

Hidrogeološke razmere v napajalnem zaledju izvirov Kroparice pod Jelovico

Hydrogeological conditions of the Kroparica recharge area, Jelovica, Slovenia

Mihael BRENČIČ

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, Ljubljana, Slovenija

Ključne besede: kraški izvir, kraški vodonosnik, hidrogeologija, geomorfologija, Kroparica, Jelovica, Slovenija

Key words: karstic spring, karstic aquifer, hydrogeology, geomorphology, Kroparica, Jelovica, Slovenia

Kratka vsebina

Izviri Kroparice drenirajo skrajno vzhodno območje visokogorske planote Jelovice, ki predstavlja obsežen kraško razpoklinski vodonosnik. Kroparico predstavlja roj izvirov, katerih večji del prihaja na plano v baškem dolomitu, del pa tudi v pobočnem grušču. V članku so predstavljene litostratigrafske in strukturne razmere v napajalnem zaledju Kroparice ter preprosta hidrogeološka bilančna analiza napajanja kraškega vodonosnika Kroparice. Ugotovljeno je bilo, da znaša velikost napajalnega zaledja izvirov Kroparice med 3,8 in 6,5 km². Povprečni pretok izvirov se giblje na intervalu od 224 do 386 l/s. Maksimalni pretoki so mnogo višji in presegajo nekaj m³/s. Tako intenzivno nihanje pretokov je posledica intenzivne zakraselosti vodonosnika v zaledju.

Abstract

Eastern part of highly karstified plateau of Jelovica (west Slovenia) that represents big fissured and karstified aquifer is drained by the group of Kroparica springs that are positioned approximately 1 km in the south of the city Kropa. Kroparica is represented by several springs that mainly flow out from the triassic Bača dolomite. Some of them are positioned in the hill slope sediments. In the article litostratigraphical and structural conditions in the background of the springs are represented together with simple hydrogeological balance of Kroparica aquifer recharge. It was determined that the recharge area is between 3,8 and 6,5 km² and that the average yearly outflow is between 224 and 386 l/s. Maximum outflows are much larger and are higher than some m³/s. High fluctuation of discharges are the consequence of high karstification level of Kroparica aquifer.

UVOD

Kraški izviri so znani po svoji veliki izdatnosti, a hkrati tudi po svojem zelo spremenljivem hidrološkem režimu. Tako se skozi hidrološko leto iztoki iz vodonosnika med seboj zelo razlikujejo. Zaradi heterogene narave kraškega vodonosnika so kraški izviri pogosto

edini pojav podzemne vode, na osnovi katerega lahko sklepamo na njegove lastnosti. V Sloveniji razpolagamo z veliko podatki o kraških izvirov sistemih Ljubljaničnice, vodonosnega sistema Trnovsko Banjske planote in vodonosnika Rižane, le malo pa je znanega o drugih večjih kraških izvirov. Tak kraški izvir je gotovo tudi izvir Kroparice izpod Jelovice.



Slika 1. Lega obravnavanega območja
Figure 1. The position of the investigated area

Izviri Kroparice leže pod severovzhodni-mi obronki Jelovice, okoli 1 km jugozahodno od mesta Kropa. Voda priteče na plano iz baškega dolomita v polkrožni zatrepni dolini s strmimi pobočji, ki po svoji obliki spominjajo na amfiteater. Kroparico predstavlja roj manjših izvirov, katerih izdatnost in pojavljanje je v veliki meri odvisno od trenutnih hidroloških razmer. Pretoki izvira so zelo spremenljivi in sezonsko odvisni. Med maksimalnimi ter minimalnimi pretoki so prisotne zelo velike razlike, kar kaže na intenzivno zakraselost njegovega napajalnega zaledja. Izviri Kroparice so zelo pomembni za vodooskrbo širšega območja. Iz izvirov se s pitno vodo oskrbuje celotni del občine Radovljica, ki leži na desnem bregu reke Save. Lega obravnavanega območja je podana na sliki 1.

V članku je podan hidrogeološki opis izvirov Kroparice in njihovega napajalnega zaledja. Pri tem izhajamo iz razpoložljivih geoloških in hidrogeoloških podatkov, ki so bili dopolnjeni z metodami terenskega kartiranja in s terenskimi meritvami. Hidrološke in hidrogeološke meritve so bile izvedene v letih 2000 in 2001. Izračuni temelje

na preprosti hidrološki bilanci, kjer so podatki o padavinah privzeti iz literature, za oceno klimatskih parametrov pa so privzeti linearni modeli. Na podlagi teh podatkov in rezultatov raziskav je podana interpretacija ter pregled odprtih vprašanj.

PREGLED DOSEDANJIH RAZISKAV

Pregled literature pokaže, da je Jelovica hidrogeološko in tudi geološko zelo slabo raziskana. Na podlagi dostopnih virov lahko ugotovimo, da je osnovne hidrogeološke karakteristike izvira Kroparice v preteklosti podal le Ferjančič (1987, 1989). Pri svoji analizi se je omejil le na povzemanje predhodnih geoloških raziskav v širšem prostoru in na splošne hidrogeološke lastnosti kraških izvirov, ki so značilni tudi za druge kraške izvire.

Nekoliko bolje je raziskano zaledje Kroparice s stališča litostratigrafskih in tektonskih razmer, vendar tudi v tem primeru, predvsem z regionalnega vidika. Območje obravnava Osnovna geološka karta list Kranj (Grad & Ferjančič 1974, 1976),

vendar je interpretacija geoloških razmer pomankljiva prav v območju izvira in neposredno nad njim. Nekoliko drugačno interpretacijo obravnavanega območja zasledimo na geološki karti, ki je objavljena v Enciklopediji Slovenije (Buser & Drakslar 1989). Pregled geoloških razmer na Jelovici je podala Hajna Zupan (1995), ki je pred tem prikazala tudi pregled geomorfologije (Zupan 1990). Novejšo sintezo širšega območja Radovljiškega prostora in s tem deloma tudi Jelovice podaja Pleničar (2000). Območje Lipniške doline so podrobneje obdelali Skaberne s sodelavci (2003) in Pirc (2003). Pregled magmatskih kamnin na območju Jelovice je podal Grafenauer (1980), kar je tudi najbolj podrobna, do sedaj objavljena analiza, posameznega segmenta geoloških razmer v zaledju Kroparice. V preteklosti so na območju Jelovice potekale intenzivne jamarske raziskave, predvsem v breznu na Leški planini, ki nam podajajo koristne podatke o geoloških razmerah v večjih globinah (Kranjc & Malečkar 1982).

Pri interpretaciji tektonskih razmer na območju Jelovice lahko poleg Osnovne geološke karte (Grad & Ferjančič 1974, 1976) izhajamo tudi iz nekaterih regionalnih pregledov tektonike v delih Premruja (1976), predvsem pa v delih Placerja (1996, 1999a, 1999b).

GEOGRAFSKE IN GEOLOŠKE RAZMERE V NAPAVALNEM ZALEDJU KROPARICE

Poselitev in druge dejavnosti v zaledju Kroparice

V sedanjem času v zaledju Kroparice ni naselij s trajno naselitvijo. Zasledimo le nekaj lovskih in gozdarskih koč, nekaj planin in manjših vikendov ter planinski dom na Vodiški planini. Od gospodarskih dejavnosti, ki potekajo v zaledju Kroparice, je živo le še gozdarstvo in občasno tudi pašništvo.

Planinski dom na Vodiški planini stoji na južnem obrobju Vodiške planine. Odprt je skoraj vsa leto. Skozi leto je obisk relativno majhen, poveča se predvsem v poletnih mesecih in ob koncu tedna. Dom se oskrbuje s pitno vodo iz več manjših zajetij, ki se naha-

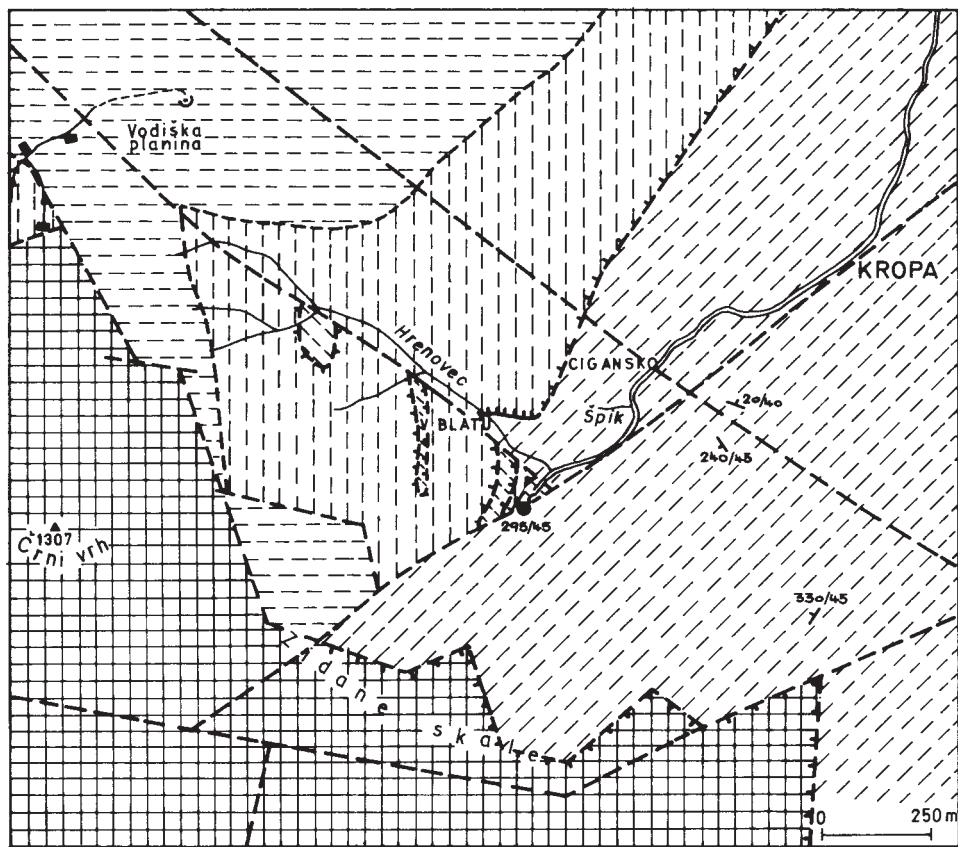
jajo na stiku med dolomitom in keratofirjem. Ob domu stoji tudi manjše gospodarsko poslopje, v katerem je skladišče, agregat in delavnica za opravljanje manjših popravil. Nad tem poslopjem smo v času terenskih raziskav opazili tudi manjše smetišče na katerem zažigajo odpadke, pod domom pa vrtače in ponore, ki so zatrpani s smetmi. Odpadne vode iz doma se izlivajo v greznico. V okolici doma sta tudi dva manjša vikenda, manjši vikend v obliki brunarice zasledimo nad zatrepom Kroparice v smeri proti Špiku. Drug manjši vikend, prav tako brunarico, pa južno od Vodiške planine pod Črnim vrhom.

V zaledju Kroparice se vleče niz planin, ki pa so večinoma opuščene. Pas planin sega od Mošenjske planine na vzhodu do Leške planine na zahodu. Planine so nastale na slabo prepustnih magmatskih kamninah, po katerih tečejo manjši potočki. Danes na planinah zasledimo le še posamezne brunarice, izjema je le Lipiška planina, kjer je postavljeno gospodarsko poslopje in ograjeni pašniki. Gospodarske dejavnosti potekajo le še na Lipniški planini in v gozdarskem naselju Martinček, v katerem je več hiš, ki so občasno naseljene. Nekatere od hiš občasno služijo kot počitniška bivališča. Na osnovi terenskega ogleda je bilo ugotovljeno, da hiše nimajo urejenih sanitarij in greznic. V posameznih ponorih potokov, ki odtekaajo z območja Martinčka, je bilo v času opravljanja terenskih raziskav zaslediti odpadke.

Litostratigrafske razmere

Litostratigrafske razmere so bile podrobneje obdelane le v neposredni bližini izvirov Kroparice. Raziskave so bile izvedene v omejenem obsegu, ker so terenske razmere nad izvirov izredno zahtevne, saj so nekatera pobočja izredno strma in tudi nevarna. Litostratigrafske razmere v okolici izvirov Kroparice so podane na sliki 2.

Izviri in kaverne izvirov Kroparice so razvite v drobnozrnatem sparitnem dolomitu, ki je prepreden s kalcitnimi žilicami in redkimi zrnji avtigenega kremenca. Mineraloško gledano je sestavljen iz 98 % dolomita, 1 – 2 % kalcitnih žil ter sledov kremenca (avtigena zrna do 150 μm , tudi v žilah) in piritita (avtigena zrna do 150 μm). Zaradi poznodiagenetske dolomitizacije prvotna struktura ka-



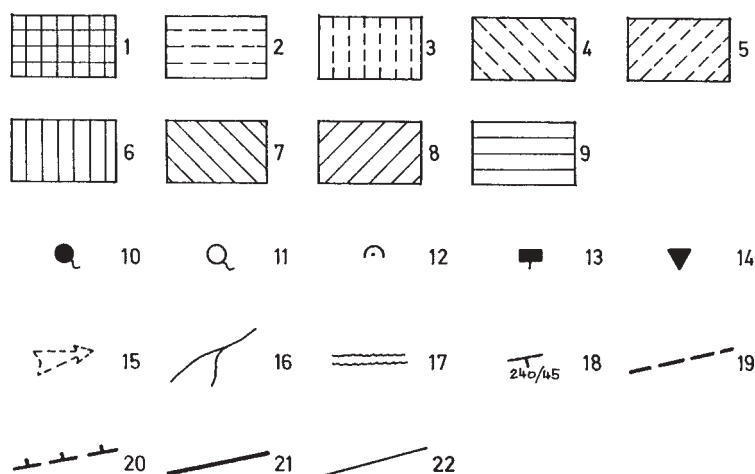
Slika 2. Litološka karta neposrednega območja izvirov Kroparice
Figure 2. Litological map of the Kroparica spring hinterland

mnine ni opazna. Dolomit je tanko plastnat (pole debele do 10 cm) do debelo plastnat s plastmi debelimi do 1,5 m.

Če sledimo pobočju nad izviri v smeri proti zahodu, ugotovimo pestro izmenjevanje različnih kamnin. Med nadmorskimi višinami od 640 m do 650 m sledi debeloplastovit do neplastovit bituminozni dolomit. Med višinami 650 do okoli 660 m zaradi prekrivosti pobočja s preperino in pobočnim materialom kamnine ni moč določiti. Glede na delce, ki se nahajajo v tleh domnevamo, da gre za piroklastične kamnine. Od nadmorske višine 660 m navzgor sledijo tankoploščasti (pole do 10 cm) dolomitizirani apnenci. Na višini 678 m nastopajo debelo plastoviti dolomiti z do 20 cm debelimi gomolji temno rdečih rožencev. Pod roženci nastopajo tudi dolomiti, z žilicami kremenca, ki imajo enako

barvo kot gomolji roženca v zgornjih plasteh.

Do višine 690 m nastopajo dolomiti, v nekaterih plasteh se pojavljajo tudi apnenci z večjo in manjšo dolomitizacijo. Od višine 690 do 740 m sledijo temno rdečkasto rjavi prepereli keratofirji in piroklastične kamnine, z vidnimi teksturami tečenja. Na višini 740 m se pojavi tanko plastovit dolomit, ki je na površju izdanka zakrasel. Nad njim se ponovno nadaljujejo magmatske in piroklastične kamnine, vendar pa njihovo nadaljne raztezanje navzgor zaradi pobočnega grušča in podornega skalovja ni povsem jasno. Meja med zgoraj ležečimi zgornjetriasnimi dolomiti in apnenci z megalodontidami ter spodaj ležečimi keratofirji ni povsem jasna in jo v profilu zahodno nad izvirov ni moč natančno opredeliti.



Legenda k slikam

1 – dachsteinski apnenec; 2 – cordevolski dolomit; 3 – piroklastične in magmatske kamnine; 4 – baški dolomit; 5 – psevdofiljske plasti; 6 – slabo prepustne plasti s prevladujočim površinskim odtokom; 7 – kraško razpoklinski vodonosnik v apnencih in dolomitih; 8 – narivna luskasta zgradba z izmenjavanjem slabo prepustnih in dobro prepustnih plasti; 9 – razpoklinski vodonosnik v dolomitih; 10 – izvir; 11 – izvir ob srednjih in nizkih vodah; 12 – ponor; 13 – zajetje z zajemnim objektom; 14 – mersko mesto za meritev pretokov; 15 – predpostavljena smer odtoka podzemne vode; 16 – vodotok; 17 – razpoka razširjena v kaverno; 18 – vpad plasti; 19 – predpostavljen prelom; 20 – nariv; 21 – lineament prvega reda; 22 – lineament drugega reda

Legend to figures

1 – Dachstein limestone; 2 – Cordevol dolomite; 3 – piroclastic and magmatic rocks; 4 – Bača dolomite; 5 – pseudo Zilja beds; 6 – low permeability beds with surface run-off; 7 – karstified and fissured aquifer in limestone and dolomite; 8 – several small napes with alternation between rocks with good permeability and low permeability; 9 – fissured aquifer; 10 – spring; 11 – spring at low water conditions; 12 – ponor; 13 – water capture; 14 – measuring point for discharges; 15 – presumed direction of groundwater outflow; 16 – stream; 17 – fissure enlarged into the cavern; 18 – dip; 19 – presumed fault; 20 – overthrust; 21 – lineament of first order; 22 – lineament of second order.

Na jugovzhodnem delu amfiteatralne doline Kroparice, pri lovski koči na Jamniku, nastopajo glinovci, laporovci in meljevci rjavkasto zelene barve. Nad njimi se nato nadaljujejo tanke plasti apnenca s tankimi polami rožencev. Prehod med tema dvema členoma je pokrit. V zgornjem delu na nadmorski višini okoli 900 m imamo opravka s tanko plastovitimi bituminoznimi apnenci in dolomiti, ki navzgor preidejo v dachsteinski apnenec. Meja med zadnjima dvema členoma je verjetno tektonska. Ob cesti iz Krope na Jamnik zasledimo več manjših izdankov, v katerih nastopajo tanko plastnati bituminozni dolomiti, laporovci in peščenjaki.

Na obronkih severno od Vodiške planine zasledimo tudi cordevolski dolomit, ki se razteza vse do kamnoloma Kamna gorica v dolini Vrčice.

Magmatske in piroklastične kamnine so zaradi podobnih hidrogeoloških lastnosti obravnavane kot enoten člen, navkljub pestrim različkom. Tako naletimo na karatofir, porfir in njihove piroklastite sivkaste, rdečkaste in zelenkaste barve. Te kamnine imajo pogosto fluidalno teksturo.

Tektonske razmere

Le na podlagi litostratigrafskih razmer si lege izvirov Kroparice ne moremo pojasniti. Menimo, da je vzrok za pojavljanje izvirov Kroparice kombinacija litostratigrafskih in tektonskih dejavnikov. Tektonske razmere na območju izvirov in v širšem napajalnem zaledju smo skušali razrešiti tako, da smo analizirano območje uvrstili v širše regional-

ne tektonske razmere, nato pa opredelili tudi lokalne pogoje, ki pa jih je zaradi zahtevnih terenskih razmer v neposrednem zaledju izvirov težko natančno raziskati. Tektonske razmere na ožjem območju Kroparice so nazkazane na sliki 2.

Večina kamnin na Jelovici je v alohtonem ali paravtohtonem položaju. Za območje je značilna narivna in luskasta zgradba, ki je posledica alpske orogeneze, ter kasnejše blokovne tektonike. Pri premikanju zemeljske skorje so bili pritiski usmerjeni od severa in severozahoda (Grad & Ferjančič, 1976). Po Placerjevem (1999) mnenju pa je stiskanje ozemlja potekalo v smeri sever jug. V širšem območju Kroparice se stikata Selška cona in Jelovski pokrov, ki je nanjo narinjen (Grad & Ferjančič, 1976). Po opredelitvi Grada in Ferjančiča (1976) je v Selško cono vključeno območje južno od Jelovice in Ratitovca. Avtorja sta v to cono vključila tudi tektonsko okno od Mošenjske do Selške planine, kjer izdajajo keratofirji in piroklastiti. Po Gradu in Ferjančiču (1976), predstavlja Selška cona poseben facielni razvoj, v katerem nastopajo psevdoziljski skladi, vulkanske kamnine, piroklastiti, baški dolomit in apnenec ter jurske in kredne plasti klasičnega razvoja.

Po podatkih geoelektričnega sondiranja naj bi na območju Jelovice znašala debelina apnencev in dolomitov le 200 m, pod njimi pa naj bi nastopale nizko uporne kamnine (Grad & Ferjančič, 1976). Ta podatek je vodil avtorje Osnovne geološke karte lista Kranj (Grad & Ferjančič, 1976), da so v geološkem profilu preko Jelovice, interpretirali nariv karbonatov na keratofir in porfir kot neprekinjen.

Podatki iz raziskav globokih jam na Jelovici in opravljene raziskave kažejo na nekoliko drugačno sliko. Med raziskavami Brezna na Leški planini so jamarji prišli do globine 536 m (Preisinger, 1979, Kranjc & Malečkar, 1982), kar pomeni, da v tem predelu sega apnenec najmanj do kote 584 m. Raziskovalci brezna poročajo, da je brezno razvito ob izrazitih tektonskih linijah. Tudi drugi podatki speleoloških raziskav so zanimivi, saj so v apnencu našli leče tufa (Kranjc & Malečkar, 1982), kar daje slutiti, da gre za vkleščke, ki so vgneteni v apnenec. Na tektonske vkleščke ob prelomih kaže tudi lega in oblika keratofirja in piroklastitov na planinah. Tlorisa keratofirja na Martinčku in Vo-

diški planini kažeta, da gre za manjše tektonske leče ali pa vsaj ob prelomih močno preoblikovana tektonska okna. Keratofir in piroklastiti, ki se vlečejo od Mošenjske planine proti Selški planini so prav tako odrezani ob prelomih, predvsem njihov južni del.

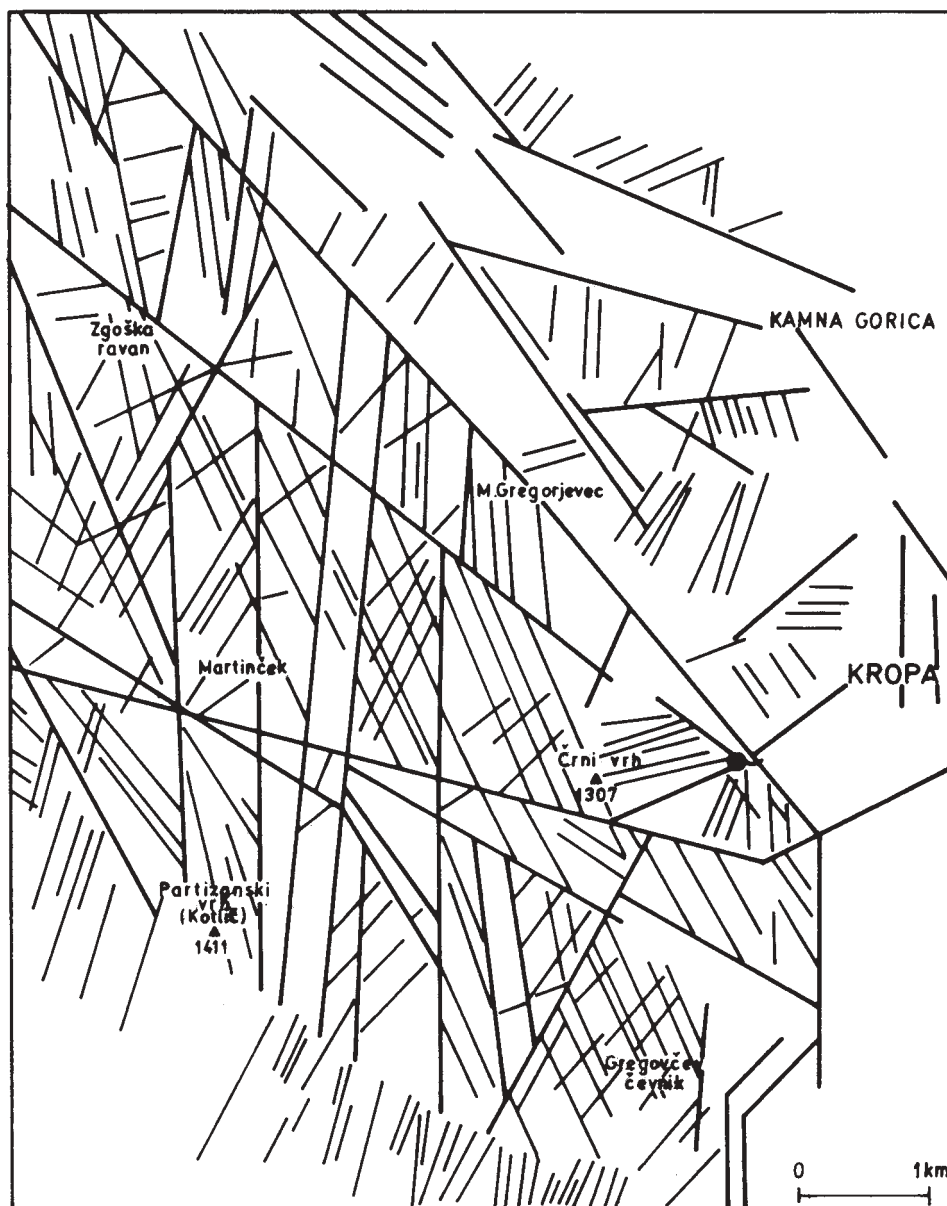
Glavni prelomi na območju Jelovice potekajo v smeri NW-SE. Pojavljajo se tudi prelomi prečno na to smer. V širši okolici Kroparice poteka več močnih prelomov dinarske smeri, ki se vlečejo čez velik del Slovenije. (Grad & Ferjančič, 1976.) V zvezi s potekom prelomov na območju Jelovice lahko sprejmemo Placerjevo klasifikacijo tektonskih con (Placer, 1999a). V severozahodnem delu Slovenije se stikata Periadriatska tektonska cona in Idrijska tektonska cona, ki ju med seboj loči desnozmčni Savski prelom (Placer, 1999b). Tako leži Jelovica znotraj Idrijske prelomne cone in sicer v njenem notranjem delu, v območju Stiškega preloma.

Iz morfologije planote Jelovice lahko razberemo, da je odrezana ob strmih prelomnih ploskvah. Na severu jo omejuje Blejski prelom in na jugu Dražgoški, prav tako pa sta zelo strmo odrezana tudi vzhodni in zahodni rob planote. Ti prelomi so razkosali prvotno narivno zgradbo Jelovice. Ob prelomih je prišlo do večjih premikov, kar ima za posledico večje ali manjše tektonske leče keratofirjev in piroklastitov znotraj Jelovice in zamike prej enotnih narivnih ploskev. Kompresija v smeri sever jug in premik ob Savskem prelomu so povzročili izrivanje planote iz mehke posteljice nekompetentnih kamnin. Vendar pa izrivanje na območju Jelovice ni enakomerno, kar ima za posledico nastanek blokovne zgradbe.

Južno od izvira Kroparice poteka Jelovski prelom, ki teče od Nemilj do Jamnika in nato preko Martinčka do Bohinjske Bistrice. Temu prelomu sledi proti jugu Dražgoški prelom. Po Premruju (1975) je Dražgoški prelom prekrit z Jelovskim pokrovom, ob njem pa naj bi potekala južna meja tektonskega okna jelovških planin.

Morfološka analiza reliefa

Tektoniko v napajalnem zaledju Kroparice smo skušali interpretirati tudi z analizo reliefa. Pri tem smo uporabili programski paket ARCVIEW 3.1 in vektorske karte v me-



Slika 3. Karta lineamentov v napajalnem zaledju Kroparice
 Figure 3. Lineament map in the recharge area of Kroparica

rilu 1:25000. S programskim paketom smo analizirali usmerjenost in naklon pobočij. S programskim modulom, ki omogoča senčenje reliefa pod različnimi koti smo izdelali več različno osenčenih kart. Na podlagi analize teh kart smo določili posamezne v reliefu vidne linije, ki jih interpretiramo kot

lineamente. Analizo smo izvedli za ožje območje zatropa izvirov Kroparice in za širše zaledje izvira.

Tako izdelana karta (slika 3) nam služi kot indikator neotektonike in morebitnih glavnih smeri toka podzemne vode. Karta je le posredna indikacija razmer. Gostota in-

terpretiranih linij nam nakazuje nekatere značilnosti, ki jih lahko interpretiramo tudi v hidrogeološkem kontekstu. Večja gostota takšnih linij kaže na bolj pretrto ozemlje in s tem na potencialne poti podzemne vode.

Iz karte, ki je podana na sliki 3, vidimo da močno prevladujeta dve smeri. Prvo predstavljajo dinarsko usmerjene linije. Ta smer močno prevladuje. Linijo, ki se vleče južno od Zidanih skal bi lahko enačili z Jelovskim prelomom. Drugo izrazito linijo podobne smeri zasledimo v območju Vodiške planine. Zelo izrazita smer linij je tudi smer sever jug. Linije te smeri so najbolj intenzivno razvite v centralnem delu obravnavanega območja vzhodno od Martinčka pa vse do izvira Lipnice.

Linije na območju zatrepna Kroparice konvergirajo. Menimo, da je vzrok za nastanek zatrepne doline Kroparice v obliki amfiteatra konvergenca teh linij. Domnevamo, da je v tem območju po končani fazi narivne tektonike prišlo do blokovne tektonike in s tem do vertikalnega in horizontalnega pomikanja posameznih blokov.

Geomorfološke razmere

Položaj izvirov Kroparice je nenavaden. Njeni izviri ležijo v dolini, katere južni del je polkrožno amfiteatralno zaobljen, proti severu pa se nadaljuje v ozko in strmo dolino. V zaledju, imamo opraviti z obsežno kraško planoto, na kateri se pojavljajo posamezne slepe doline s ponori.

Ožje območje Kroparice opredelimo kot zatrepno dolino, na dnu katere pride na plano podzemna voda. Pobočja te zatrepne doline so preprejena s strmimi grapami, po katerih plazi sneg, ob nevihtah in dolgotrajnem deževju pa se zlivajo hudourniki. Od ostalih grap morfološko nekoliko odstopa le levi pritok Kroparice imenovan Hrenovec.

V celotni zatrepni dolini so pobočja zelo strma, toda kljub temu opazimo v naklonu pobočij razlike. Geomorfološke razmere v veliki meri odražajo litologijo. Na nadmorski višini okoli 950 m se pričenjajo dachsteinski apnenci. Za ta predel so značilna zelo strma pobočja in v nekaterih primerih tudi ostenja. Ta so v veliki meri razpokana, zaradi česar imamo opraviti z velikimi podornimi bloki ter pobočnim gruščem in kršjem, ki v veliki meri prekriva spodaj ležeče kamnine.

V zatrepni dolini Kroparice je moč sklepati na pojavljanje magmatskih kamnin tudi iz pojavljanja usadov. V območju nad sočjem Kroparice in Hrenovca, ki ga domačini imenujejo tudi V blatu, je prisotno večje število usadov in splazitev tal. Domnevamo, da je to posledica manjših dotokov vode iz lusk apnencev in dolomitov, ki se pojavljajo med magmatskimi kamninami. Na nadmorski višini okoli 720 m najdemo sprijete pobočne breče. V enem od blokov pobočne breče naletimo tudi na krajšo jamo skozi katero teče potoček. Jama je nastala na kontaktu s spodaj ležečim keratofirjem.

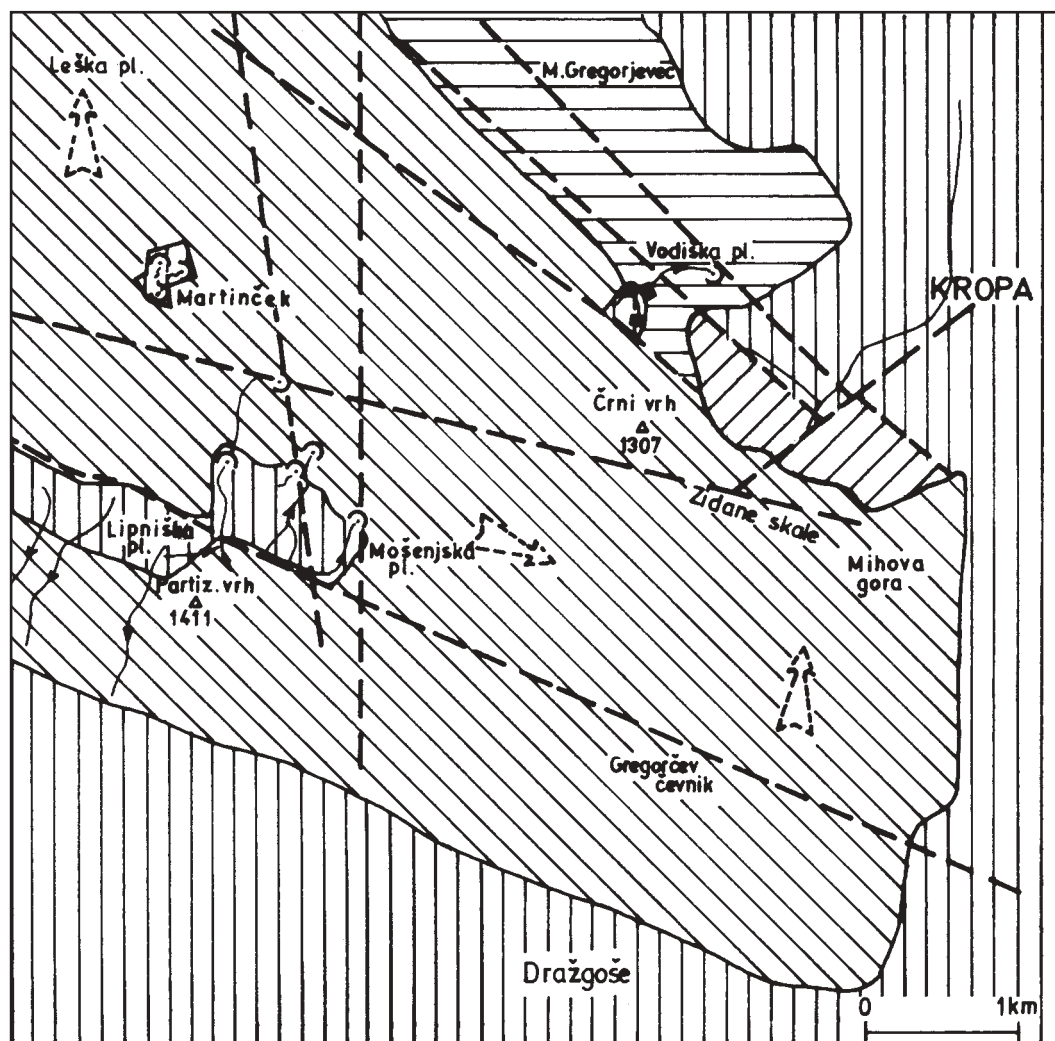
Pravo nasprotje zatrepni dolini Kroparice predstavlja planota Jelovice. Najvišji vrh Jelovice je Partizanski vrh s 1411 m nadmorske višine in leži na južnem obrobju planote. Od tod se teren v smeri proti severu počasi znižuje. Tako kot kamnine vplivajo na gospodarske dejavnosti in razvoj hidrografske mreže, vplivajo tudi na oblikovanost površja. Teren, kjer ležijo keratofirji in piroklastične kamnine je povsem drugače oblikovan kot območja, kjer nastopajo karbonatne kamnine.

Na magmatskih in piroklastičnih kamninah so razvite manjše dolinice, ki so med seboj ločene z zaobljenimi in neizrazitimi grebeni. Na teh območjih zasledimo debelejša in bolj izrazita tla. Na Mošenjski planini in v Kravjem potoku so te doline vrezane nekoliko globlje pod površino okoliškega terena.

Večji del Jelovice predstavlja kraško planoto na kateri nastopajo številne vrtače različne velikosti. Na planoti je razvito večje število jam in brezen, ki pa razen redkih, ne dosega večjih globin. Najgloblje brezno na Jelovici je Brezno na Leški planini, ki sega do kote 584 m. Terensko kartiranje pokaže, da je površje v veliki meri prekrito s periglacialnimi in glacialnimi sedimenti, ki preprečujejo neposreden dostop v kraško podzemlje. Nenazadnje na to kažejo tudi nekdanji rudniki železa, ki so jih izkoriščali tako, da so bobovce in druge oblike železove rude kopali v breznih in jamah.

Hidrografske razmere

Jelovica je visokogorska kraška planota, kjer v večji meri nastopajo za vodo dobro prepustne karbonatne kamnine. Poleg teh kamnin zasledimo še keratofirje in pirokla-



Slika 4. Hidrogeološka karta

Figure 4. Hydrogeological map

stite, ki so za vodo zelo slabo prepustni. Na teh kamninah so se razvili različno dolgi površinski vodotoki, ki na stiku s karbonatnimi kamninami poniknejo v ponorih, v nekaterih primerih pa tudi v pravih kraških jamah. Hidrografske razmere so podane na hidrogeološki karti, ki je podana na sliki 4.

Na Vodiški planini voda površinsko odteka po manjši tektonski leči keratofirja. Na nekaterih mestih je opaziti, da so ob kontaktu z zgoraj ležečimi karbonati nastala manjša močila, katerih del je zajet za potrebe vodooskrbe Partizanskega doma. Voda po kratkem površinskem toku preide na

zgornje triasni cordevolski dolomit. Ob nizkih vodah vzdolž toka počasi ponika v tleh, ob visokih vodah pa doseže ponore, ki so razviti v dolomitu na skrajni vzhodni strani planine.

Podobne razmere kot na Vodiški planini opazimo tudi na ostalih planinah. Na Mošenjski planini naletimo ob prelomnem kontaktu keratofirja z apnenci na več močil, ki se jim vzdolž toka pretok počasi povečuje. Potok na Mošenjski planini ponikne v Mošenjsko jamo, ki leži na koncu doline. Jama se sestoji iz ponora in manjše dvoraniče, razširjene ob razpokah.



Slika 5. Zajetje na Kroparici

Figure 5. Water capture on Kroparica spring

Če sledimo dinarskemu prelomu, ki poteka na severni strani Mošenjske planine, v smeri proti zahodu, naletimo na večje število kratkih ponikalnic. Podobne kratke ponikalnice zasledimo tudi med ostalimi večjimi dolinami. Pojav teh ponikalnic je v slovenskem merilu nenavaden. Nekatere so dolge le nekaj deset metrov. Na izdanku keratofirja ali piroklastita se oblikuje zelo kratek površinski tok. Na stiku s karbonati pa voda ponovno ponikne. Takšne manjše ponorne dolinice so bile opažene med Mošenjsko planino in Kravjim potokom ter med Kravjim potokom in Lipniško planino.

Od Mošenjske planine v smeri proti zahodu se teren prevesi v dolino Kravjega potoka. Voda Kravjega potoka odteka v smeri proti severu, kjer ponikne v manjšem zatrepu, v katerem voda zastaja v obliki manjšega jezera, iz katerega voda nadalje odteka proti ponoru. Za ponorom se vije manjša dolina v smeri proti severu.

Tudi na Lipniški planini so prisotne podobne razmere. Voda se izceja na kontaktu z zgoraj ležečimi karbonatnimi kamninami in

spodaj ležečimi keratofirji in odteka v več krakih po površju. Pri spomeniku padlim borcem se vode združijo in odteka naprej v enotnem potoku. Od vseh potokov na Jelovici ima potok na Lipniški planini najdaljši tok. Vzdolž vodotoka sledimo več ponorov, ki požirajo v odvisnosti od vodnega stanja. Prve ponore zasledimo pod kamnolomom keratofirja, kjer se je oblikoval manjši zatrep. Dno tega zatropa je prekrito z naplavljenim gruščem. V tem predelu voda ob nizkih vodah ponika. V kolikor so pretoki večji, voda nadaljuje pot proti severu, kjer teče po globoki dolini v apnencu in dolomitu, kjer se ponovno izgublja v posameznih ponorih. Dokončno voda ponikne v veliki vrtači na območju Zajčjih plan.

Na planinah zahodno od Lipniške planine površinske vode, ki tečejo po keratofirjih in piroklastitih odteka v smeri proti jugu.

Svojevrstna hidrografska mreža se je razvila na območju Martinčka. Tudi tukaj je vzrok za pojavljanje površinskega vodotoka izdanek keratofirjev. Na majhnem ozemlju, velikem nekaj hektarjev, nastopajo trije loče-

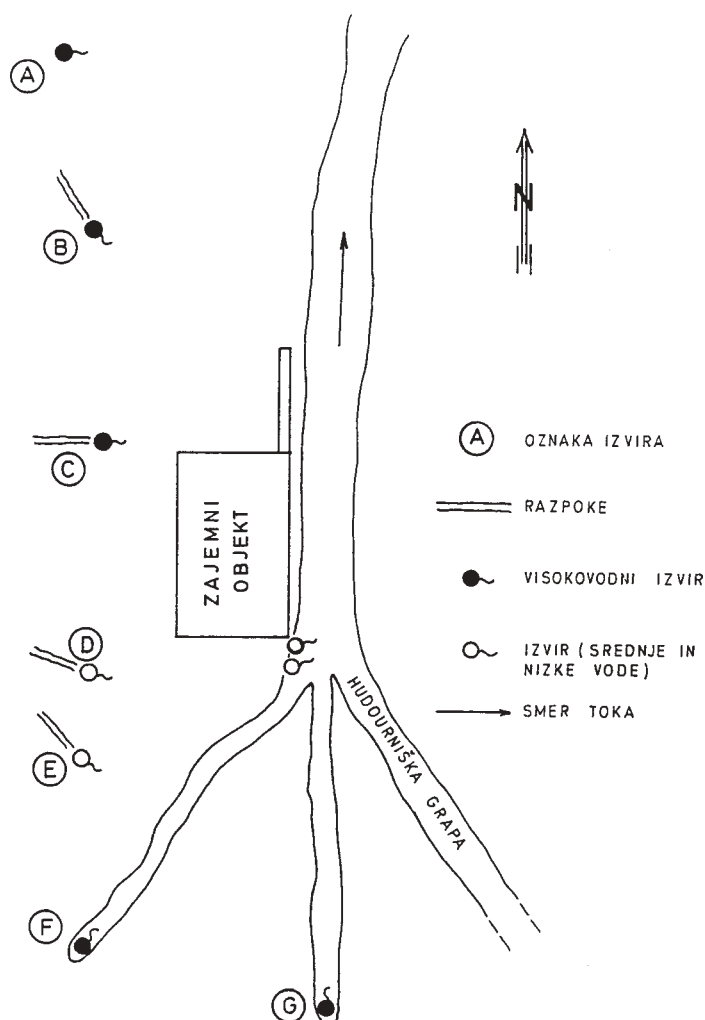
ni potoki, od katerih se vsak drenira v drugi smeri. Opraviti imamo s trojno razvodnico. Potok, ki teče v smeri od severa proti jugu, ponika v globoki vrtači, katere južna stena je ostro odrezana ob razpoki. Potok, ki odteka v smeri od juga proti severu, ponika v manjši ponorni jami, iz geomorfoloških indikatorjev pa lahko sklepamo, da ob visokih vodah voda ponira tudi v nekaterih sosednjih poglobitvah, ki po svoji obliki spominjajo na ponore. Tretji potok izvira na območju gozdarskih hiš in odteka v smeri proti vzhodu. Ta potok ponira v globlji vrtači, katere stene so prav tako preoblikovane ob razpokah.

IZVIRI KROPARICE

Opis izvirov Kroparice

Kraška planota Jelovica se drenira skozi več kraških izvirov, kot so Grabnarica (kota izvira 530 m), Lipnica (kota izvira 530 m) in Kroparica (kota najmočnejšega izvira 625 m – glej sliko 5). Zasledimo tudi manjše izvire, ki pa jih na tem mestu ne obravnavamo.

Glavnino Kroparice predstavljata dva roja izvirov. Prvi roj izvirov zasledimo na nadmorski višini 625 m in drugi roj izvirov na nadmorski višini med 629 in 632 m.



Slika 6. Izviri Kroparice

Figure 6. Springs of Kroparica

Tabela 1. Meritve pretokov na Kroparici
Table 1. Discharge measurements on Kroparica

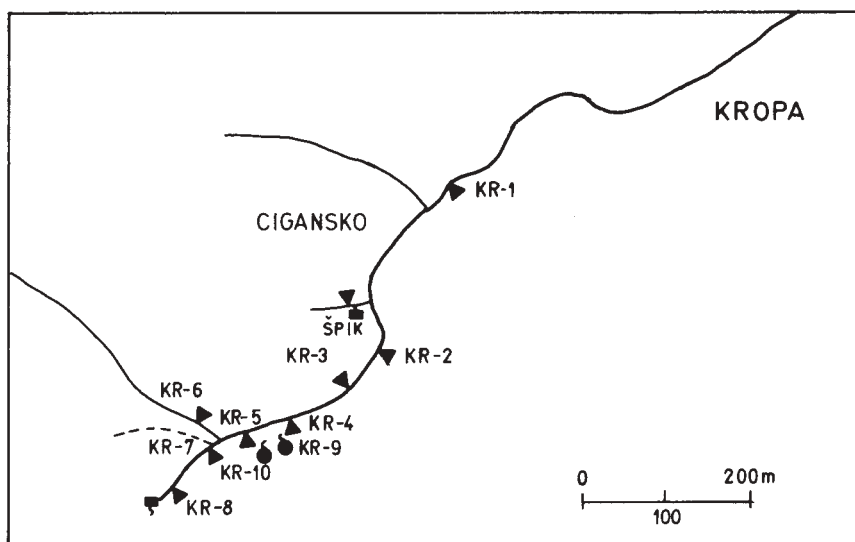
	KR-1	KR-3	KR-4	KR-5	KR-8	KR-9	KR-10
28-feb-00	104	91,5	83	90	73	0,2	0,19
6-mar-00	123	110,5	102	98	75	/	/
13-mar-00	357	347	362,5	319,5	212,5	5	0,26
21-mar-00	250,5	233	228,5	229,5	157	2	0,18
30-mar-00	2700	/	/	/	1753,5	30	/
5-apr-00	1626	/	1480,5	/	1113	18	0,35
13-apr-00	2008	/	1869,5	/	1655,5	11	0,35
19-apr-00	1296	/	1252	/	1036	4,6	0,34
26-apr-00	650	/	487,5	/	303	1,5	0,33
3-maj-00	284,5	/	267	/	218,5	0,5	0,2
10-maj-00	194,5	210,5	170	197	/	0,2	0,2

Okoli 100 m v smeri dolvodno od izvirov dobi Kroparica levi pritok imenovan Hrenovec, ki je na nekaterih kartah imenovan kot Kroparica, domačini pa naj bi mu nekoč pravili tudi Fortn potok. Voda v tem potoku doteka iz večih strmih grap. Grape, ki predstavljajo leve pritoke, so nastale na območju keratofirjev in piroklastitov, nekatere grape, ki predstavljajo desne pritoke, pa deloma potekajo tudi po karbonatnih kamninah. Voda v Hrenovcu se pojavi na nadmorski višini okoli 1000 m. Glavna struga Hrenovca poteka v keratofirjih in piroklastitih, ki hitro preperevajo, zato je na nekaterih mestih v strugi opaziti manjše zasute izravnave, kjer

potok lokalno ponika. Zaradi tega je ob nizkih vodah v zgornjem in srednjem delu toka struga povsem suha.

V širšem območju amfiteatralno oblikovane zatrepne doline Kroparice zasledimo več strmih grap hudourniške narave v katerih stalnega površinskega toka vode ni.

Izviri Kroparice so nanizani ob levem strmem bregu struge. Podrobna lega izvirov je prikazana na sliki 6. Voda priteka na dan iz plastovitega in razpokanega baškega dolomita, ki se pne v smeri proti zahodu. Del izvirov je zajet za potrebe vodooskrbe. Zajemni objekt predstavlja rezervoar iz katerega voda običajno preliva. Neposredno nad za-



Slika 7. Meritve pretokov na Kroparici
Figure 7. Discharge measurements on Kroparica

jemnim objektom, skorajda v isti višini, je več manjših izvirov, ki prihajajo na dan med gradniki kamnite zložbe zajetja.

Visokovodni izviri A,F in G (slika 6), iz katerih voda izteka le ob zelo visokih vodah, so prekriti s pobočnim gruščem, tako da ni moč natančno določiti geometrije njihovega pojavljanja. Nekoliko bolj izrazito je to opaziti pri ostalih izvirih, ki so razviti ob subvertikalnih razpokah v obliki manjših kavern.

Izvir B je razvit ob subvertikalni razpoki, ki poteka v smeri $150^{\circ} - 330^{\circ}$, plasti baškega dolomita vpadajo v smeri 270/38. Izvir predstavlja manjša kaverna višine 1 m in širine 0,5 m. Tudi izvir C je razvit ob razpoki v obliki kaverne visoke 0,6 m in široke 0,4 m. V kaverni nastopa grušč debeline do 10 cm. Izvir D predstavlja kaverna dolga 3 m, široka 1 m in visoka 0,75 m. Vpad plasti na tem izviru znaša 245/49, rov pa je razvit v smeri $115^{\circ} - 305^{\circ}$ ter vpada pod kotom 34° . Izvir E predstavlja razširjena subvertikalna razpoka v smeri $155^{\circ} - 335^{\circ}$.

V zgornjem delu doline Kroparice najdemo še nekaj izvirov. Dva manjša izvira se pojavljata na desnem bregu Kroparice med mostom in Hrenovcem. Zgornji izvir je majhne izdatnosti, toda zanj je značilen konstanten pretok. Na spodnjem izviru smo opazili večje nihanje pretokov. Tudi položaj tega izvira se lokalno nekoliko spreminja, ob visokih vodah izvira nekaj metrov višje. Na nihanje pretokov tega izvira nakazuje tudi morfologija v njegovi neposredni okolici, ki kaže na spiranje pobočnega grušča.

Med kartiranjem smo nekaj manjših izvirov zasledili tudi nad izviri Kroparice na zahodnem bregu na območju imenovanem V blatu. Ti izviri imajo manjšo izdatnost. Prisotnost manjših močil in izvirov potrjujejo tudi manjši usadi in splazitve tal, kar je posledica toka prenikujoče vode med preperino in spodaj ležečim nepreperelim keratofirjem. Manjši izvir smo našli tudi na nadmorski višini 990 m v območju, kjer se že pojavljajo dachsteinski apnenci in glavni dolomit.

Meritve pretokov

Meritve pretokov so bile izvedene na večjem številu merskih mest. Lokacije merskih mest so prikazane na karti na sliki 7. Rezultati meritev na Kroparici so podani v tabeli

1. Večina merskih točk je na Kroparici, skupaj 11. Meritve pretokov so bile izvedene večkrat, vendar pa se število meritev med posameznimi nizi meritev razlikuje. V nekaterih primerih so bile meritve opuščene, saj jih zaradi visokovodnega stanja ni bilo moč izvesti ali pa so primerjave z rezultati predhodnih raziskav pokazale, da meritev na določeni merski točki ni smiselna. Zaradi primerjave s Kroparico so bili izmerjeni še pretoki na izviru Špik, na Hrenovcu (mersko mesto KR-6), na Lipnici in Rečici pri Kamni gorici. Rezultati meritev pretokov so podani v tabeli 2.

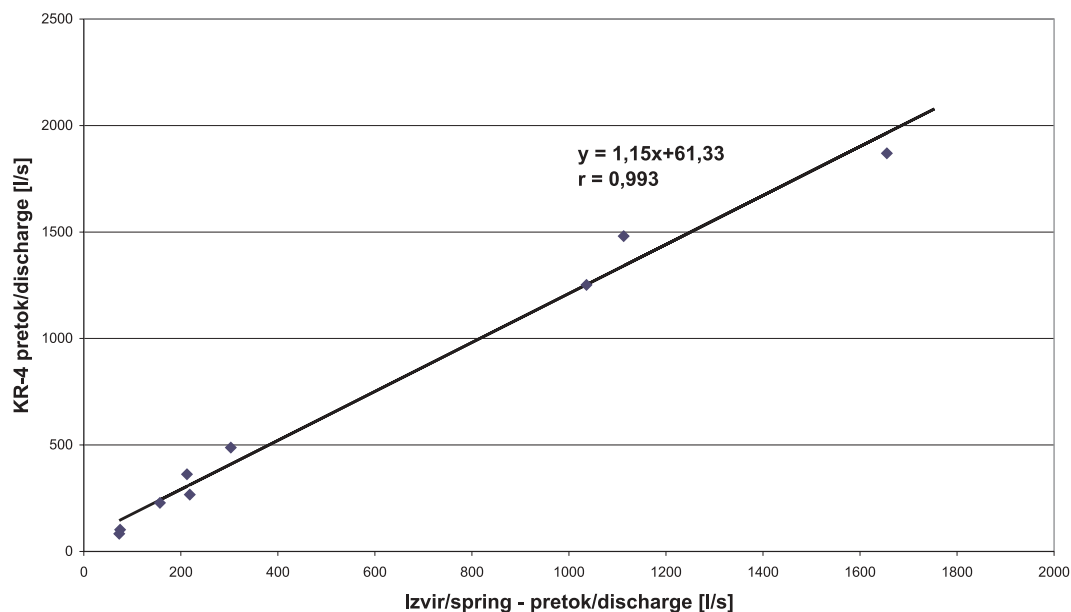
Meritve pretokov so bile izvedene s kemijsko integracijsko metodo. Pri tej metodi v merjeni vodotok vnesemo znano maso sledila katerega koncentracije merimo v nizvodni smeri. Delež razredčenja sledila je merilo s katerim izračunamo pretok. Kemijsko integracijsko metodo meritve pretokov uporabljamo predvsem takrat, ko meritve s hidrometričnim krilom ni moč izvesti kvalitetno in tam, kjer se sledilo v vodotoku dobro premeša. Hiter pretok Kroparice omogoča dobro mešanje sledila in s tem kvalitetno izvedbo meritev. Pri meritvah je bila uporabljena kuhinjska sol, koncentracije soli v vodotoku so bile merjene z konduktimetrom. Umeritvena krivulja je bila določena pred vsakim nizom meritev. Na posameznem merskem mestu je bila meritev izvedena po dvakrat. Če sta se rezultata med seboj razlikovala, je bila meritev ponovljena še tretjič. Meritve znotraj posameznega merskega niza so se pričele z mersko točko KR-1, ki je bila glede na tok Kroparice postavljena najnižje. Nato so se meritve zaporedno nadaljevale po strugi navzgor.

Tabela 2. Meritve pretokov na vodotokih na ožjem območju Kroparice

Table 2. Discharge measurements on Kroparica surroundings

	Hrenovec	Špik	Lipnica	Rečica
28-feb-00	3,9	/	/	/
6-mar-00	11,6	/	/	/
13-mar-00	18,5	/	/	/
21-mar-00	7,75	3,8	/	/
30-mar-00	100	/	458*	1000*
5-apr-00	59	6,7	106	1365,5*
13-apr-00	43,95	10,5	86	3500
19-apr-00	24,25	8,16	30	2000
26-apr-00	6,9	/	17	1100
3-maj-00	4,8	4,2	8,3	361
10-maj-00	3,5	4	/	/

* meritve zaradi visokih pretokov niso zanesljive – ocena



Slika 8. Odnos med pretoki na izviro in na merski točki KR-4

Figure 8. The relation between discharges on spring and at the point KR-4

Primerjalna analiza pretokov na Kroparici

Med meritvami na Kroparici smo izvedli medsebojno primerjavo. Analiza je izvedena tako, da so v točkastih diagramih primerjane istočasno izvedene meritve glede na posamezno mersko mesto. Na ta način je bil dobljen oblak točk, ki je opisan z linearnim regresijskim modelom. Razdalje med posameznimi merskimi točkami na Kroparici so bile izbrane tako, da bi bilo moč ugotoviti morebitne nevidne dotoke podzemne vode v strugo.

Naklon regresijske premice nam podaja delež prirastka dotokov med obema merskima točkama v odvisnosti od povečevanja pretokov. Če je koeficient naklona premice enak ena, dotokov med obema merskima točkama ni. Če je večji od ena pa so pritoki prisotni. Presečišče ordinate nam nakazuje, kakšni so stacionarni dotoki v strugo, to je tisti dotoki, ki niso odvisni od hidrološkega režima. Kot primer podajamo diagram medsebojne odvisnosti za merski točki KR-1 in KR-8 (izvir – pod zajemnim objektom). Odnos med točkami je podan na sliki 8.

Na podlagi medsebojne primerjave posameznih merskih mest so izračunane naslednje regresijske premice. Te regresijske premice so podane skupaj s pripadajočimi

linearnimi korelacijskimi koeficienti (na prvem mestu je merska točka, ki predstavlja ordinato na drugem pa točka, ki predstavlja absciso):

- a) KR-4 – KR-8 (izvir) $y = 1,15x + 61,33$ $r = 0,993$
- b) KR-1 – KR-4 $y = 1,07x + 17,55$ $r = 0,998$
- c) KR-1 – KR-8 (izvir) $y = 1,35x + 48,08$ $r = 0,985$

Iz zgornjih enačb sledi, da dotokov med merskimi točkami KR-1 in KR-4 skorajda ni. Dotoki v strugo so opazni le med merskima točkama KR-4 in izviro. Stacionarni dotoki v strugo se gibljejo na intervalu med 48 do 61 l/s. Prisotnost teh dotokov potrjuje tudi tretja regresijska premica, ki podaja odnos med pretoki na izviro in na merskem mestu KR-1.

Izotopske analize ($\delta^{18}\text{O}$)

Z namenom, da bi opredelili hidrogeološke razmere v napajalnem zaledju Kroparice, je bilo odvzetih tudi 16 vzorcev za določitev izotopske sestave kisika v vodi ($\delta^{18}\text{O}$). Odvzem teh analiz je bil namenjen le osnovni opredelitvi in primerjavi med posameznimi vzorčnimi mesti. Izotopske analize so bile narejene na Institut für Hydrogeolo-

gie und Geothermie – Joanneum Research v Gradcu, Avstrija. Rezultati meritev so podani v tabeli 3.

Tabela 3. Rezultati analiz $\delta^{18}\text{O}$
Table 3. Results of $\delta^{18}\text{O}$

Vzorčno mesto	Datum	$\delta^{18}\text{O}$ v ‰
Zajetje	10. 2. 2000	-9,0
	28. 2. 2000	-9,1
	13. 3. 2000	-9,1
Izvir C	10. 2. 2000	-9,2
Izvir nad prelivom	10. 2. 2000	-9,2
	10. 2. 2000	-8,6
Hrenovec	28. 2. 2000	-8,6
	13. 3. 2000	-8,7
	28. 2. 2000	-9,0
KR-7	28. 2. 2000	-9,0
KR-5	28. 2. 2000	-9,0
Zg. izvir desni breg	10. 2. 2000	-8,5
	28. 2. 2000	-8,5
	13. 3. 2000	-8,5
Sp. izvir desni breg	10. 2. 2000	-8,8
	28. 2. 2000	-8,8
	13. 3. 2000	-8,8

Razlike med posameznimi vzorčnimi točkami so bile uporabljene za nadaljno analizo, vendar le kot indikacija, saj je za natančnejše izračune potrebno imeti daljše nize opazovanj, ki jih v okviru opravljenih raziskav ni bilo mogoče zagotoviti.

V zahodni Sloveniji znaša izotopski višinski efekt $0,2\text{‰}/100$ m nadmorske višine (Brenčič et. al, 1994). Če sprejmemo dejstvo, da imajo izviri z višjim napajalnim zaledjem nižjo izotopsko sestavo kisika, potem so razlike med izviri pri zajetju v zgornjem delu doline in ostalimi vzorčnimi mesti več kot očitne. Glavni izviri Kroparice imajo napajalno zaledje, ki je višje od napajalnih zaledij Hrenovca in izvirov na desnem bregu Kroparice. To pomeni, da gre v dolini Kroparice za vode, katerih napajalno zaledje ni enotno.

Če izhajamo iz predpostavke, da rezultati meritev $\delta^{18}\text{O}$ nakazujejo dejanske razmere v vodonosniku in ne vrednosti, ki sicer odstopajo od povprečij, potem je napajalno zaledje izvirov pri zajetju v povprečju za okoli 200 m višje od napajalnega zaledja Hrenovca. Od izvirov na desnem bregu Kroparice pa za okoli 300 m. Ti rezultati potrjujejo interpretacijo, ki smo jo izvedli s klasičnimi geološkimi metodami, iz katerih sledi, da je napajalno zaledje Hrenovca na območju Vodiške planine in njegovega orografskega po-

rečja. Izviri Kroparice pa imajo višje napajalno zaledje, verjetno na območju Mošenjske in Lipiške planine.

Zanimive so tudi razlike med izotopsko sestavo izvirov na zajetju. Izviri nad zajetjem imajo nekoliko nižje vrednosti kot preliv, kar kaže na to, da gre verjetno le za prelivne izvire. Prav tako je zanimiva tudi razlika v izotopski sestavi med obema izvirovoma na desnem bregu, ki nakazuje na to, da ima spodnji izvir nekoliko višje napajalno zaledje.

HIDROLOŠKA BILANCA

Analiza porazdelitve nadmorskih višin

Analiza porazdelitve nadmorskih višin je bila izvedena kot pomoč pri določanju klimatskih parametrov v napajalnem zaledju Kroparice. Ti podatki so bili uporabljeni kot izhodišče za določitev povprečnih vrednosti padavin in temperatur v napajalnem zaledju. Ker je napajalno zaledje Kroparice kraško in zaradi tega porečje orografsko ni definirano, smo privzeli, da leži znotraj območja, ki ga opredelimo na podlagi geoloških razmer. Pri tem smo se omejili na območje vzhodno od črte, ki teče mimo Zgoške ravni v smeri sever jug, v ostalih predelih pa smo kot mejo območja izbrali območje nad nadmorsko višino 675 m, to je koto, pod katero se izviri Kroparice ne napajajo.

Tabela 4. Porazdelitev nadmorskih višin v napajalnem zaledju Kroparice

Table 4. Distribution of altitudes in the recharge area of Kroparica

Interval [m]	Delež v %	Kumulativni delež v %
675 - 725	4,94	4,94
725 - 775	4,89	9,83
775 - 825	4,7	14,53
825 - 875	4,98	19,51
875 - 925	4,62	24,13
925 - 975	6,23	30,36
975 - 1025	4,47	34,83
1025 - 1075	7,08	41,91
1075 - 1125	9,04	50,95
1125 - 1175	10,33	61,28
1175 - 1225	10,99	72,27
1225 - 1275	15,23	87,5
1275 - 1325	6,42	93,92
1325 - 1375	4,88	98,8
1375 - 1411	1,19	100

Tabela 5. Višina srednjih letnih padavin na padavinskih postajah v širšem območju Jelovice (Zupančič, 1995)

Table 5. Mean yearly rainfall in the vicinity of Jelovica (Zupančič, 1995)

Padavinska postaja	Nadmorska višina padavinske postaje	Povprečne letne padavine za obdobje 1961-1990	Povprečne letne padavine za obdobje 1981-1990
Podbrdo	521	2289	2162
Davča	960	1858	1737
Železniki	458	1883	1735
Zg. Sorica	820	2031	1865
Dražgoše	930	1880	1755
Zg. Besnica	480	1588	1493
Gorjuše	940	2030	1815
Bohinjska Bistrica	507	2198	2150
Naklo	410	1456	1373
Kranj	395	1590	1440
Kokrica	405	1418	1334
Bled*	482	1519	1445
Ukanc	530	2915	2798
Lesce	515	1488	1386
Stara Fužina	547	2333	2227
Vogel*	1535	3077	2840
Kredarica	2514	1994	2147
Preddvor	485	1441	1380
Planina pod Golico	970	1795	1637
Rut	710	2418	2324

V tabeli 4 so podani izračuni deležev nadmorskih višin za intervale z višinskim razponom 50 m. Podan je delež in kumulativni delež (hipsometrijski integral) posameznega intervala višin. Izračun je izveden s programskim paketom ArcVIEW 3.1 na podlagi analize vektorskih kart v merilu 1:25000.

Iz pregleda tabele 4 vidimo, da na obravnavanem območju prevladujejo nadmorske višine na intervalu 1225 do 1275 m. Po deležu mu sledita nižja intervala od nadmorske višine 1125 do 1225 m. Ostale nadmorske višine so zastopane v deležih, ki ne presega 10%. Iz analize podatkov v tabeli sledi, da je povprečna nadmorska višina na izbranem območju 1052 m.

Analiza padavin

Izračun povprečnih padavin je izveden z namenom določitve povprečne infiltracije v vodonosnik. Na Jelovici ni padavinske postaje, zato je izračun povprečnih dolgoletnih padavin izveden na podlagi literarnih podatkov okoliških padavinskih postaj

(Zupančič, 1995). Podatki analiziranih postaj so podani v tabeli 5. Zaradi razlik v dolžini opazovanj je analiza izvedena za dve obdobji. Prvo analizirano obdobje obsega interval od leta 1961 do 1990, drugo analizirano obdobje obsega interval med leti 1981 in 1990.

Za izračun povprečnih dolgoletnih padavin v napajalnem zaledju Kroparice smo uporabili linearni model naraščanja povprečnih letnih padavin z nadmorsko višino. Za obravnavane postaje enotne padavinske premice ni moč rekonstruirati. Vzrok za to je neenakomerna porazdelitev padavin, katerih količina upada v smeri od zahoda proti vzhodu. Padavinsko premico smo rekonstruirali tako, da smo kot reprezentativne padavine za višje nadmorske višine izbrali padavinsko postajo Vogel. Tako smo za analizirani obdobji določili naslednji padavinski premici (P – padavine v mm/leto, h – nadmorska višina padavinske postaje):

- a) za obdobje 1961 do 1990: $P = 1,5h + 793$
- b) za obdobje 1981 do 1990: $P = 1,4h + 500$

Povprečne padavine analiziranega območja so določene s ponderiranjem posameznih nadmorskih višin glede na njihovo frekvenco. Ponderirano povprečje predstavlja enačba

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n f_i P_i$$

kjer so

P – povprečne padavine

f_i – frekvenca pojavljanja posamezne nadmorske višine

P_h – višina padavin podana s padavinsko premico

Tako znašajo ponderirane dolgoletne povprečne padavine za obdobja:

c) za obdobje 1961 do 1990: 2399 mm

d) za obdobje 1981 do 1980: 2199 mm.

Analiza temperaturnih razmer

Podobno kot pri analizi padavin smo tudi pri analizi temperatur izhajali iz literaturnih podatkov (Mekinda – Majaron, 1996). Odnos med povprečno dolgoletno temperaturo zraka in nadmorsko višino je bolj enoznačen kot v primeru padavin. Podatki, ki so bili uporabljeni za izračun, so podani v tabeli 6.

Tabela 6. Srednje letne temperature v širšem območju Jelovice

Table 6. Mean yearly temperatures in the vicinity of Jelovica

Temperaturna postaja	Nadmorska višina [m]	Povprečna letna temperatura za obdobje 1961 do 1990 [mm]
Kredarica	2514	-1.6
Radovna Planina	630	6.4
pod Golico	970	6.2
Domn na Komni	1520	3.7
Stara Fužina	547	7.6
Rovtarica	1080	3.7
Golnik	500	9.4
Žeje	427	8.5
Zgornje Bitnje	378	8.3
Javorje	695	8.3
Novaki	650	8.3

Na podlagi zgornjih podatkov znaša temperaturna premica $T = -0,00491h + 10,67$ (T –

povprečna dolgoletna temperatura v °C, h – nadmorska višina v m). Povprečno temperaturo smo določili s ponderiranjem glede na porazdelitev nadmorskih višin, enako kot pri padavinah. Tako znaša povprečna dolgoletna temperatura obravnavanega območja 5,4°C.

Izračun realne evapotranspiracije

Povprečna letna realna evapotranspiracija na območju Jelovice je bila ocenjena s Turcovo klimatsko formulo (Miletić & Heinrich Miletić, 1981):

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

kjer je

ETR – realna letna evapotranspiracija v mm

P – višina letnih padavin v mm

$L = 300 + 25T + 0,05T^2$

T – povprečna letna temperatura v °C

Za analizirana obdobja znaša povprečna dolgoletna realna evapotranspiracija:

a) za obdobje 1961 do 1990: 429 mm

b) za obdobje 1981 do 1980: 431 mm.

Iz izračuna vidimo, da lahko kot realno povprečno oceno evapotranspiracije upoštevamo 430 mm.

Efektivne padavine

Efektivne padavine (P_{ef}) predstavljajo razliko med celotnimi padavinami (P) in realno evapotranspiracijo (ETR).

$$P_{ef} = P - ETR$$

Tako znašajo v napajalnem zaledju Kroparice efektivne padavine

a) za obdobje 1961 do 1990: 1969 mm

b) za obdobje 1981 do 1980: 1769 mm

in srednja ocena 1869 mm.

Analiza pretokov na vodomerni postaji Ovsiše

Za potrebe določitve velikosti napajalne zaledja Kroparice so bili analizirani podatki o pretokih za vodomerno postajo Ovsiše. Vodomerna postaja je postavljena blizu iztoka Lipnice v reko Savo in tako odraža hidrološke razmere v celotnem porečju Lipnice, v katerega sodi tudi Kroparica. Meritve na Lipnici izvaja Agencija Republike Slovenije za okolje z opazovalcem, ki odčitava vodostaje na vodomerni lati ob 7.00 uri vsak dan. Podatke o pretokih zajemamo iz njihove baze podatkov.

Analizirani so bili podatki o dnevni meritvah pretokov za obdobje od leta 1961 do konca aprila leta 2000. V tabeli 7 so podane opisne statistike pretokov za vodomerno postajo Ovsiše.

Tabela 7. Opisne statistike pretokov na vodomerni postaji Ovsiše za obdobje od 1961 do aprila 2000

Statistika	Pretok [m ³ /s]
povprečje	2,03
minimalni pretok	0,13
maksimalni pretok	55,6
mediana	0,90
25 percentil	0,56
75 percentil	1,91
asimetričnost	5,65
sploščenost	47,88

Pregled opisnih statistik kaže, da so nihanja pretokov na Lipnici visoka. Razmerje med minimalnimi in maksimalnimi zabeleženimi pretoki znaša 427. Iz ostalih podatkov sledi, da zelo prevladujejo nizki pretoki, povprečje pa je zaradi občasnih visokih pretokov relativno veliko.

Primerjalna analiza Kroparice in Lipnice

Kroparica predstavlja desni pritok Lipnice, njena nihanja pretokov se zaradi tega odražajo tudi na glavnem vodotoku. Ker gre za isto porečje lahko domnevamo, da se bistvene karakteristike pretokov posameznih manjših porečij znotraj porečja Lipnice ne razlikujejo od celotnega porečja. Zato statistične lastnosti Lipnice izkoristimo za ana-

lizo značilnosti Kroparice. V ta namen smo izvedli medsebojno primerjavo istočasnih meritev Lipnice pri Ovsišah in Kroparice.

V tabeli 8 so podani pretoki Lipnice pri Ovsišah ob dneh, ko so bili merjeni pretoki na Kroparici.

Tabela 8. Pretoki na vodomerni postaji Ovsiše za obdobje meritev na Kroparici

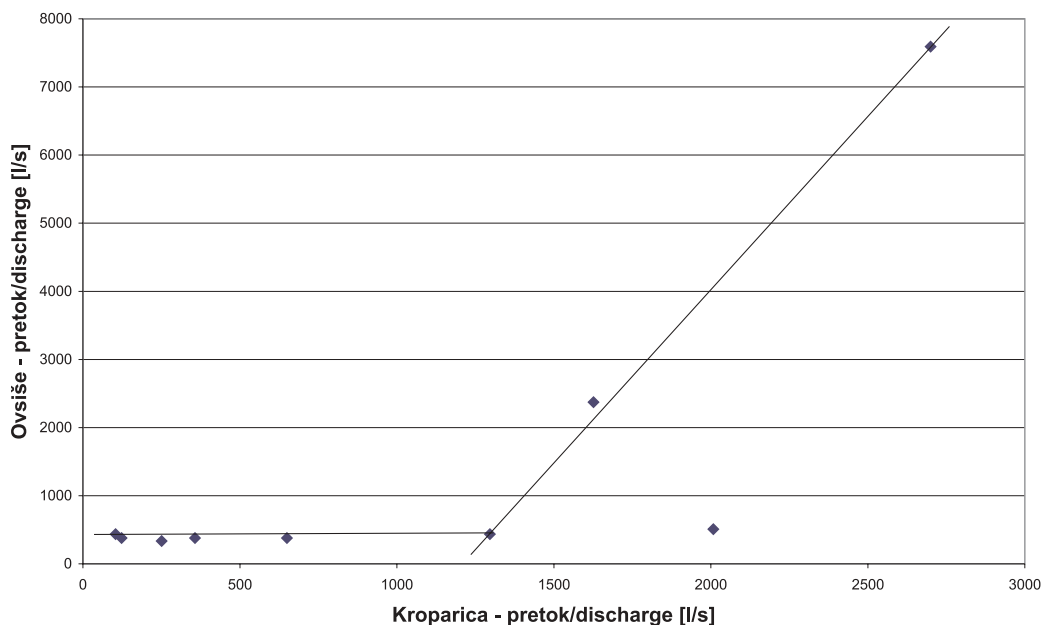
Table 8. Discharges of Ovsiše hydrograph station comparing to the measurements on Kroparica

Datum	Pretok [m ³ /s]
28. 2. 2000	0,435
6. 3. 2000	0,378
13. 3. 2000	0,378
21. 3. 2000	0,335
30. 3. 2000	7,593
5. 4. 2000	2,374
13. 4. 2000	0,508
19. 4. 2000	0,435
26. 4. 2000	0,378

Na podlagi teh podatkov smo izvedli primerjavo med pretoki na vodomerni postaji Ovsiše in posamezni merski točkami na Kroparici. Na sliki 9 je prikazan medsebojni odnos med pretoki na vodomerni postaji Ovsiše in pretoki Kroparice neposredno nad naseljem Kropo (KR-1). Iz diagrama vidimo, da se pri relativno nizkih pretokih Kroparice pretok Lipnice skorajda ne spreminja, spremembe so opazne šele pri višjih pretokih, vendar pa niso premočrtne. Obe območji diagrama smo označili s črtami. S podobno obliko diagrama imamo opraviti tudi pri ostalih merskih točkah na Kroparici.

Takšen medsebojni odnos pretokov si lahko razložimo na dva načina. Sipanje je lahko posledica velikih napak pri meritvah. Te napake so verjetno prisotne pri vodomerni postaji Ovsiše, kjer so se pretoki v obdobju izvajanja opazovanj le malo spreminjali, saj je bil pretok Lipnice pri Ovsišah skorajda ves čas konstanten in je znašal okoli 466 l/s. Druga razlaga, ki je glede na hidrogeološke razmere povsem verjetna, pa je, da Kroparica predstavlja le visokovodni preliv kraškega vodonosnika Jelovice. Z zniževanjem pretokov se znižuje delež Kroparice v pretoku Lipnice.

Delež Kroparice v odtoku skozi vodomerno postajo Ovsiše je bilo moč oceniti le za visoke pretoke, deleži se gibljejo na intervalu med 11 do 19%. Ti deleži so bili uporab-



Slika 9. Odnos med pretoki na Kroparici in na vodomerni postaji Ovsiše
 Figure 9. The relation between discharges on Kroparica and Lipnica - Ovsiše

ljeni za izračun napajalnega zaledja Kroparice. V ta namen so bile uporabljene opisne statistike pretokov na vodomerni postaji Ovsiše. Opisne statistike pretokov za Kroparico pa so določene kot deleži na vodomerni postaji Ovsiše. Tako je povprečni pretok Kroparice ocenjen na interval med 224 do 386 l/s.

Izračun velikosti napajalnega zaledja Kroparice

Izračun velikosti napajalnega zaledja Kroparice je bil izveden na podlagi ocen povprečnih dolgoletnih efektivnih padavin in povprečnih letnih pretokov. Pri izračunu smo izhajali iz naslednje enačbe

$$A = \frac{V}{P_{ef}}$$

- kjer je
- A – površina napajalnega zaledja
- V – volumen vode
- P_{ef} – efektivne padavine

Če izhajamo iz ocene, da se povprečni letni pretok Kroparice giblje na intervalu med

224 do 386 l/s, znaša njeno napajalno zaledje med 3,8 in 6,5 km².

Opis napajalnega zaledja Kroparice

Natančne razmejitve napajalnega zaledja Kroparice še ni moč podati. Zaradi kraške narave vodonosnika bo natančna razmejitev napajalnega zaledja možna le na podlagi sledilnih poizkusov in natančnega strukturnega kartiranja. Natančnejša opredelitev napajalnega zaledja Kroparice je pomembna za ustrezno zaščito tega pomembnega vodnega vira.

Tok podzemne vode v vodonosniku Kroparice je vezan na razpoke in prelome v zaledju, ki delujejo kot usmerjevalci njenega toka. Na podlagi analize strukture Jelovice domnevamo, da obstajata v napajalnem zaledju Kroparice dve glavni smeri toka podzemne vode. Prevladujoča smer toka podzemne vode je v smeri od jugovzhoda proti severozahodu, druga nekoliko podrejena smer pa je od juga proti severu.

Velik del napajalnega zaledja Kroparice leži na območju južno od nje in sicer na

območju Mihove gore, Velikega Gregorjevca, Trnovice in Gregovčevega Čevnika. Napajalno zaledje sega tudi na območje Črnega vrha in Rudlajke. Severno mejo napajalnega zaledja tvori prelom, ki poteka v smeri NW–ES mimo Vodiške planine. Ta prelom deluje kot usmerjevalec toka podzemne vode in loči napajalno zaledje Špika od ostalih izvirov Kroparice.

Zahodne meje napajalnega zaledja Kroparice ni moč natančno opredeliti. Domnevamo, da se na črti Lipniška planina–Martinček–Zgoška ravan podzemne vode raztekajo deloma v smeri proti Kroparici in deloma proti izviru Lipnice. To je območje, kjer se sekajo neotektonske linije smeri N–S in NW–SE.

SKLEP

Kroparica je roj kraških izvirov kjer pretoki zelo nihajo. Pod zajemnim objektom so bili zabeleženi pretoki na intervalu od 73 do 1753 l/s, kar ustreza razmerju 1:24. To razmerje kaže na intenzivno zakraselost vodonosnika v zaledju izvirov.

Pojavljanje izvirov Kroparice je posledica litostratigrafskih in tektonskih dejavnikov. Ker nad izvirom, ki je nastal v baškem dolomitu, nastopajo keratofirji in piroklastične kamnine, domnevamo, da so to le posamezne lokalno omejene luske slabo prepustnih kamnin, ki pri napajanju in pojavljanju Kroparice ne igrajo pomembnejše hidrogeološke vloge.

Z raziskavami, ki smo jih predstavili v članku, smo odprli vrsto vprašanj, na katera v tem trenutku še ne moremo podati odgovora. Ta vprašanja se nanašajo predvsem na nastanek in vzroke za pojavljanje izvirov, genezo amfiteatralne oblike doline, strukturne odnose v neposrednem zaledju ter na določitev meje napajalnega zaledja Kroparice v smeri proti zahodu.

Kroparica je s stališča vodooskrbe pomemben vir pitne vode za mesto Kropo in širšo okolico. Zanimiva pa je tudi kot pojav, saj ima vrsto lastnosti, ki jih pri drugih kraških izvirih alpskega in predalpskega prostora ne zasledimo. Izvir je potrebno ustrezno zavarovati, tudi s sanacijo nekaterih divjih odlagališč v zaledju ter z ustrezno ureditvijo odpadnih vod na objektih v zaledju.

Zahvala

Raziskave, ki so predstavljene v članku, je financirala občina Radovljica, za to ji gre vsa zahvala. Priprava članka je bila izvedena v okviru projekta Urbana hidrogeologija, ki ga financira Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport. Za pomoč pri terenskih meritvah se avtor zahvaljuje Zmagu Boletu in doc. dr. Bojanu Ogorelcu za sedimentološko analizo baškega dolomita. Podatke o pretokih na vodomeri postaji Ovsišje je posredovala Agencija RS za okolje, za kar se ji avtor zahvaljuje.

Hydrogeological conditions of the Kroparica recharge area, Jelovica Slovenia

Extended summary

Karstic springs are known to their special discharge characteristics. During the year the discharges can fluctuate significantly. The amplitude of these fluctuations is a result of the karstification level in the aquifer that drains through the spring. Very often the karstic springs are the only indication of the karstic aquifer development; and therefore the analysis of the spring discharges is very important method in the hydrogeology of the karstic aquifer. In Slovenia, a relatively big amount of information on springs for the Trnovsko-Banjska plateau, the Ljubljana river system and Rižana river are known, but only few data are available about other karstic springs.

The Kroparica springs are positioned in the northeastern flanks of the Jelovica plateau, approximately 1 km to the south of the borough of Kropa. Water flows out from the Bača dolomite in the semicircular valley ending with the shape similar to the amphitheatre. Hill slopes are very steep. The source area of the river is represented by a group of several springs. Their position and abundance is strongly dependent on the hydrological conditions. Discharges are very variable and dependent on the season. Big differences are present between the maximum and minimum discharges. Kroparica is very important for the drinking water supply for the part of the community of Radovljica that lies on the right bank area of the river Sava.

In the present article the hydrogeological description of the Kroparica springs and their recharge area is given. The starting points for the analysis are the available geological and hydrogeological data that were supplemented by additional field mapping and by several measurements. The basic hydrological balance is also given. The calculations of this balance were performed on the basis of the simple rainfall models and other climatic parameters. Hydrological and hydrogeological investigations were performed in the years 2000 and 2001.

In the hinterland of the Kroparica only few hunting and forestry lodges can be found, a few mountain pastures and holiday houses are present. On the Vodice, the Alpine hostel is under the operation during the whole year. Only some rural economies activities are under existence at the moment on the Jelovica plateau. Forestry and mountain pasturing prevail.

The karstic springs and caverns of Kroparica are developed in the fine grained sparitic dolomite that is intercalated by calcite veins and some few authigenic grains of quartz. Mineralogically speaking, it consist 98% of dolomite, 1 – 2% of calcite and only of traces of quartz (authigenic grains up to 150 μm across) and traces of pyrite. Due to the late diagenetic dolomitization the basic structure of the rock is not visible. The dolomite consist from thin bedded (up to 10 cm) to thicker bedded beds of up to 1.5 m thickness.

In the westerly uphill direction above the springs the alternation of several rock types was found. Between 640 and 650 m a.s.l. thick bedded to massive bituminised dolomite is present. Between 650 and 660 m a.s.l. the slope is covered by talus material and soil, slope sediments and the bedrock is not visible. According to the particles found in the soil, the pyroclastic rocks are present. From the 660 m a.s.l. on thin bedded (layers up to 10 cm) dolomitized limestone is present. At the 678 m a.s.l. thick bedded dolomites with big 20 cm nodules of dark red coloured chert are outcropping. Below the chert horizon are dolomites with veins of quartz. They have the same colour as the chert nodules in the upper part.

Up to 690 m a.s.l. occurs then dolomite with some beds of dolomitic limestone. Between 690 to 740 m a.s.l. crop out dark red and weathered keratophyre and pyroclastic

rocks with fluidal structures. At the 740 m a.s.l. is outcropping thin bedded dolomite. Its surface is karstified. Above it magmatic and pyroclastic rocks appear. Their upper boundary is not clear due to the hill slope gravel and rock falls. Thus the border between the Upper Triassic dolomites and limestone with lower magmatic rocks below is not clear.

In the southeastern part of the circular Kroparica valley termination, at the hunting lounge at Jamnik, claystone, marl and siltstone with brownish green colour at the surface are at the surface. Above them thin bedded limestone with very thin lenses of cherts are presented. The contact between these two units is covered with soil. In the upper part, around 900 m a.s.l., thin bedded bituminous limestone and dolomite are present. They cross to Dachstein limestone. Border between them is probably of tectonic nature. Near the road from Kropa to Jamnik several small outcrops can be found with bituminous limestone, marl and sandstone.

The position of the Kroparica springs should be envisaged in frame together with tectonic setting. The reason for the spring appearance is in the combination of lithostratigraphical and tectonic conditions. During the investigations the area was first defined in its regional tectonic settings, and after that the local conditions were determined. The conditions in the hinterland of the springs, in the slopes of Jelovica, are complicated, and this is the reason for the relatively difficult interpretation of the tectonic conditions.

Mainly all rocks on Jelovica are in the allochthonic or parautochthonic position. For the area the thrusting tectonics is significant. This tectonics is the consequence of the Alpine orogenesis and the consequent block tectonics. The pressures occurred in the north-south direction. In the wider area of Kroparica, the Selce zone and the Jelovica nappe are joined. The Jelovica nappe is overthrust on the Selce zone. According to the geoelectric sounding, on the area of Jelovica area 200 m of limestone exist, and below them soft low permeable rocks. This information led the authors of the Geological map – sheet Kranj (Ferjančič & Grad, 1976) to the conclusion that the overthrust of Jelovica is continuous. The data from deep caves on the Jelovica plateau show a different picture. During the investigations of the

pothole on Leška planina the cavers went to the depth of 536 m, and they reaching 584 m a.s.l. The researchers report that the pothole is developed along significant tectonic lines, and they found lenses of tuffaceous rocks encroached inside the limestone. The existence of tectonic lenses on Jelovica is also proved by the ground planes of Martinček and Vodiška planina where the lenses of magmatic rocks are reshaped along the fissures and faults. Other outcrops of magmatic rocks, from the Mošenjska planina to the Selška planina, are also cut by faults, mainly at their southern parts.

The main faults on Jelovica are of the Dinaric NW – SE direction, but faults perpendicular to this direction are also present. In the wider area of Kroparica several regional faults of the Dinaric direction cross the area. For classification of faults the Placer's (1996) classification can be used. In the north-western part of Slovenia the Periadriatic zone and the Idrija zone are joined. The right shifting Sava fault divides them. The Jelovica plateau is positioned in the middle of the Idrija zone, in its inner part, in the area of the Stična fault. From the geomorphology of Jelovica it can be seen that it is clipped off by steep faults. In the northern part it is confined by the Bled fault, and in the south by the Dražgoše fault.

The tectonic conditions in the hinterland of Kroparica were interpreted with the aid of surface analysis. Vector maps at the scale 1:25,000 were analysed with ARCVIEW 3.1. The gradient and aspect of slopes were calculated. Several shaded relief maps were also made. On the basis of analysis of these maps the lineament map was generated. (figure 4)

The map of lineaments is the indication of neotectonics, and consequently the indication of the groundwater flow directions. The density of lines indicates the level of zones inside the rock mass with more potential for the groundwater flow. Two main directions prevail. The first and predominant direction is NW-SE Dinaric direction. The line south of Zidana skala can be interpreted as the Jelovica fault. A similar line is presented in the area of Vodice. The second is direction N-S. The lines of this direction prevail in the central part of Jelovica, east of Martinček.

The convergence of tectonic lines in the circular shaped Kroparica valley termina-

tion is significant. The convergence of these lines is interpreted as the reason for genesis of the valley. After the thrust tectonic the block tectonic movements were established, and consequently the vertical and horizontal shifts of particular blocks appeared.

Jelovica is represented as a high mountainous karstic plateau where carbonate rocks with good permeability exist. Together with them pyroclastic and keratophyric rocks that are relatively impermeable are present. On these rocks the surface flow of various lengths was developed. At their contacts with carbonate rocks the water sinks into the ponors, and in some instances even into karstic caves.

On the Vodice pasture the surface water flows on a small tectonic lens of keratophyre. In some places, small springs are developed along the contact between keratophyre and carbonate rocks. The springs are captured for the water supply of the Alpine hostel. After a short passage, the water flows sink at the contact with the Cordevolian dolomites. At higher waters, the water course ends at several ponors in the easternmost part of the pasture. Similar conditions can be found also on other pasture lands. On the Mošenjska planina, along the contact between limestone and keratophyre several small springs are developed. Along the course of water the flow discharge grows slowly. The creek of Mošenjska planina sinks into the Mošenjska jama cave that is positioned at the end of the valley. The cave consists of a small ponor and a small chamber that is developed along the fissures.

If we following the Dinaric fault north of Mošenjska planina in the western direction, several very short sinkholes can be found. The phenomenon of these sinkholes is unique. Some of them are very short, only of some several meters. At the outcrops of pyroclastic rocks or keratophyre the short surface flow is developed, and at the contact with carbonate rocks it sinks again. These small valleys are positioned between Mošenjska planina, Kravji potok and Lipniška planina.

In westerly direction of Mošenjska planina extends the Kravji potok valley. In this valley the largest discharge was observed during the investigations. Water flows in the northern direction to the small circular shaped end with a small lake, and after a

short flow from the lake it sinks into a ponor. Behind the ponor the valley of rugged surface continues in the northern direction.

Lipiška planina is very similar to the former pasturagelands. Water seeps out at the contact between the carbonate rocks and the lower lying keratophyre. It runs out in several branches. At the monument for the World War 2 the waters join together and they continue to flow in the northern direction. Among all Jelovica valleys, the creek at Lipiška planina is the longest. Along its the course of the creek several ponors can be found. The first ponors are positioned at the quarry where water usually sinks. When discharges are higher, water continues in the northern direction where it flows into the deep valley developed in dolomite and limestone. Along the course in this valley the water sinks, and it finally disappears at the Zajčje plane. In the western direction of Lipiška planina, the surface waters flow to the south direction.

A unique drainage network is developed in the area of Martinček where magmatic and pyroclastic rocks outcrop. On a the relatively small area three separated creeks are present. Each of them flows in the different direction. They are the consequence of a triple watershed divide. The creek that flows in the southern direction sinks in the deep doline where the south wall is sharply ended at the joint. The creek that flowing in the northern direction sinks in a the small ponor cave, but at the higher water levels it sinks also in the neighbouring dolines. The third creek flows out at the forestry lounges and it flows in to the east direction. This creek sinks in the deep doline where walls are developed along several joints.

The Jelovica plateau drains out in several springs, such as Grabarica (530 m a.s.l.), Lipnica (530 m a.s.l.) and Kroparica (625 m a.s.l.). Several small springs also exist, but are not treated here. The main part of Kroparica consists of two spring groups. The first group is developed around 625 m a.s.l., and other group is developed between 629 and 632 m a.s.l.

Approximately 100 m below the springs, Kroparica is joined by the creek of Hrenovec from the left. Some part of the Hrenovec watershed is developed on magmatic and pyroclastic rocks, and other parts are developed on carbonate rocks. The water in Hre-

novec appears at about 1000 m a.s.l. The main channel of Hrenovec is developed on magmatic rocks with very fast weathering rate, and this is the reason why in some parts of the channel water sinks into the small plains. During low water conditions, the creek in the upper and the lower part of the creek channel is completely dry. In the circular shaped valley termination of Kroparica also several steep rills are also present but no surface flow in them is present.

The Kroparica springs are positioned along the left bank of the river channel. The position of springs is presented on the in figure 6. Some springs are captured for water supply with the reservoir. High water level springs A, F and G (figure 6) are covered by slope gravel, and is the reason why geometry of their appearance is impossible to determined. Other springs are developed as caverns.

The spring B is developed along a sub-vertical joint with direction 150° – 330° . The dip of the Bača dolomite at the spring is $270^{\circ}/38^{\circ}$. The spring is represented as a cavern of 1 m height and 0.5 m width. The spring C is developed along the joint as the cavern of 0.6 m height and 0.4 m width. In the cavern gravel of up to 10 cm in diameter is present. The spring D is developed in with the cavern 3 m long, height 0.75m and width 1 m. The dip of the beds is $245^{\circ}/49^{\circ}$, and the channel is developed at the joint striking the direction of 115° – 305° and dipping of 34° . The spring E is developed as a broadened sub-vertical joint striking 155° – 335° . At the terminal end of the Kroparica valley the position of springs changes due to water level conditions. At this part the springs flow out from the slope gravel.

In the upper part of the Kroparica valley also some other springs are developed. Two small springs appear on the right bank of the river, between the bridge and the Hrenovec confluence. The upper spring is significant for its low yield not more than 1 l/s, but with a the constant outflow. The capacity of the lower spring is higher, and a greater amplitude of discharge fluctuation is significant for it.

During the field mapping several small springs were found above the Kroparica on the west bank. For these springs a low yield is significant. They are appearing together with small slides of the weathered magmatic

rocks. The highest spring is at the 990 m a.s.l. where Dachstein limestone and Main dolomite are exposed.

The recharge area of Kroparica is not topographically defined. To determine the mean altitude in the recharge, the approximate recharge area was defined on the basis of geological interpretation. The area is defined on the Jelovica plateau east of Zgoška ravan in the direction N-S and above 675 m a.s.l. where the recharge of Kroparica with groundwater is not possible. In the table 1 the share of particular altitudes is given, frequency and cumulative frequency of altitudes for particular class are also given. The analysis of the altitude distribution was performed with ArcVIEW 3.1 based on the vector map in scale of 1:25000 analysis. The most frequent altitude is between 1225 and 1275 m a.s.l., and it is followed by the interval of 1125 to 1225 m a.s.l. Other altitudes are not so frequent; their shares are less than 10%. The mean altitude of the proposed area is 1052 m a.s.l.

In the Kroparica river and in some tributaries several discharges were measured. The measurements were performed mainly with the impulse injection of the tracer. Only a few measurements were performed with the current meter. The results are given in table 3, and positions of measurement points are given on the figure 7.

The comparison analysis between measuring points of Kroparica was performed. The analysis was made on scatter diagrams and linear regression models were calculated. The regression model between two points was established in order to estimate the invisible inflow of groundwater into the channel of the river. The slope of regression higher than 1 indicates the presence of inflow of groundwater into the river channel. It was established that the inflow between KR-1 and KR-4 is practically nil. A strong inflow is present between KR-4 and terminal spring at the capture. The stationary inflows into the river channel are between 48 and 61 l/s.

As an indication of hydrogeological conditions in springs 16 samples for $\delta^{18}\text{O}$ determination were taken. The results are given in table 3. The research was too short to establish the exact values of the altitude effect and the residence times of spring waters. On the basis of these results only indications could be given. In the western Slovenia the ap-

proximate altitude effect for $\delta^{18}\text{O}$ is 0.2‰/100 m. According to this statement we can find out that the recharge area of the main springs of Kroparica have recharge area that is higher than the recharge area of the creek Hrenovec and the springs on the right bank of the channel. This means that in the valley of Kroparica springs with different recharge areas exist. On the basis of the results of $\delta^{18}\text{O}$ results and the proposed altitude effect it can be concluded that the recharge area of the main Kroparica springs is for about 200 m higher than the Hrenovec recharge area, and higher than for the springs on the right bank of the channel for about 300 m.

In order to perform a simple hydrological balance the analyses of rainfall and temperature were performed. The data were taken from the literature (Zupančič, 1995; Mekinda-Majaron, 1996). The rainfall analysis was performed with a simple linear regression model determined as $P = 1.5h + 793$ for the years 1961 to 1990, and as $P = 1.4h + 500$ for the years 1981 to 1990, where P is average yearly precipitations and h the altitude a.s.l. According to the spatial distribution of altitudes based on the weighted average mean the rainfall in the recharge area was determined as 2399 mm for the period between 1961 and 1990 and as 2199 mm/year for the period between 1981 and 1990. Similarly, also the temperature curve was determined. A simple linear regression model was determined as $T = -0.00491h + 10.67$, where T is temperature in °C. The average weighted temperature in the recharge area of the Kroparica is 5.4°C. Based on these results, the mean real evapotranspiration was determined according to Turc at 430 mm/year. The effective rainfall in the recharge area of Kroparica was calculated as 1969 mm/year for the period of 1961 to 1990 and as 1769 mm/year for the period of 1981 to 1980. As the mean effective rainfall in the recharge area of Kroparica the value of 1869 mm/year was determined.

For the calculation of descriptive statistics of discharges of the Kroparica river, the discharges at the Ovšiče hydrograph station on the river of Lipnica were used. This station was used due to the fact that Kroparica is a part of the Lipnica river basin. The simultaneous data of both rivers were compared, and from the relation between them

the share of Kroparica in the Lipnica river was estimated. For low water conditions it was impossible to establish the proper relations. For higher water conditions, however, it was determined that the share of Kroparica in Lipnica is between 11 to 19%, and consequently the mean discharge of Kroparica is between 224 to 386 l/s. On the basis of this data the mean recharge area was estimated to be between 3,8 and 6,5 km².

Literatura

- Buser, S. & Draksler, V. 1989: Geološka karta Slovenije. Enciklopedija Slovenije III, 200–201, Ljubljana.
- Brenčič, M., Budkovič, T., Ferjančič, L., Poltnig, W. 1995: Hydrogeologie der Westlichen Karavanken. – Beiträge zur Hydrogeologie 46, 5 – 41, Graz.
- Ferjančič, L. 1987: Hidrogeološko poročilo za območje izvira Kroparice. Arhiv Geološkega zavoda Slovenije.
- Ferjančič, L. 1989: Predlog zaščite vodnega zajetja na izvira Kroparice. Arhiv Geološkega zavoda Slovenije.
- Grad, K. & Ferjančič, L. 1974: Osnovna geološka karta SFRJ, list Kranj 1:100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Grad, K. & Ferjančič, L. 1976: Osnovna geološka karta – Tolmač za list Kranj. Zvezni geološki zavod, 70 p., Beograd.
- Grafenauer, S. 1980: Petrologija triadnih magmatskih kamnin na Slovenskem. Slovenska akademija znanosti in umetnosti – Razred za prirodoslovne vede, 220 p., Ljubljana.
- Hajna–Zupan, N. 1995: Geološka podoba Lipniške doline. v: Štekar Vidic (ed.): Krajinski zbornik, 30–38, Kropa–Radovljica.
- Mekinda – Majaron, T. 1996: Klimatografija Slovenije. Temperature zraka – obdobje 1961 do 1990. Hidrometeorološki zavod Slovenije, 356 p., Ljubljana.
- Miletić, P. & Heinrich Miletić, M. 1981: Uvod u kvantitativnu hidrogeologiju – stjene međuzrnske poroznosti. RGN – Fakultet sveučilišta u Zagrebu, 220 p., Varaždin.
- Kranjc, A. & Malečkar, F. 1982: Brezno pri Leški planini – dopolnilne raziskave. – Naše jame 23–24, 73–78, Ljubljana.
- Pirc, S. 2003: Mineralne surovine za gradbeništvo v Lipniški dolini. – Vigenjc 3, 101 – 108, Kropa.
- Preisinger, D. 1979: Brezno pri Leški planini – 536 m. – Naše jame 20, 76–77, Ljubljana.
- Placer, L. 1996: O premiku ob Savskem prelomu. – Geologija 39, 283–288, Ljubljana.
- Placer, L. 1999a: Contribution to the macro-tectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides. – Geologija 41, 223–255, Ljubljana.
- Placer, L. 1999b: Structural meaning of the Sava folds. – Geologija 41, 191–221, Ljubljana.
- Pleničar, M. 2000: Geološka zgradba širšega Radovljiškega prostora. – Radovljiški zbornik, 9 – 33, Radovljica.
- Premru, U. 1975: Geološka zgradba Julijskih in Savinjskih alp. – Naše jame 17, 67–75, Ljubljana.
- Skaberne, D., Goričan, Š. & Čar, J. 2003: Kamnine in fosili (radiolariji) iz kamnoloma Kamna Gorica. – Vigenjc 3, 85 – 100, Kropa.
- Zupan, N. 1990: Geomorfološke značilnosti Jelovice. Četvrti skup geomorfologa Jugoslavije v Pirotu, 87–93, Beograd.
- Zupančič, B. 1995: Klimatografija Slovenije. Količina padavin – obdobje 1961 do 1990. Hidrometeorološki zavod Slovenije, 366 p., Ljubljana.

