

Kolegi Kapan  
Boris

BORIS RALJEVIĆ

## GEOLOŠKI I HIDROGEOLOŠKI ODNOSI ŠIREG PODRUČJA BUŠKOG BLATA

S 4 priloga

Iznose se rezultati dobiveni geološkim i hidrogeološkim istraživanjima u širem području Buškog blata, koja su vršena za potrebe HE Orlovac u razdoblju od 1959. do 1966. godine. Prikazani su geološki i tektonski odnosi šireg područja Buškog blata. Hidrogeološka obrada izvršena je samo na području predviđene akumulacije.

### UVOD

Već duži niz godina vrše se istraživanja šireg slivnog područja rijeke Cetine. U istraživanja su uključena krška polja zapadne Bosne, masiv Dinare i Kamešnice, te područje sinjskog horizonta.

Svrha ovih istraživanja bila je rješavanje litostratigrafskih odnosa u navedenom području, zatim prikaz strukturnog sklopa naslaga koje to područje izgrađuju, obrada hidrogeoloških odnosa koji daju sliku o nivoima i kretanjima podzemnih voda na ovom širokom području izrazitih krških karakteristika, te prognoza kako će se te vode ponašati kada se ostvari akumulacija Buško blato.

U cilju kompleksnog upoznavanja prilika na tom području izvedeni su opsežni geološki, geofizički i bušački radovi. Ove radove vršile su kroz niz godina specijalizirane organizacije SRH i BiH.

Prvi podaci o geološkim odnosima šireg područja prikazani su na listu Travnik F. K a t z e r - a (1929). Radovi kojima je obuhvaćeno uže područje Buškog blata datiraju iz poslijeratnog perioda. Tako J. P o l j a k i M. H e r a k (1949a, 1949b) daju hidrogeološke podatke za Buško blato i obrađuju geološke odnose na prvoj varijanti tunela, te ulaznih uređaja i područja strojarnice.

Intenzivniji geološki istražni radovi započinju krajem 1959. godine i u njima je naročita pažnja posvećena Buškom blatu. U tom periodu istražnim geološkim radovima zahvaćeno je šire i uže područje Buškog blata, tako da su izrađene odgovarajuće geološke, hidrogeološke i inženjerskogeološke karte od preglednih (1:50.000), pa do detaljnih (1:10.000 i 1:5.000), a na nekim izdvojenim lokalitetima izrađene su skice u M 1:500.

Prilikom izrade ovog rada koristili su mi podaci prikupljeni kod »Elektroprivrede Dalmacije« Split. Ovom prilikom se zahvaljujem L. Bojaniću i Ž. Babiću, koji su mi pomagali kod terenskih istraživanja, te M. Heraku i R. Nikoliću, koji su mi svojim savjetima pomogli u rješavanju problematike.

Konačni rezultat ovih istraživanja su podaci na osnovu kojih je danas moguća izrada glavnog projekta za realizaciju HE Orlovac s akumulacijom na Buškom blatu kao centralnom tačkom sistema.

#### LITOSTRATIGRAFSKI PREGLED

Na širem području Buškog blata razvijene su naslage, čije je taloženje uz manje prekide trajalo od donje jure do kvartara. Naslage su uglavnom predstavljene čvrstim karbonatnim stijenama (vapnenci i dolomiti), dok su klastične stijene, vezane (konglomerati i lapori) i nevezane (humus, pijesak i šljunak) zastupljene u znatno manjoj mjeri.

#### Jura

Na jugozapadnom dijelu terena, te sjeverno od Vinice razvijene su naslage jurske starosti. Njihovo je pružanje SZ–JI. Na osnovu fosilnih ostataka izdvojeno je nekoliko stratigrafskih članova koji se kontinuirano nastavljaju od donje do gornje jure. Ove su naslage veoma raširene, ali su prilično jednoličnog sastava. Zastupane su uglavnom karbonatnim stijenama – vapnencima i dolomitima, a samo mjestimično dolaze u različitim horizontima jure vapneni škrljavci i ulošci laporovitih vapnenaca. Dok su vapneni donje i srednje jure redovito dobro uslojeni, naslage gornje jure nejasne su slojevitosti, pa su često gromadaste.

<sup>1</sup>J<sub>1</sub>. Donjoj juri su pribrojeni dobro uslojeni tamnosivi do crni vapnenci u kojima su mjestimično uloženi sitnozrni, kompaktni dolomiti, zatim debelo uslojeni vapnenci s mnogobrojnim ostacima školjkaša *Lithotis problematica* G ü m b e l i tanko uslojeni vapnenci u kojima mjestimično dolaze ulošci laporovitih vapnenaca.

<sup>2</sup>J<sub>2</sub>. Srednja jura zastupana je karbonatnim stijenama. U donjem dijelu značajna je nepravilna izmjena vapnenaca i dolomita, a u gornjem dijelu dolaze isključivo tanko uslojeni tamnosivi vapnenci.

<sup>1</sup>J<sub>3</sub>. Konkordantno na prije spomenutim vapnencima leže debele naslage tamnih vapnenaca i dolomita u kojima su na mnogim mjestima nađeni ostaci hidrozojske vrste *Cladocoropsis mirabilis* Felix. Ove se naslage mogu lako odvojiti od starijih po svojim petrografskim karakteristikama (dolomiti dolaze u suvisloj zoni, a ne kao ulošci) i po fosilnom sadržaju. Najčešće su slabo uslojeni i gromadasti.

<sup>2</sup>J<sub>3</sub>. Konkordantno na vapnencima s *Cladocoropsis mirabilis* leže svijetlosivi, slabo uslojeni vapnenci bez fosila. Mjestimično su ovi vapnenci

oolitični s oolitima promjera od 1 do 15 mm. Stratigrafski odnos ovih vapnenaca prema mlađim naslagama nije moguće odrediti, jer na cijelom svom prostranstvu dolaze u rasjednom kontaktu s donjokrednim vapnencima.

### K r e d a

Naslage kredne periode su na širem području Buškog blata dominantne. One su na tom području, kao i jurske naslage, razvijene kao karbonatne stijene. Po svom litološkom sastavu kredne naslage pokazuju stanovitu raznolikost. One su zastupljene pretežno vapnencima, rjeđe dolomitima, a tek lokalno proslojcima sedimentnih vapnenjačkih breča, i rožnjaka. Kredne naslage su redovito dobro uslojene, a iznimka je jedino cenomanski dolomit, koji je nejasno uslojen ili neuslojen, te najmlađi dio krednih vapnenaca turonske starosti, što je razvijen u grebenskom facijesu.

JK. Najstariji dio krednih naslaga dolazi jugozapadno od Lipe. Tu dolaze sitnozrni, dobro uslojeni dolomiti s rijetkim ulošcima vapnenaca. Ovaj dio naslaga pripada donjoj kredi, a djelomično možda i gornjoj juri.

K<sub>1</sub>. U normalnom slijedu na dolomitima leži debela serija smeđastih i sivih jedrih vapnenaca u kojima su lokalno uloženi lećasti ulošci sitnozrnih kompaktnih dolomita ili sedimentnih vapnenjačkih breča. Ovi su vapnenci pretežnim dijelom izrazito slojeviti, a debljina slojeva varira u granicama od 10–150 cm. Ukupnu debljinu ove serije je, zbog njene sekundarne poremećenosti, vrlo teško odrediti, no može se pretpostaviti da varira u rasponu od 1200–1600 metara. Po stratigrafskoj pripadnosti ovi vapnenci, vjerojatno, većim dijelom pripadaju donjoj kredi, a samo svojim gornjim dijelom dosižu do cenomana.

Ovaj nivo krednih naslaga najviše je raširen na istraživanom području, a na površini se pojavljuje sjeverno i južno od grebena Kamešnice.

K<sub>1</sub><sup>1</sup>. Konkordantno na opisanim vapnencima leži serija u kojoj se izmjenjuju kristalinični dolomiti, dolomitični vapnenci i vapnenci, a mjestimično dolaze bituminozni vapnenci i rožnjaci. Svi ovi članovi dolaze u međusobno nepravilnoj, vertikalnoj i lateralnoj izmjeni. Ove su naslage nejasno uslojene i male debljine (oko 150–180 m), a razvijene su na nekoliko mjesta istraživanog područja, kao npr. na potezu Zabrdje–Devešlovac–D. Korita, zatim Liskovača–Pčelinka, Grabovica–Beljani i drugdje.

K<sub>1</sub><sup>2</sup>. Najmlađi dio krednih naslaga zastupan je svijetlim do bijelim vapnencima u kojima dolaze fosilni ostaci hondrodonta i rudista i pripada razdoblju gornji cenoman – turon. Ovaj dio krednih naslaga, s izuzetkom svog gornjeg dijela, dobro je uslojen. Na istraživanom pod-

ručju ovaj dio krednih naslaga izgrađuje znatno prostranstvo, a dolazi na užem području Kamešnice, Grabovičke planine, Mijakovog polja i južno od Vinice.

### Tercijar

Tercijarne naslage na proučenom području pripadaju paleogenu i neogenu. Paleogen je razvijen u obliku čvrstih stijena (vapnenaca), te vapnenih i laporovitih klastita, dok je neogen uglavnom razvijen u laporovitom facijesu.

Pc. Najstarije naslage tercijara su naslage smeđih, žućkastih i crvenkastih, ponekad bituminoznih vapnenaca, koji sadrže ostatke gastropoda i miliolida. Ove naslage pripadaju brakičnom i marinskom razvoju, a na proučenom području leže transgresivno preko najmlađih krednih naslaga i to samo na području sjeveroistočno od izvora Ričine. Vjerojatno pripadaju starijem paleogenu.

E<sub>2</sub>. Naslage srednjeg eocena zastupane su dobro uslojenim sivim i smeđastim kompaktnim vapnencima u kojima dolaze od fosila alveoline, a rjeđe i numuliti. Alveolinski vapnenci nisu na istraživanom području jače rašireni, a pojavljuju se samo na sjevernoj strani grebena Kamešnice na potezu od Podgradine preko Konja (1849 m) do Blaca. Na širem području Buškog blata ove naslage leže transgresivno na starijim paleogenskim naslagama.

E<sub>2-3</sub>Oli. Promina-naslage sastoje se od vapnenačkih konglomerata, breča, laporovitih vapnenaca i lapora. Glavna komponenta su konglomerati, vezani pretežno vapnenim, a djelomično i glinenim vezivom. Konglomerati mogu biti dobro uslojeni, ali su, češće, gromadasti i rastrošeni. Izgrađuju sam vrh Kamešnice, a mnogo su manje rašireni i istočno od Graba.

N. Neogenski sedimenti razvijeni su na području Rude, uz rub Sinjskog polja, a bušenjem su utvrđeni i ispod kvartarnih naslaga na sjevernom dijelu Buškog blata. Leže transgresivno preko različitih članova krede. Neogenski sedimenti sastoje se od pjeskovitih i glinovitih lapora, a mjestimično, gdje je karbonatna komponenta jače izražena, imaju svojstva vapnenačkih lapora ili laporovitog vapnenca. Od fosila sadrže faunu sitnih školjki i gastropoda iz skupine melanopsida i hidrobija. Starost im nije preciznije određena. Tako im je F. Kerner (1916) odredio neogensku starost, I. Crnolatac (1950) označava ih kao pontske lapore, dok je A. Ivanović (1962) iste takove naslage na području Vrlike uvrstio u gornji miocen.

### Kvartar

Q. Osim zemlje crvenice, koja ima neznatno značenje, kvartaru pripadaju velike površine Buškog blata, Livanjskog polja, Sinjskog polja i Duvanjskog polja. Kvartarne naslage su mjestimično deblje i od 100 m

a sastoje se od pijeska, šljunka, zaglinjenih pijesaka, zaglinjenih šljunka i gline, što se međusobno, vertikalno i lateralno, izmjenjuju. Kvarternarne naslage redovito leže na erodiranoj vapnenjačkoj površini i njihova debljina od mjesta do mjesta znatno varira. Za područje Buškog blata, koje je izbušeno nizom bušotina, može se reći da debljina kvarternih naslaga ne prelazi 40 metara. (Vidi prilog karta izolinijske debljine kvarternih naslaga).

### TEKTONIKA

Tektonska građa šireg područja Buškog blata vrlo je raznolika i komplicirana. Na tom području dolaze različiti strukturni oblici. Dolazi niz mjestimično poremećenih bora s pružanjem istok-zapad ili sjeverozapad-jugoistok. Osim toga, postoji niz rasjeda različitog intenziteta i pravca pružanja.

Općenito se može reći da je istočna strana Buškog blata znatno jednostavnije strukturne građe od njegovog zapadnog i južnog dijela.

Zapadni dio: Promatrajući istraživano područje od sjevera prema jugu imamo slijedeću situaciju. Na području južnije od Lipe i Čuklića nalazi se antiklinala u čijoj se jezgri na površini pojavljuju najstarije kredne naslage u obliku uslojenih kompaktnih dolomita, a krila su joj izgrađena od mladih krednih naslaga, vapnenaca donje krede, kristaliničnih dolomita i vapnenaca gornje krede. Dolomitna jezgra ima formu brahiantiklinale pravca pružanja istok-zapad. Dok je sjeverno krilo antiklinale relativno mirnije, južno je krilo raskinuto jako izraženim rasjedom, koji se proteže preko Planine (1268 m), Krneta, Blizničkog brijega, Glavaša (1307 m) do Gljeva i na tom potezu su starije kredne naslage dovedene u anormalan kontakt s najmlađim krednim naslagama.

Od navedenog anormalnog kontakta pa prema jugu razvijena je sinklinala, koja se proteže od Podgradine do Blaca i zauzima najviše kote terena. Krila sinklinale izgrađena su od krednih naslaga, a u jezgri joj dolaze tercijarne naslage. U sjevernom krilu na kredne naslage transgrediraju alveolinski vapnenci srednjeg eocena, dok na južnom krilu njih na površini nema, te na krednim naslagama transgresivno leže promina naslage. Ova sinklinala je sekundarno oštećena, tako da su naslage raskinute s nekoliko uzdužnih i poprečnih rasjeda manjeg intenziteta.

Područje ograničeno sa sjevera linijom Sinjski ponor-Strašivica (1461 m) - Gala, a s juga linijom Aržano-Gusić-Udovičić izgrađeno je uglavnom od vapnenaca donjokredne starosti, dok kristalinični dolomiti i najmlađi kredni vapnenci dolaze samo lokalno. Vapnenci donje krede odlikuju se značajnom sekundarnom boranošću (vidi profil br. 1).

Pružanje bora je dinarsko. Kontakt ovih naslaga s mladim krednim naslagama uglavnom je rasjedan, što je naročito lijepo vidljivo na području Liskovače i Mijalkovog polja. (Vidi profil br. 2 i 3).

Ovi se rasjedi protežu i ispod kvartarnih naslaga na jugozapadnom dijelu Buškog blata i odigrali su značajnu ulogu kod stvaranja ponorskih zona na tom području.

Južna linija spomenutog područja predstavlja potez uzduž koga najstariji kredni vapnenci stoje u oštrokutnoj diskordanci s jurskim naslagama. Južno od te linije razvijen je slijed jurskih naslaga, taloženih kontinuirano od donje do uključivo gornje jure. Jurske naslage na tom području izgrađuju sjeverno krilo antiklinale s nagibom prema SI i s kutem nagiba koji se približava vertikalni. Južno krilo ove antiklinale odsječeno je velikim rasjedom koji se proteže od Sinjskog polja preko Aržana do Vinice i tu najstarije naslage (donja jura) dolaze u anormalnom kontaktu s najmlađim krednim naslagama (vidi profil br. 1).

Istočni dio: Zadržavajući isti red promatranja na ovome području vidi se znatno jednostavnija struktura. Idući od sjevera prema jugu do Bukove gore na tom području dolaze normalne bore izgrađene od mlađih članova krede. Za to područje karakteristična je antiklinala Grabovečke planine i sinklinala Korita. Područje Mijakovog polja, koje se nalazi južno od Bukove gore, nastavak je tektonskih jedinica razvijenih zapadno od Liskovače (vidi profil br. 4), gdje starije kredne naslage dolaze u anormalni rasjedni kontakt s mladim krednim naslagama.

Kao što se vidi, na oblikovanje strukturne građe obrađivanog područja uz tangencijalne pokrete od značajnog su utjecaja bili i radijalni pokreti, karakterizirani rasjedima i lomovima različitog pravca pružanja i intenziteta. Na sjevernom dijelu terena rasjedi su uglavnom dijagonalni i transversalni, dok su u južnom i centralnom dijelu uglavnom longitudinalni. Najvažniji su rasjedi na području Liskovače i Mijakovog polja, koji su uvjetovali postanak zona ponora, te na jugu obrađivanog područja, gdje su u anormalnom kontaktu najstariji dijelovi jurskih i najmlađi dijelovi krednih naslaga.

Današnji strukturni sastav ovog područja rezultat je tektonskih zbiivanja, što su se odigrali u nekoliko mahova uz prekide od srednjeg mezozoika do mlađeg kvartara.

#### HIDROGEOLOŠKI DIO

Hidrogeološki odnosi su rezultanta litostratigrafskih i tektonskih odnosa. Među slabo propusne hidrogeološke elemente na širem području Buškog blata možemo uvrstiti naslage neogena, djelomice promina-naslage i u stanovitoj mjeri dolomite. Hidrogeološkim barijerama mogu se smatrati samo one strukture gdje relativno nepropusne litostratigraf-

ske elemente nalazimo u jezgrama antiklinala. Dobro su propusne strukture one, gdje takove slabo propusne stijene leže na vodopropusnim stijenama kao normalno mlađi stratigrafski član.

Gledano tako, na širem području Buškog blata najpozitivniju hidrogeološku funkciju (barijere) mogu vršiti jurske naslage, donjokredni dolomiti i neogenske naslage.

Iz geološkog pregleda šireg područja Buškog blata vidljivo je, da je obodno područje predviđene akumulacije izgrađeno pretežno od karbonatnih stijena, dok klastične stijene izgrađuju samo njen manji dio.

Na užem području Buškog blata razvijene su naslage što se međusobno razlikuju po svojim hidrogeološkim osobinama. Na hidrogeološkoj karti užeg područja Buškog blata izlučene su 4 grupe stijena, i to: 1. naslage s vertikalnim i bočnim promjenama vodopropusnosti; 2. dobro vodopropusne naslage; 3. u cjelini slabije vodopropusne naslage i 4. nepropusne naslage.

#### Naslage s vertikalnim i bočnim promjenama vodopropusnosti

U ovu su grupu uvrštene kvartarne naslage, koje se sastoje od nepravilne izmjene pijeska, šljunka, zaglinjenih pijesaka, zaglinjenih šljunaka i glina. Kvartarne naslage izgrađuju cijelu površinu Buškog blata i sjeverno od bušotine A-9 leže na neogenskim laporima, a južno od nje na karbonatnim naslagama krede. Ove naslage, obzirom na koncepciju zaobravljenja Buškog blata, koja predviđa usporavanje podzemnih voda u vapnenjačkoj podlozi, nemaju neku značajniju ulogu.

#### Dobro vodopropusne naslage

Karbonatne naslage zastupane vapnencima, gromadastim vapnencima i vapnencima s ulošcima sedimentnih vapnenjačkih breča i dolomita, imaju najveću vodopropusnost. Navedene stijene izgrađuju najveći dio užeg rubnog dijela Buškog blata, a bušenjem je ustanovljeno da one dolaze i na cijelom području polja kao podloga kvartarnim i neogenskim naslagama. Vodopropusnost ovih naslaga uvjetovana je pretežno sekundarnom pukotinskom poroznošću koja varira od mjesta do mjesta, zavisno o intenzitetu izlomljenosti i okršenja.

Karbonatne stijene užeg područja Buškog blata bile su istraživane na vodopropusnost u bušotinama metodom utiskivanja vode pod pritiskom od 10 atm a u etažama po 5 m. Rezultati dobiveni ovim ispitivanjima potvrđuju, da je dio ovih naslaga što se nalazi bliže površini i gdje su one bile duže vremena izvrgnute djelovanju fizičko-mehaničkih sila, znatno veće vodopropusnosti od onih dijelova, što se nalaze u većoj dubini. No to se ne može uzeti kao pravilo, jer ima slučajeva da su karbonatne naslage i u većim dubinama velike vodopropusnosti. Međutim, ta je pojava redovito vezana uz jače tektonski oštećene dijelove stijena.

### U cjelini slabije vodopropusne naslage

Serija u kojoj se izmjenjuju krupnokristalinični dolomiti s tankopločastim vapnencima, te promina-naslage koje u svom sastavu sadrže laporovite vapnence i lapore, iako je uglavnom karbonatnog sastava, može se u cjelini uzeti kao slabije vodopropusna. Vodopropusnost ovih naslaga varira zavisno o intenzitetu izlomljenosti i okršenja i uglavnom je pukotinskog karaktera.

Ove naslage mogu lokalno funkcionirati kao barijere. Pozitivna hidrogeološka funkcija ovih naslaga ustanovljena je na području sinklinale Korita, gdje te naslage dolaze kao najstariji dio sinklinale, kojoj os tone prema polju. Niz bušotina, što su situirane uzduž osi sinklinale, pokazuje da pijezometarski nivo podzemne vode za vrijeme maksimalnih i minimalnih stanja uvijek ima pad prema polju.

### Nepropusne naslage

U ovu grupu uvrštene su neogenske naslage koje na užem području Buškog blata dolaze na površini samo na njegovom sjevernom obodu. Bušenjem je utvrđeno da one izgrađuju znatnu površinu ispod kvartarnih naslaga, a dolaze od sjevera do bušotine A-9. Promatranjem nivoa podzemnih voda kroz period od tri godine ustanovljeno je, da je podzemni vodostaj na tom području uvijek visok, tj. da neogenske naslage u podlozi kvartara sprečavaju prodiranje vode u dublje dijelove podzemlja.

## HIDROGEOLOŠKE POJAVE

Za uže područje Buškog blata treba posebno napomenuti, da ono nema razvijene površinske hidrografske mreže, niti stalnih i jačih krških vrela. Postoje samo kratkotrajna povremena vrela, što se nalaze na nivou polja na njegovoj istočnoj strani, te tok Ričine, koji prolazi poljem od njegovo sjeveroistočnog dijela prema jugu a isto je tako povremenog karaktera. Zapadni i južni dio Buškog blata obiluje ponorima različitih dimenzija i kapaciteta, te predstavlja glavne odvodne puteve za vodu koja povremeno poplavljuje polje. Najznačajniji su ponori Stara Mlinica i Liskovača na južnom dijelu polja, te Proždrikoža, Sinjski ponor i Metiljevica na zapadnom obodnom dijelu polja. Njihova je propusna moć različita, ali nije dovoljna da bi propustila velike vode tog područja, tako, da redovito dolazi do inundacije polja, koja traje 4-6 mjeseci godišnje.



## REŽIM PODZEMNIH VODA UŽEG PODRUČJA BUŠKOG BLATA

Zahvaljujući mnogobrojnim bušotinama, koje su raspoređene po samom polju i njegovom rubnom dijelu, mogu se donijeti prilično definirani zaključci o režimu podzemnih voda na užem području predviđene akumulacije. Na svim bušotinama mjereni su sistematski nivoi podzemnih voda kroz period od 4 godine (1963–1966). Oscilacija podzemne vode u uzročnoj je vezi s pritokom vode, raspucanošću, dimenzijama i međusobnoj povezanosti pukotina i pukotinskih sistema u podzemlju. Poznato je, da stanje podzemnih voda indicira jače propusne zone od slabije propusnih, što je od velike važnosti za sanaciju pojedinih područja. Nivo podzemne vode je izjednačeniji tamo gdje je potpunija komunikacija među pukotinama, tj. gdje su pukotine šire, povezanije i gušće.

Na hidrogeološkoj karti (prilog br. 3) užeg područja Buškog blata prikazano je stanje minimalnih podzemnih voda na osnovu podataka simultanih mjerenja vodostaja na dan 15. IX 1965. i to samo u vapnenačkim stijenama ispod kvartarnih naslaga, te maksimalnih voda samo na istočnom i jugoistočnom obodu polja na dan 30. IX 1965.

Iz navedenih podataka o stanju podzemnih voda na užem području Buškog blata može se izlučiti nekoliko karakterističnih područja, gdje nivoi podzemne vode pokazuju različita reagiranja.

Istočni dio ruba polja sa svojom relativno mirnom tektonskom strukturom predstavlja slabije vodopropusno područje. Motrenje nivoa podzemne vode na profilu bušotina »E« pokazuje konstantan pad pijezo-metarske linije prema polju.

Sjeverni dio polja (sjeverno od bušotine A-9) je isto tako slabije vodopropusno područje. Pijezo-metarska linija pokazuje jednoličan pad od bušotine A-11 prema bušotini A-9, tj. od sjevera prema jugu.

Južni i jugozapadni dio Buškog blata je, što se tiče podzemnih vodostaja, znatno kompliciraniji. Na tom dijelu polja propusne kvartarne naslage leže na propusnim karbonatnim naslagama, što izaziva znatno veće osciliranje podzemnog vodostaja. Kao značajna činjenica može se uzeti podatak, da maksimalne i minimalne vode obodnog dijela polja imaju uvijek pad nivoa prema polju. U samom polju, zbog navedenog litološkog sastava i tektonske oštećenosti tog dijela užeg područja, dolazi nekoliko lokaliteta s različitim hidrauličkim gradientom.

Na području bušotine B-3a konstatirane su najniže kote minimalnih i maksimalnih nivoa podzemne vode, što je rezultat rasjedne zone (Liskovača–Mijakovo polje) zamaskirane kvartarnim naslagama. Ovo područje predstavlja zonu prema kojoj gravitiraju sve podzemne vode Buškog blata za vrijeme maksimalnih i minimalnih stanja, a ujedno predstavlja i glavni odvodni put površinskih i podzemnih voda Buškog blata.

## ZAKLJUČAK

Analizirajući sve prikupljene podatke o litostratigrafskom sastavu, strukturnim odnosima, te režimu podzemnih voda, može se zaključiti da je na Buškom blatu moguće ostvariti akumulaciju.

Utvrđeno je da sjeverna i istočna strana po svom sastavu predstavljaju područja gdje površinske i podzemne vode gravitiraju prema polju. Na južnom, a djelomično i zapadnom dijelu Buškog blata, s obzirom da ta područja predstavljaju odvodne puteve kako za površinske tako i za podzemne vode, potrebno je izvesti tehničke zahvate (injekcije zavjese i nasip) i na taj ih način presjeći, što će omogućiti usporavanje voda i njihovo akumuliranje u količini od cca 800 miliona m<sup>3</sup>.

Primljeno 7. 11. 1966.

Institut za geološka istraživanja  
Zagreb, Kupska 2

## LITERATURA

- Bojanić, L. (1966): Geologija jugoistočnog dijela Dinare. Geol. vj. 19. Zagreb.
- Bojanić, L. & Raljević, B. (1960): Geološki i hidrogeološki odnosi šireg područja Golinjevo-Grabovička planina-Mesihovina. Arh. Geol. zavoda, Sarajevo.
- Crnolatac, I. (1950): Tumač geološkoj karti dijela terena Civljane-Vrlika do Trilja, odnosno šireg područja rijeke Cetine od izvora do Trilja. Arh. Inst. za geol. istr., br. 1772, Zagreb.
- Herak, M. (1957): Geološka osnova nekih hidroloških pojava u Dinarskom kršu - II Kongres geologa SFRJ, Sarajevo.
- Ivanović, A. (1962): Geologija centralnog dijela Dinare. Arh. Inst. geol. istr. br. 3532, Zagreb.
- Katzer, F. (1929): Tumač pregledne geološke karte Bosne i Hercegovine, List IV Travnik. Sarajevo.
- Kerner, F. (1916): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte, Blatt Sinj-Spalato. Geol. R. A. Wien.
- Poljak, J. & Herak, M. (1949): Hidrogeologija Buškog Blata. Arh. Inst. geol. istr., Zagreb.
- Poljak, J. & Herak, M. (1949): Geološko mišljenje o smještaju tunela i postrojenja u području Buško blato-Jabuka. Arh. Inst. geol. istr., Zagreb.
- Raljević, B. & Crnolatac, I. (1960): Kamešnica-Buško blato-Roško polje. Arh. Inst. geol. istr. br. 3409, Zagreb.
- Raljević, B. (1966): HE Orlovac-Buško blato. Hidrogeološka istraživanja Arh. Inst. geol. istr., Zagreb.

## B. RALJEVIĆ

## GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL RELATIONS OF THE WIDE AREA OF BUŠKO BLATO

The wide area of Buško blato shows a development of sedimentary rocks of Jurassic, Cretaceous, Paleogene, Neogene and Quaternary origin.

Dark-coloured stratified limestones with intercalations of fine-grained dolomites and limestones with *Lithiotis problematica* (Münster), occurred in the Lower

Jurassic. The Middle Jurassic is represented by limestones and dolomites with *Cladocoropsis mirabilis* Felix, and by sporadic oolitic limestones.

Dark-grey stratified dolomites with intercalations of limestones, whose lower part probably belongs to the Upper Jurassic, and a thick series of well-stratified limestones with intercalations of calcareous breccias and dolomites represent the Lower Cretaceous.

Lower Cretaceous formations are overlain by coarse-crystalline dolomites with intercalations of fair limestone and calcareous breccias. These layers have been classified as Lower Cenomanian.

Lower Cenomanian formations are overlain by stratified and massive limestones with remains of *Chondrodonta* and rudistids that belong to the Upper Cenomanian and Turonian.

The paleogene is represented by limestones with miliolids and gastropods, *Alveolina* - limestones, and Promina layers.

Neogene formations occur at the margin of Sinjsko Polje, precisely in the northern part of the Buško blato area, and are represented by sandy and clayey marls, and marly limestones.

Quaternary formations have built the major part of the Buško blato area, and are represented by sands, gravels, clayey sands, clayey gravels, and clays.

The tectonic structure of the wide area of Buško blato is rather divers and uneven. The general trend of folds is NW-SE. The structures have been disturbed by diagonal and transversal faults and fractures at some places of the northern part of the area, and by longitudinal faults and fractures in the southern part.

Hydrogeologic investigations were carried out in the area of the close surroundings of Buško blato, the close marginal zone included.

Rocks within the area of the close surroundings of Buško blato have been classified into 4 categories, as follows:

1. layers with vertical and lateral variations of water-permeability,
2. layers of high permeability,
3. layers which are, as a whole, of lower permeability, and
4. impermeable (impervious) layers.

On the basis of the lithologic composition and the structural characteristics of the area of the close surroundings of Buško blato, it has been concluded that the ground water table holds considerably higher levels in the northern part of the polje than in its southern and western parts, due to the impermeable Neogene formations. The fault zone Liskovača-Mijakovo polje shows the greatest oscillations of ground water table and represents the main underground water-way from the Buško blato horizon down to lower horizons.

According to the positive results obtained up to the present, it may be concluded that - for the realization of the Buško blato ground water storage - it is necessary to cut by technical interventions the underground waterway in the southern and partly in the western draining parts of the polje, thus achieving the raise of ground water level to the required head.

Received 7th November, 1966.

Institute of Geology,  
Zagreb, Kupaska 2

PRĚGLEDNA GEOLOŠKA KARTA ŠIREG PÓDRUČJA BUŠKOG BLATA  
GENERALIZED GEOLOGIC MAP OF THE WIDE AREA OF BUŠKO BLATO

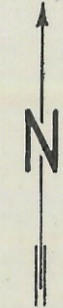


- Humus, pijesci, šljunci, gline  
Humus, sands, gravels, clays
- Lapori i laporoviti vapnenici  
Marls and marly limestone
- Vapnenacki konglomerati s proslojcima laporovitih vapnenaca i lećama lapora  
Limy conglomerates with intercalations of marly limestones and lenses of marl
- Slabo uslojeni do gromodasti vapnenici s alveolinima i numulitima  
Limestones ranging from poorly stratified limestone to blocks with alveolines and numulites
- Dobro uslojeni do pločasti gusti vapnenici (liburnijske nastlage)  
Limestones ranging from well-stratified to tabular dense limestone (Liburnian layers)

- Uslojeni do gromodasti vapnenici s hondrodontama i rudistima  
Limestones ranging from stratified limestone to blocks, with Chondrodonts and Rudistids
- Sitrnozrni neuslojeni dolomiti s proslojcima krupnokristaliničnih vapnenaca, tankopločasti vapnenici i škriljavi vapnenici s roznjacija  
Fine-grained unstratified dolomites with intercalations of coarse-crystalline limestone, thin-tabular limestones, and schistose limestones with hornstones
- Dobro uslojeni do pločasti vapnenici s rijetkim proslojcima sitnozrni dolomita i vapnenih sedimentnih breča  
Limestones ranging from well-stratified to tabular limestone with scarce intercalations of fine-grained dolomite and limy sedimentary breccias
- Uslojeni sitnozrni dolomiti s rijetkim ulošcima vapnenaca  
Stratified fine-grained dolomite with scarce limestone intercalations
- Slabo uslojeni, mjestimično oolitni vapnenici  
Poorly stratified limestones partially oolitic
- Slabo uslojeni vapnenici i dolomiti, izmjena vapnenaca i dolomita (Cladocarpopsis mirabilis)  
Poorly stratified limestones and dolomites, alternation of limestones and dolomites (Cladocarpopsis mirabilis)
- Izmjena vapnenaca i dolomita, dobro uslojeni vapnenici  
Alternation of limestones and dolomites, well-stratified dense limestones
- Dobro uslojeni vapnenici s rijetkim ulošcima dolomita, vapnenici s Lithiis i dobro uslojeni mrljasti vapnenici  
Well-stratified limestones with scarce intercalations of dolomite, limestones with Lithiis and well-stratified «spotted» limestones

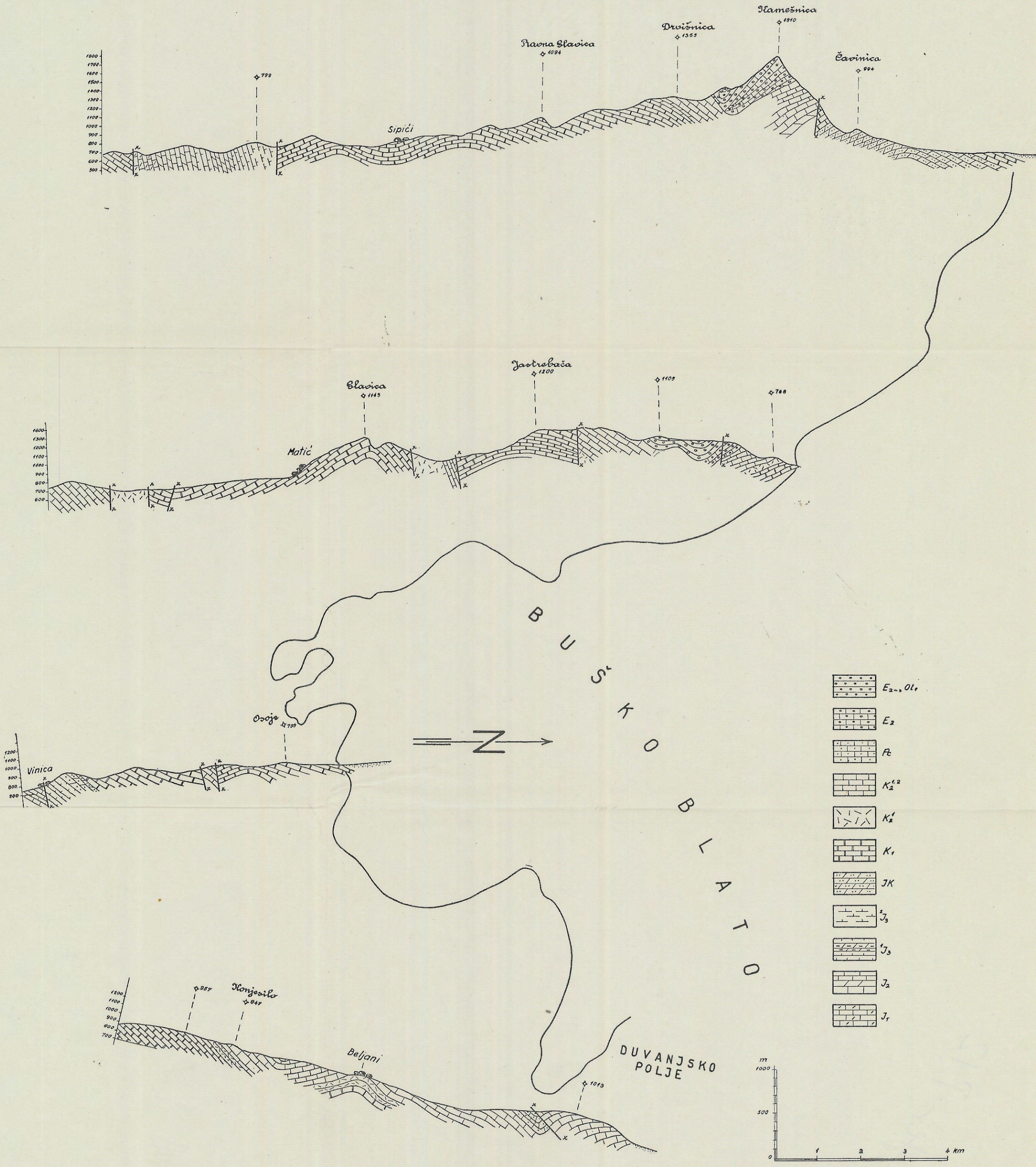
- Normalna geološka granica  
Normal geologic boundary
- Transgresivna geološka granica  
Transgressive geologic boundary
- Nedefinirana geološka granica  
Undefined geologic boundary
- Položaj sloja  
Position of layers
- Rasjed  
Fault
- Rasjed s manjim navlačenjem  
Fault with small overlap
- Linija profila  
Line of cross section
- Os antiklinala sa smjerom tonjenja  
Anticlinal axis with direction of dip
- Os sinklinala sa smjerom tonjenja  
Synclinal axis with direction of dip
- Krško vrelo  
Karst spring
- Ponor  
Ravine

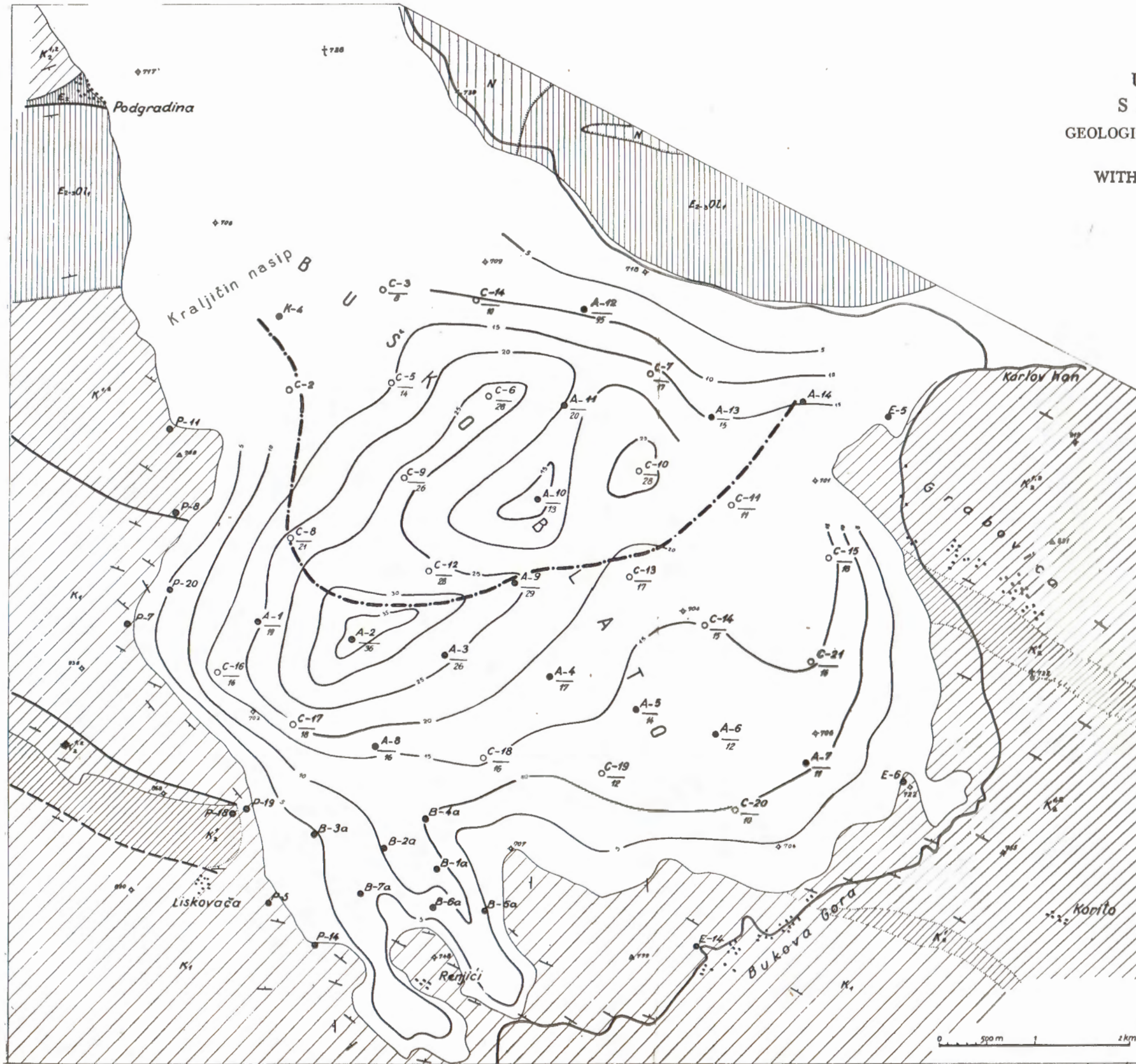
0 1 2 3 4 km



**SHEMATSKI GEOLOŠKI PROFILI uz „Preglednu geološku kartu” šireg područja BUŠKOG BLATA**

THE SKETCHES OF GEOLOGIC CROSS SECTIONS ARE GIVEN IN THE ANNEX ATTACHED TO THE GENERALIZED GEOLOGIC MAP OF THE WIDE AREA OF BUŠKO BLATO





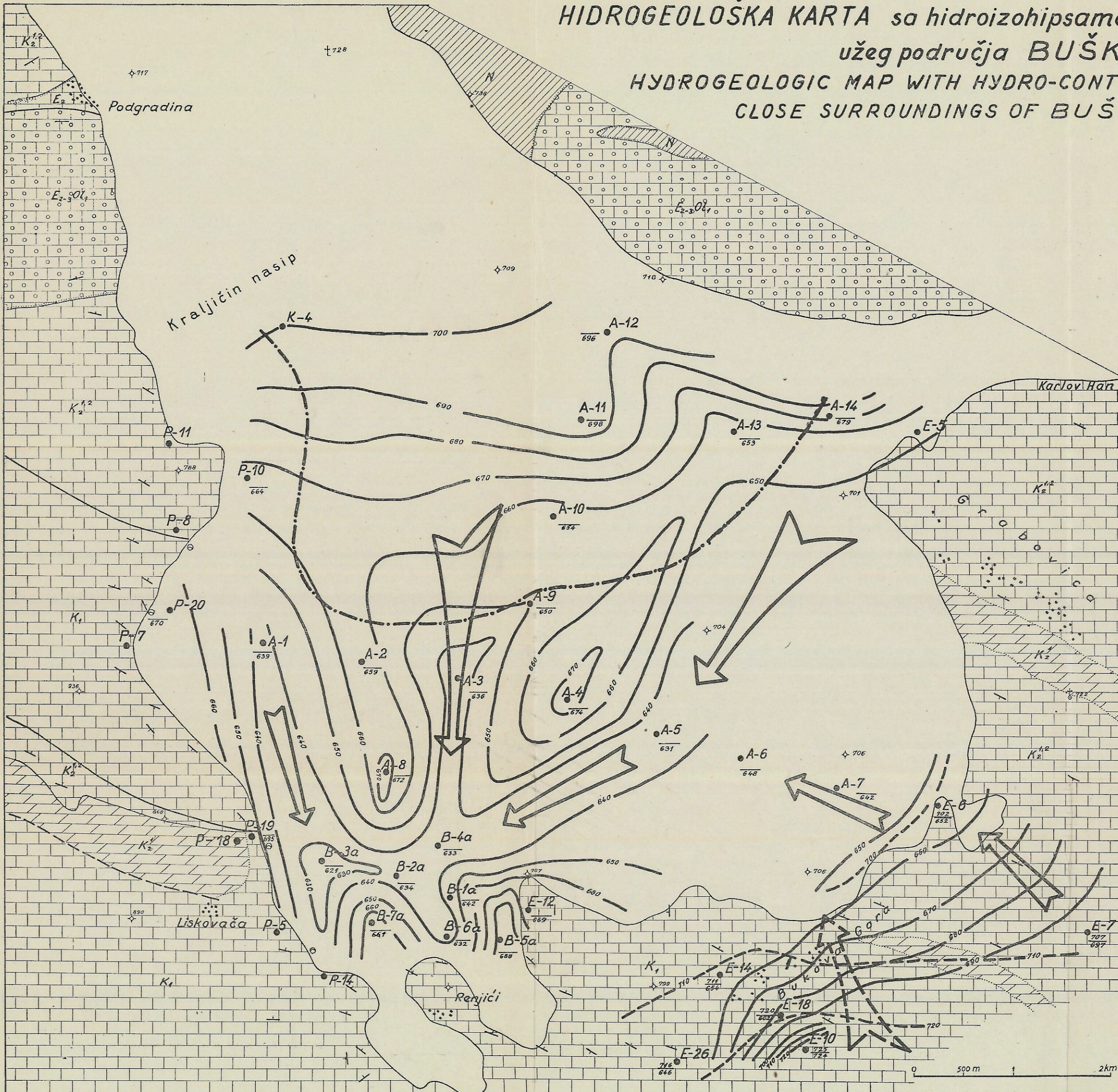
GEOLOŠKA KARTA  
 UŽEG PODRUČJA BUŠKOG BLATA  
 S IZOLINIJAMA DUBINE KVARTARA  
 GEOLOGIC MAP OF THE AREA OF CLOSE SURROUNDINGS  
 OF BUŠKO BLATO  
 WITH CONTOUR LINES INDICATING THE DEPTHS  
 OF QUATERNARY FORMATIONS

LEGENDA - LEGEND

- 1 Pretpostavljena granica kreda - neogen  
Presumed boundary between Cretaceous and Neogene formations
  - 2 Izolinije dubine kvartarnih naslaga  
Contour lines indicating the depths of Quaternary formations
  - 3 Naziv bušotine  
Designation of borehole  
Dubina kvartara  
Depth of Quaternary formations  
Bušotine kroz kvartarne naslage i karbonatne stijene u podlozi do pretpostavljenog minimalnog nivoa podzemne vode  
Boreholes drilled through Quaternary formations and carbonate presumed minimum ground water level
  - 4 Naziv bušotine  
Designation of borehole  
Dubina kvartara  
Depth of Quaternary formations  
Bušotina do podloge kvartarnih naslaga  
Boreholes drilled down to the base of the Quaternary formations
- Legenda za litostratigrafske članove nalazi se uz preglednu geološku kartu  
 The legend for the lithostratigraphic members is given in the annex attached to the Generalized Geologic Map

# HIDROGEOLOŠKA KARTA sa hidroizohipsama užeg područja BUŠKOG BLATA

## HYDROGEOLOGIC MAP WITH HYDRO-CONTUR LINES OF THE AREA CLOSE SURROUNDINGS OF BUŠKO BLATO



**Legenda - Legend:**

Podjela terena prema hidrogeološkim osobinama stijena Classification of areas according to hydrogeological characteristics of rocks	Petrografski sastav stijena sa geološkim simbolima Petrographic composition of rocks with geologic symbols
Vertikalne i bočne promjene propusnosti Poroznost međuzrnska Vertical and lateral variations of permeability Intergranular porosity	Humus, šljunci, pijesci, piekovite gline Humus, gravels, sands, sandy clays, clays Q
Dobra propusna naslage Propusnost varira zavrsno o intenzitetu izlomljenosti i karstifikacije Poroznost pukotinska Layers of high permeability The permeability variations depending on the intensity of fracturing and karstification Interstitial porosity	Vapnenci dobro uslojeni do gromodasti The limestones are ranging from well-stratified limestone to such occurring in the form of blocks $K_1, K_2^1, E_2$
U cjelini slabije propusne naslage Propusnost varira zavrsno o izlomljenosti i karstifikaciji Poroznost pukotinska Layers being, as a whole, of lower permeability The permeability variations depending on the fracturing and karstification Interstitial porosity	Dolomiti, dolomitični vapnenci, Prominske naslage (izmjena, konglomerata i lapora) Dolomites, dolomitic limestones "Promina beds" (alternation of conglomerate and marls) $K_2, E_2-3O_1$
Nepropusne naslage Impermeable layers	Lapori, laporoviti vapnenci Marls, marly limestones N

- Hidroizohipse maximum 30. XI. 1965.  
 Hydro-contours of maximum on Nov. 30, 1965.
- Hidroizohipse minimuma 15. IX. 1965.  
 Hydro-contours of minimum on Sept 15, 1965.
- Naziv bušotine s izmjerenim maximumom  
 Designation of borehole with measure maximum ground water level
- minimumom  
 minimum ground water level
- Pretpostavljeni smjer kretanja maksimalnih voda  
 Presumed direction of ground water flow at maximum level
- Pretpostavljeni smjer kretanja minimalnih voda  
 Presumed direction of ground water flow at minimum level

