Wien.
- Gospodarič, R. 1968: Nekaj novih speleoloških raziskav v porečju Ljubljanice l. 1966. *Naše jame* 9 (1967), 37—44. Ljubljana.
- Gospodarič, R. 1969: Prirodne akumulacije vode v jamah porečja Ljubljanice. *Krš Jugoslavije* 6, 157—174. Zagreb.
- Gospodarič, R. 1969 b: Raziskovanje Velike in Male Karlovice. *Naše jame* 10 (1968), 61—66. Ljubljana.
- Gospodarič, R. 1970: Speleološke raziskave Cerknškega jamskega sistema. *Acta carsologica* 6, 109—169. Ljubljana.
- Gospodarič, R. 1971: O nekaterih jamah ob Cerknškem jezeru. *Medn. mlad. raziskovalni tabori*, 49—64. Ljubljana.

- Gospodarič, R. 1971: O nekaterih ponorih ob Cerknškem jezeru. Naše jame 12 (1970), 43—51. Ljubljana.
- Gospodarič, R. 1973: Preučevanje razpok s pomočjo njihovih struktur. 7. kongres geol. Jug. (1971), 1, 485—502. Zagreb.
- Gospodarič, R. 1972: Speleološke raziskave Cerknškega jezera in okolice, 2. del. Arhiv IZRK, rokopis, Postojna.
- Gospodarič, R. 1974: Fluvialni sedimenti v Križni jami. Acta carsologica 7, 327—366. Ljubljana.
- Gospodarič, R. & P. Habič 1976: Underground Water Tracing Investigations in Slovenia 1972—1975. Institute for Karst Research SAZU, Postojna.
- Gruber, T. 1781: Briefe hydrographischen u. physikalischen Inhaltes aus Krain. Wien.
- Grund, A. 1914: Zur Frage des Grundwassers in Karst. Intern. Ztsch. Wasser-Versorgung 1/10, 170—174. Leipzig.
- Habič, P. 1968: Nova odkritja v Veliki Karlovinci. Naše jame 9 (1967), 52—54. Ljubljana.
- Habič, P. 1974: Tesnenje požiralnikov in presihanje Cerknškega jezera. Acta carsologica 6, 35—56. Ljubljana.
- Hacquet, B. 1778: Oryctographia Carniolica oder physikalische Erdbeschreibung des Herzogthums Krain, Istrien und zum Thail der benachbarten Länder. 1, XVI + 162. J. G. J. Breitkopf. Leipzig.
- Hočev ar, A. 1940: Cerknško jezero. Arhiv Inštituta za raziskovanje krasa SAZU, 1—201. Ljubljana. (Postojna, tipkopis.)
- Jenko, F. 1954: Vodnogospodarska osnova porečja Ljublanice. Hidrogeologija, 4, 1—409. Arhiv Projekta nizke zgradbe, Ljubljana.
- Jenko, F. 1959: Hidrogeologija in Vodno gospodarstvo krasa. 1—237. Državna založba Slovenije, Ljubljana.
- Jenko, F. 1959: Poročilo o novejših raziskavah podzemeljskih voda na Slovenskem krasu. Acta carsologica 2, 209—227. Ljubljana.
- Jenko, F. 1964: Idejni projekt stalne ojezeritve Cerknškega jezera, 1—116. Zavod za vodno gospodarstvo SRS, Ljubljana.
- Jenko, F. 1966: Tehnična dokumentacija poizkusa stalnejše ojezeritve Cerknškega jezera. Zavod za vodno gospodarstvo SRS, rokopis, Ljubljana.
- Jenko, F. 1968: Umbildung des periodischen Sees von Cerknica (Slowenien, Jugoslawien) in einen ständigen See. Actes IV. CIS (1965), 3, 303—307. Ljubljana.
- Jenko, F. 1970: Poročilo o stalnejši ojezeritvi Cerknškega jezera za obdobje 14. nov.—20. avg. 1970. Zavod za vodno gospodarstvo SRS, rokopis, Ljubljana.
- Kabaj, M. 1925: Cerknško jezero in okolica. Ljubljana.
- Kebe, G. 1860: Popis Cerknškega jezera. Novice, Ljubljana.
- Kerin, L. 1965: Das Hydrosystem des Karstflusses Ljublanica. Referat na IV. CIS (1965), neobjavljen, 1—14. Ljubljana.
- Knebel, W. 1906: Höhlenkunde. 1—222. F. Vieweg, Braunschweig.
- Kossmat, F. 1897: Über die geologischen Verhältnisse der Umgebung von Adelsberg und Planina. Verh. Geol. R. A., 78—84. Wien.
- Kossmat, F. 1905: Erläuterungen zur geologischen Karte Haidenschaft und Adelsberg (z. geol. karto), 1—56. Wien.

- Kossmat, F. 1916: Die morphologische Entwicklung der Gebirge in Isonzo und oberen Savegebiet. Zeitsch. d. Geselsch. f. Erdk. zu Berlin 9, 576—602; 10, 645—675. Berlin.
- Korošec, B. 1967: Beseda, dve o Steinbergovem in drugih opisih Cerknškega jezera. Kronika, časopisa za slovensko krajevno zgodovino 15/1, 11—22. Ljubljana.
- Kraus, F. 1888: Die Entwässerungsarbeiten in den Kesseltälern von Krain. Wochensch. Österr. Ing. und Arch.-Vereines, Wien.
- Kraus, F. 1894: Höhlenkunde. 1—308. Verlag C. Gerold's Sohn, Wien.
- Krebs, N. 1924: Fragmente einer Landeskunde des innerkrainer Karstes. Cvijić Festschrift, Belgrade.
- Krivic, P. & A. Praprotnik 1973: Jamsko potapljanje v Sloveniji. Naše jame 14 (1972), 3—14. Ljubljana.
- Kunaver, P. 1922: Kraški svet in njegovi pojavi. Učiteljska tiskarna, 1—105. Ljubljana.
- Kuščer, D. 1963: Quelques remarques a l'hydrogéologie des poljes de Cerknica et de Planina Ass. intern. hydrogeol. Resumes des communications, 2, 9—13. Beograd.
- Lipold, M. V. (1857): Geologische Manuskriptkarte 1 : 750 000. Weichselburg - Zirknitz.
- Löhnberg, A. 1934: Zur Hydrographie des Zirknitzer Beckens (Ein Beitrag zur Karstforschung). Men. Soc. Geogr. 3, 1—114. Beograd.
- Martel, E. A. 1894: Les Abîmes. Libr. Ch. Delgrave, 1—578, Paris.
- Melik, A. 1928: Pliocensko porečje Ljubljanice. Geografski vestnik 4, 69—88. Ljubljana.
- Melik, A. 1951: Pliocenska Pivka. Geografski vestnik 23, 17—39. Ljubljana.
- Melik, A. 1955: Kraška polja Slovenije v pleistocenu. Dela Inštituta za geografijo SAZU 3, 1—163. Ljubljana.
- Michler, I. 1934: Nova odkritja v Križni jami. Proteus 1/9, 188—199. Ljubljana.
- Milovanović, B. 1937: O litološkim krečnjacima na jugoistočnom obrobju Cerknškega polja u Sloveniji. Geol. anali, 74—78. Beograd.
- Mlakar, I. 1967: Primerjava spodnje in zgornje zgradbe idrijskega rudišča. Geologija 10, 87—126. Ljubljana.
- Novak, D. 1964: Hidrogeološka študija Slovenskega krasa. B. Hidrogeološko raziskovanje notranjskega krasa. Arhiv Geol. zavoda SRS, 1—170. Ljubljana.
- Novak, D. 1966: Poročilo o barvanju v Križni jami 1965. Naše jame 8, 89. Ljubljana.
- Novak, D. 1969: O barvanju potoka v Križni jami. Geografski vestnik 41, 75—79. Ljubljana.
- Osole, F. 1967: Zakajeni spodmol, jamska paleolitska postaja. Aheološki vestnik 18, 25—42. Ljubljana.
- Perko, A. 1908: Der Zirknitzer See in Krain - Österreich. Eine speläo-geographische Skizze. Prometheus, 19/976—978, 625—630, 643—647, 664—667. Berlin.
- Perco, A. & E. Boegan 1928: Rilievi ed esperimenti con sostanze chimiche e coloranti sulla Piuca e Rio dei Camberi. Le Grotte d'Italia 2/3, 130—143. Trieste.
- Pičinin, A. & D. Škerjanc, 1971: Hidrogeološko poročilo o delu in raziskavah v zvezi s projektom naravoslovne raziskave Cerknškega jezera z okolico v letu 1968—1969. Hidrometeorološki zavod SRS, rokopis, Ljubljana.

- Pičinin, A., & D. Škerjanc 1971a: Recenzijsko poročilo o poskusu stalne ojezeritve Cerknškega jezera. Hidrometerološki zavod SRS, rokopis, Ljubljana.
- Pleničar, M. 1953: Prispevek h geologiji Cerknškega jezera. *Geologija* 1, 111—117. Ljubljana.
- Pleničar, M. & D. Kerčmar, 1959: Osnovna geološka karta FLRJ, Cerknica, Laze. *Arhiv Geol. zavoda, Ljubljana*.
- Putick, W. 1888: Die Ursachen der Überschwemmungen in den Kesselthälern von Innerkrain. *Wochensch. Österr. Ing. Arch.-Vereines* 34/35, 3—10. Wien.
- Putick, W. 1902: Der Zirknitzer See und Seine geologische Verhältnisse. *Festschrift d. Staats-Oberschule*, 273—281. Brünn.
- Ravnik, D. 1976: Kameninska podlaga Planinskega polja. *Geologija* 19, 291—315. Ljubljana.
- Rus, J. 1925: Morfogenetske skice iz notranjskih strani. I. in II. del. *Geografski vestnik* 1/2, 29—33, 105, 112. Ljubljana.
- Rus, J. 1930: O geomorfoloških vzrokih ojezeritve Cerknškega polja. *Zbornik radova III. kongresa slov. geografa in etnografa u Jugoslaviji*, 94—95. Beograd.
- Schmidl, A. 1850: Beitrag zur Höhlenkunde des Karstes. *Sitzungsber. Akad. Wiss.* 2/5, 464—479. Wien.
- Schmidl, A. 1854: Die Grotten und Höhlen von Adelsberg Lueg, Planina und Laas. *Gedruckt, Leop. Sommer*, 1—316. Wien.
- Spöcker, R. G. 1932: Untersuchungen über einige Kesseltäler des Karstes (Adelsberg, Zirknitz und Planina). *Neues. Ib. Min. Geol. Paleont. Abh.*, 68/B, Beilagebd, 260—276. Stuttgart.
- Steinberg, F. A. 1761: Grundliche Nachricht von dem in dem Inner-Krain gelegenen Czirknitzer-See. *A. E. Reichhardt*, 1—235. Laibach.
- Šercelj, A. 1969: Palinološka raziskovanja Cerknškega jezera. *Vestnik izvršnega odbora sveta LT*, 69—71. Ljubljana.
- Šercelj, A. 1973: Paleobotanične raziskave sedimentov Cerknškega jezera in okolice. *Medn. mlad. raziskovalni tabori (1971—1972)*, 47—54. Ljubljana.
- Šercelj, A. 1974: Paleovegetacijske raziskave sedimentov Cerknškega jezera. *Acta carsologica* 7, 233—240. Ljubljana.
- Šerko, A. 1946: Barvanja ponikalnic v Sloveniji. *Geografski vestnik* 18/1—4, 125—139. Ljubljana.
- Valvasor, J. 1689: Die Ehre des Herzogthums Crain, Bd 1—4. Laybach.
- Vicentini, R. 1875: Bonificio della valli di Laas, Zirknitz, Planina e Lubiana. *Arhiv Savske elektrarne, Ljubljana*.
- Zörrer, I. 1838: Beschreibung einer Berghöhle bei beiligen Kreuz unweit Laas in Adelsberger Kreise nebst dm Grundwisse und Situation des Planes. *Beitr. Naturg. Landw. Topogr. Herz. Krain*, izdal F. Hohenwart, 1, 78—88. Ljubljana.
- Žirovnik, I. 1898: Cerknško jezero. *Slovenska matica, Ljubljana*.