

Vrtina MET-1/04 pri Metliki na meji med Zunanjimi in Notranjimi Dinaridi

Borehole MET-1/04 near Metlika, between the External and Internal Dinarides (SE Slovenia)

Marijan POLJAK¹, Andrej LAPANJE¹, Ivan GUŠIČ², Bernarda BOLE¹ & Bojan OGORELEC¹

¹Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, SI-1000 Ljubljana

²Geološko-Paleontološki zavod PMF, Zvonimirova 8, HR-10000 Zagreb

Ključne besede: stratigrafija, jura, kreda, vrtina, voda, hidrogeologija, Zunanji in Notranji Dinaridi, Metlika, Bela Krajina, Slovenija

Key words: stratigraphy, Jurassic, Cretaceous, borehole, water, hydrogeology, External and Internal Dinarides, Metlika, Bela Krajina, Slovenia

Kratka vsebina

Raziskovalno-kaptažna vrtina MET-1/04 pri Božakovem, vzhodno od Metlike v Beli Krajini, je globoka 841 m. Namen vrtanja je bil zajeti geotermalno vodo, ki bi bila uporabljena v turistične namene. Območje vrtine leži na prehodu Zunanjih Dinaridov, ki so v splošnem zgrajeni iz mezozojskih plitvomorskih karbonatnih kamnin, v Notranje Dinaride. Za slednje so značilne predvsem globljemorske klastične kamnine, ravno tako mezozojske starosti. Strukturna značilnost območja je niz dinarsko usmerjenih narivov, ob katerih so Notranji Dinaridi narinjeni na Zunanje. Sama vrtina je locirana v zgornjekredni flišni skladovnici, ki je odložena transgresijsko na zgornjejurške apnenice. Flišno skladovnico do globine 182,5 m sestavljajo breča, konglomerat ter kalkarenit in lapor. Navzdol do globine 275 m sledijo spodnjekredni apnenici, ki pripadajo ali velikim olistolitnim blokom v bazi fliša ali pa tektonskemu bloku v narivni luski. Do dna vrtine na 841 m nastopajo grebenski apnenici zgornjejurške starosti. Zgornji del apnenecv pripada zgornjemu malmu, spodnji del pa je mogoče že spodnjemalmske starosti. V vrtini sta bili ugotovljeni dve vodonosni coni in sicer v intervalu od 92,5 do 184 m ter v intervalu od 220 do 355 m.

Abstract

In the year 2004, a deep borehole MET/04 east of Metlika in Bela Krajina was drilled. It reached the depth of 841 meters. The aim of drilling was to catch thermal water that would be used for touristical purposes. The area where the borehole is located belongs to the transitional zone of the External to the Internal Dinarides. The first ones are characterized mainly by shallow water carbonate rocks of Mesozoic age, while the other ones are composed mainly of deep water clastic rocks also of Mesozoic age. Structurally, this zone consists of a series of the Dinaric, NW-SE oriented, thrusts along which the Internal Dinarides are thrust over the External ones. The bore hole itself is located in the flysch sequence of Upper Cretaceous age that is deposited transgressively onto the Upper Jurassic limestone. The flysch, that is composed of conglomerate, breccia, calcarenite and marl, is drilled to 182,5 m of depth. Further, to the 275 of depth, there follow Lower Cretaceous limestones, that belong either to large olistolitic blocks in the base of the flysch series or to a tectonic block of the imbricated structure. To the bottom of the borehole, there follow mainly reef and perireefal limestones of Upper Jurassic age. The upper part of these is determined to be of Upper Malmian age, since the lower part could belong to Lower Malmian. In the borehole, two water bearing zones were determined. The first one is in the interval from 92,5 to 184, and the second one in the interval from 220 to 355 meters at the depth.

UVOD

Občina Metlika posveča veliki pomen v svojih razvojnih načrtih pospeševanju turistične dejavnosti in ta sloni tudi na morebitnem obstoju tople podzemne vode. V ta namen je bila v letu 2004 izvrtana 841 metrov globoko vrtina MET-1/04, vzhodno od vasi Božakovo. Vrtina leži na južnih pobočjih Gorjancev, neposredno nad levim bregom reke Kolpe (sl.1). Njeno izvedbo je financirala Občina Metlika s pomočjo Javnega sklada za razvoj podeželja in regionalni razvoj.

Območje občine Metlika so intenzivno preiskovali v poznih 80. in v 90. letih 20. stoletja zaradi iskanja virov pitne vode. Eden izmed najbolj perečih komunalnih problemov v Beli Krajini je namreč prav pomanjkanje neoporečne pitne vode. Kljub intenzivnim raziskavam (Bizjak, 1989; Drobne, 1992, 1994; Drobne et al., 1993, 1994, 1995, 1996; Lapanje et al., 1999; Novak, 1986, 1989; Novak et al., 1987, 1988, 1992; Petauer, 1992) so bile vse raziskovalne vrtiline na območju občine Metlika razen vrtina Ra-2/91 v Zgornjem Suhorju iz takih ali drugačnih razlogov (kemična sestava vode, bakteriološka oporečnost, peskanje, premajhna izdatnost) negativne za vodooskrbo. So pa bile vrtiline K-1/89 pri Metliki, L-1/89 pri Lokvici in TF-2/89 pri Treh Farah pomembne za ugotavljanje geološke strukture tega ozemlja, saj so dokazale nariv zgornjetriasnega dolomita na spodnjekredne apnenice Zunanjih Dinaridov. Na možnost nastopanja tudi tople vode je opozorila vrtina BKV-1/99 pri Krmačini, kjer je bil v zgornjekrednih kamninah karbonatne-

ga flišnega razvoja dokazan za Belo Krajino dokaj visok geotermični gradient (Lapanje et al., 2004). Osnovni podatki omenjenih vrtilin so podani v tabeli 1.

Vse navedene raziskave so pokazale izredno zapletenost geološke zgradbe mejnega območja med Zunanjimi in Notranjimi Dinaridi, na katerem leži raziskani teren. Predstavljena vrtina MET-1/04 pri Metliki je omogočila po eni strani delno rešitev, po drugi strani pa je, kot je pogosto primer, odprla nova vprašanja glede geološke zgradbe obravnavanega ozemlja.

SPLOŠNA GEOLOŠKA ZGRADBA ŠIRŠEGA OBMOČJA VRTINE

Širše območje vrtine MET-1/04 leži na prehodu Zunanjih v Notranje Dinaride. Ti se med seboj ločijo predvsem po različnih razvojnih mezozojskih kamnin, strukturno mejo pa predstavlja niz narivov kamnin Notranjih Dinaridov na Zunanje v smeri od severovzhoda proti jugozahodu.

Stratigrafija

Zunanji Dinaridi, predstavljeni na geološki karti (sl. 1) so zastopani z zgornjejur-skimi in spodnjekrednimi kamninami. Te izdanjajo na površini na Belokranjski planoti zahodno od Metlike.

Zgornjejurške kamnine so zastopane pretežno z apnenci in podrejeno z dolomiti, kimeridgijsko-titonijske starosti ($J_3^{2,3}$). J. Bukovac in sodelavci (1984) jih, glede na bogato

Tabela 1. Pregled hidrogeoloških vrtilin na raziskanem območju.
Table 1. Review of hydrogeological boreholes in the investigated area.

| Ime Name of the borehole | Lokacija Location | Globina vrtine Depth | Vir Source |
|-----------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|
| L-1/89 | Lokvica | 150 | Bizjak in Novak, 1989 |
| K-1/89-91 | Metlika | 235 | Petauer, 1992 |
| TF-1/87 | Tri Fare | 52 | Novak et al., 1987 |
| TF-2/88 | Tri Fare | 171 | Novak in Bizjak, 1998 |
| DR-1/95 | Drašiči | 100 | Drobne et al., 1995 |
| BKV-1/99 | Krmačina | 251 | Lapanje et al., 1999 |
| ŠD-1/87 | Špitalska draga | 76 | Novak et al., 1987 |
| ŠD-2/88 | Špitalska draga | 240 | Novak in Bizjak, 1998 |

mikrofavno in floro z vodilnimi algnimi vrstami *Clypeina jurassica* in *Salpingoporella annulata* ter foraminiferami *Kornubia palastiniensis*, *Trocholina alpina* in drugimi, opredeljujejo kot alno-foraminiferski facies. Apnenec predstavlja različni tipi mikritov, prevladujejo pa bio- in pelmikriti. Dolomiti, ki se pojavljajo kot vložki v apnenicah, so v bolj debelo-zrnati: po nastanku jih štejejo kot poznodiagenetske.

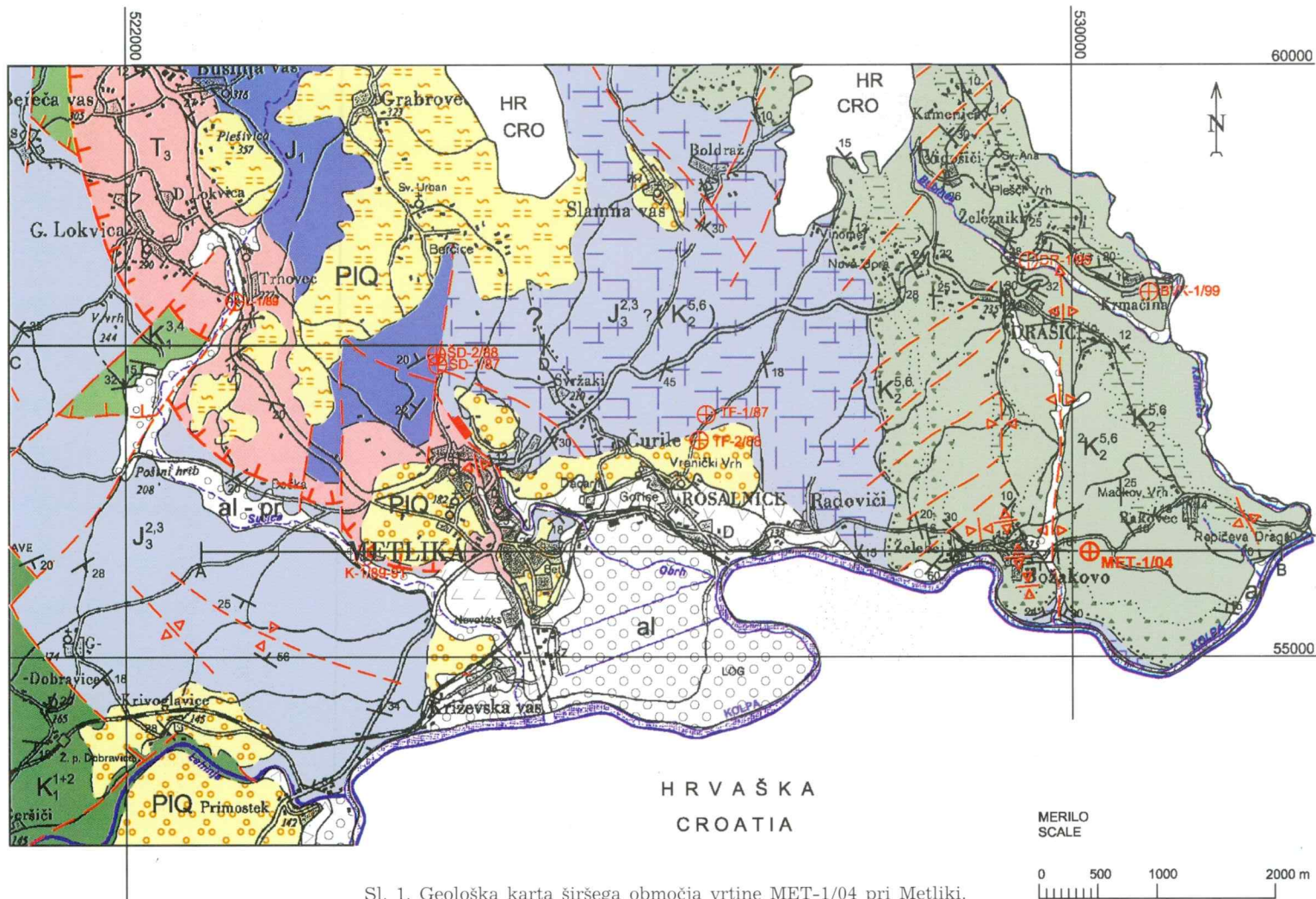
Zgornjejurske plasti prehajajo zvezno v spodnjekredne (valanginij – hauterivij, K_1^{1+2}), sam kontakt med njimi je nekoliko tektoniziran; zato smo ga opredelili kot prelomnega. Prelomni kontakt pa je zagotovo prisoten med zgornjejurskimi in barremijsko-aptijskimi apnenici ($K_1^{3,4}$). Valanginijsko-hauterivijski apnenici so zastopani z različnimi vrstami biomikritov z vodilno alno-foraminifersko združbo *Salpingoporella annulata*, *Actinoporella podolica*, *Orbitolinopsis capuensis* in *Cuneolina tenuis*. Barremijsko-aptijski apnenici predstavljajo na raziskanem terenu večje tektonske bloke, ki ležijo v čelu glavnega nariva Notranjih Dinaridov na Zunanje (sl. 1, 2). To so tudi različni tipi mikritov z vodilnimi foraminiferami iz skupine *Orbitolinidae* (*Palorbitolina lenticularis*) ter z algo *Salpingoporella dinarica*.

Notranji Dinaridi so na raziskanem terenu zastopani s karbonatno-klastičnimi kamninami v stratigrafskem razponu od zgorjnega triasa do zgornje krede. Kriterij za uvrstitev navedene skladovnice v geotektonsko enoto Notranjih Dinaridov je facies mikritnih apnencev z roženci in pelagično fosilno združbo tipa *biancone*, zgornjejurske starosti. Ti apnenici so na površini odkriti pri Sošicah na južnem pobočju Gorjancev in pri Ribniku, južno od Kolpe (Bukovac et al., 1984; Pleničar et al., 1976), na raziskanem terenu pa niso prisotni.

Zgornjetriasni dolomiti ($T_3^{2,3}$), med katerimi so pogostne stromatolitne plasti, ležijo v čelu že omenjenega nariva. Navzgor prehajajo ti v zrnate dolomite, dolomitizirane apnenice in v različne vrste mikritnih apnencev. Po vodilni foraminifersko-algna združbi (*Palaeodasycladus mediterraneus*, *Orbitopsella praecursor* in dr.) jim je starost določena kot spodnji do srednji lias (J_1^{1+2}). Na raziskanem terenu so ti apnenici in dolomiti v prelomnem kontaktu z grebenskimi apnenici srednje- do zgornjemalmske staro-

sti ($J_3^{2,3}$), tako da ni mogoče ugotoviti stratigrafske vrzeli med obema skladovnicama, kot so jo na tem ozemlju predpostavili J. Bukovac in sodelavci 1984. leta. Žal so navedene kamnine v tektonskem kontaktu tudi v podrobneje raziskanem profilu ob cesti Suhor - Jugorje - Vahta (Oreh & Ogorelec, 1981). Tako zaenkrat ni mogoče potrditi ali ovreči predpostavke o zgoraj navedeni stratigrafski vrzeli, kar je sicer pomembno pri rekonstrukciji strukturno-tektonske zgradbe, ki je podana v nadaljevanju razprave. Prej omenjeni grebenski apnenec, ki je v tektonskem kontaktu z liasnim, je po J. Bukovcu in sodelavcih (1984) zgornjemalmske starosti. Sestavljen je pretežno iz biolitnega tipa apnenca z dokaj bogato grebensko favno. Ta se mestoma (pri Stativah na Hrvaškem) izmenjuje z mikritnim apnenecem z algama *Clypeina jurassica* in *Salpingoporella annulata*, kar celotni skladovnici določa starost kimeridgij – portlandij. Ta facies predstavlja sicer del prostranega grebena, ki označuje severni in severovzhodni rob Jadransko-Dinarske karbonatne platforme, ki ga je D. Turnškove (1966) opredelila kot spodnjemalmskega, L. Nikler (1978) pa kot zgornjemalmskega, vendar pa fosilne združbe nakazujejo možnost, da je omenjeni greben obstajal skozi celotno zgornjo juro.

Na malmskih grebenskih apnenicah so transgresivno odloženi klastični sedimenti campanijsko-maastrichtijske starosti (Bukovac et al., 1984), ki imajo značaj karbonatnega fliša. Pričneje z več desetmetrsko sekvenco bazalnega konglomerata, ki se navzgor menjava s plastmi kalkarenita in laporja, v zgornjem delu skladovnice pa prevladuje lapor. J. Bukovac in sodelavci (1984) omenjajo v bazi flišne skladovnice pri Oslju na Hrvaškem velike olistolitne bloke spodnjekrednih apnencev. Možno je zatorej tudi, da predstavljajo izolirane goliče malmskih grebenskih apnencev vzhodno od Metlike, ki so sicer opredeljeni na listu Črnomelj OGK 1:100.000 kot primarna kamnina, ravno tako velike olistolitne bloke v zgornjekredni flišni skladovnici. Na to možnost kažejo tudi apnenici spodnjekredne starosti (barremij - aptij), ki so bili ugotovljeni v vrtini Tri fare (TF-2/89) (Novak & Bizjak, 1988) pod apnenici domnevno malmske starosti. Slednji sicer gradijo površino tega terena.




Sl. 1. Geološka karta širšega območja vrtine MET-1/04 pri Metliki.
 Fig. 1. Geological map of a wider area around borehole MET-1/04 near Metlika.


LEGENDA ZA GEOLOŠKO KARTO IN PROFILE (sl. 1, 2)
 LEGEND FOR THE GEOLOGICAL
 MAP AND CROSS-SECTIONS
 PROFILES (Figs. 1, 2)


 aluvijalni sedimenti
 reke Kolpe
 alluvial sediments
 of the Kolpa river

 aluvijalno-proluvialni
 sedimenti
 alluvial-proluvial
 sediments

 koluvijalni sedimenti
 colluvial sediments

 ilovica z roženci
 clay with chert


 prod, pesek, ilovica
 gravel, sand, clay


 vrtina
 borehole


 geološki profil
 geological profiles




ZUNANJI DINARIDI
 EXTERNAL DINARIDES

 siv plastnat mikritni apnec
 (barremij - aptij)
 grey, bedded micrite limestone
 (Barremian - Aptian)


 siv plastnat mikritni apnec
 (valanginij - otrivij)
 grey, bedded micrite limestone
 (Valanginian - Otrivian)


 siv plastnat mikritni apnec z
 vložki sparitnega dolomita
 (sr. do zg. malm)
 gray, bedded micrite limestone
 with intercalation of sparite
 dolomite (Middle to Upper Malm)


 pretežno lapor
 generally marl


 menjavanje laporja
 in kalkarenita
 alternation of calcarenite
 and marl

 konglomerat in breča
 conglomerate and breccia

 svetlosiv masiven do debelo
 plastnat sparitni apnec-biolitit
 (sr. do zg. malm)
 light grey, bedded to massive
 sparite limestone - biolithite
 (Middle to Upper Malm)


 temnosiv sparitni do mikritni
 apnec (sp. do sr. malm)
 dark grey, micrite to sparite
 limestone (Lower to Middle Malm)


 siv plastnat mikritni apnec in
 zrnat dolomit (lias)
 grey bedded, micrite limestone and
 coarse-grained dolomite
 (Lower to Middle Liassic)


 svetlosiv stromatolitni dolomit
 (norj - retij)
 light-grey, stromatolite dolomite
 (Norian - Rhaetian)

NOTRANJI DINARIDI
 INTERNAL DINARIDES


zgornja kreda (campanij-mastrichtij)
 Upper Cretaceous (Campanian - Maastrichtian)


 vpadi plasti
 dip of strata


 geološka meja; a) vidna
 geological boundary;
 a) exposed


 b) pokrita in
 predpostavljena
 b) covered and inferred


 erozijska meja:
 pokrita in predpostavljena
 erosional boundary:
 covered and inferred


 transgressive boundary:
 covered and inferred


 postopen litološki prehod
 transitional geological
 boundary

 osi gub; a) sinklinale
 fold axis; a) syncline

 b) antiklinale
 b) anticline

 os gube, ki tone
 plunging fold axis

 prelom pokrit in
 predpovstavljen
 fault covered and inferred

 prelom; a) na splošno
 fault; a) in general

 b) normalni
 b) normal

 c) reverzni
 c) reverse

 glavni nariv v
 Notranjih Dinaridih
 main thrust of the Internal
 Dinarides

 ostali narivi
 other thrusts

Tektonika

Raziskani teren, ki je prikazan na sliki 1, leži na kontaktu oziroma v narivni coni Zunanjih na Notranje Dinaride. Po Bukovcu in sodelavcih (1984) gradijo narivi pokrovno zgradbo, kar se sklada z modelom M. Heraka (1986) o regionalnih geotektonskih pokrovih z velikim tektonskim transportom. Po Prtoljanu (2001) pa isti teren gradijo izoklinalne in prevrnjene gube, ki so delno tudi naluskane. Ne glede na oba tektonska modela, zagotovo lahko potrdimo samo nariv zgornjetriasnega dolomita na liniji Metlika-Suhor-Jugorje na zgornjejurske apnenice in dolomite. V čelu tega nariva so odtrgani mega-bloki spodnjekrednih apnenec, ki ležijo torej tektonsko prav tako na malmskih apnencih. Narivna ploskev je položna, na kar kažejo podatki vrtine pri Gornji Lokvici (L-1/87). V tej vrtini je pod zgornjetriasnim dolomitom ugotovljen na globini 28 m malmski apnenec (Bizjak & Novak, 1989). Sicer predstavlja nariv triasno-liasnih dolomitov in apnenec velik iztisnjen blok iz večje antiklinale, ki je na severovzhodu domnevno v tektonskem kontaktu z malmskimi grebenskimi apnenci. Ta kontakt je viden tudi na terenu pri izviru Obrh v Metliki, čeprav je možno, da je drugod, v primeru obstoja že omenjene stratigrafske vrzeli v doggru, ta kontakt tudi normalen oziroma diskordantno-erozijski.

V coni nariva sta bili locirani vrtini pri Špitalski dragi (ŠD-1/87 in ŠD-2/89) (Novak et al., 1987; Novak & Bizjak, 1988) in bi le-ti lahko dali odgovor o položaju narivne ploskve. Vendar sta obe vrtini zaradi hidrogeoloških razlogov locirani v cono mlajšega preloma, ki se razteza v generalni smeri N-S, ki pa je porušil osnovni položaj nariva. Ta prelom je vertikalni vsaj do globine 240 m. Obe vrtini sta tako ostali v prelomni coni, ki loči liasni od malmskega apnenca.

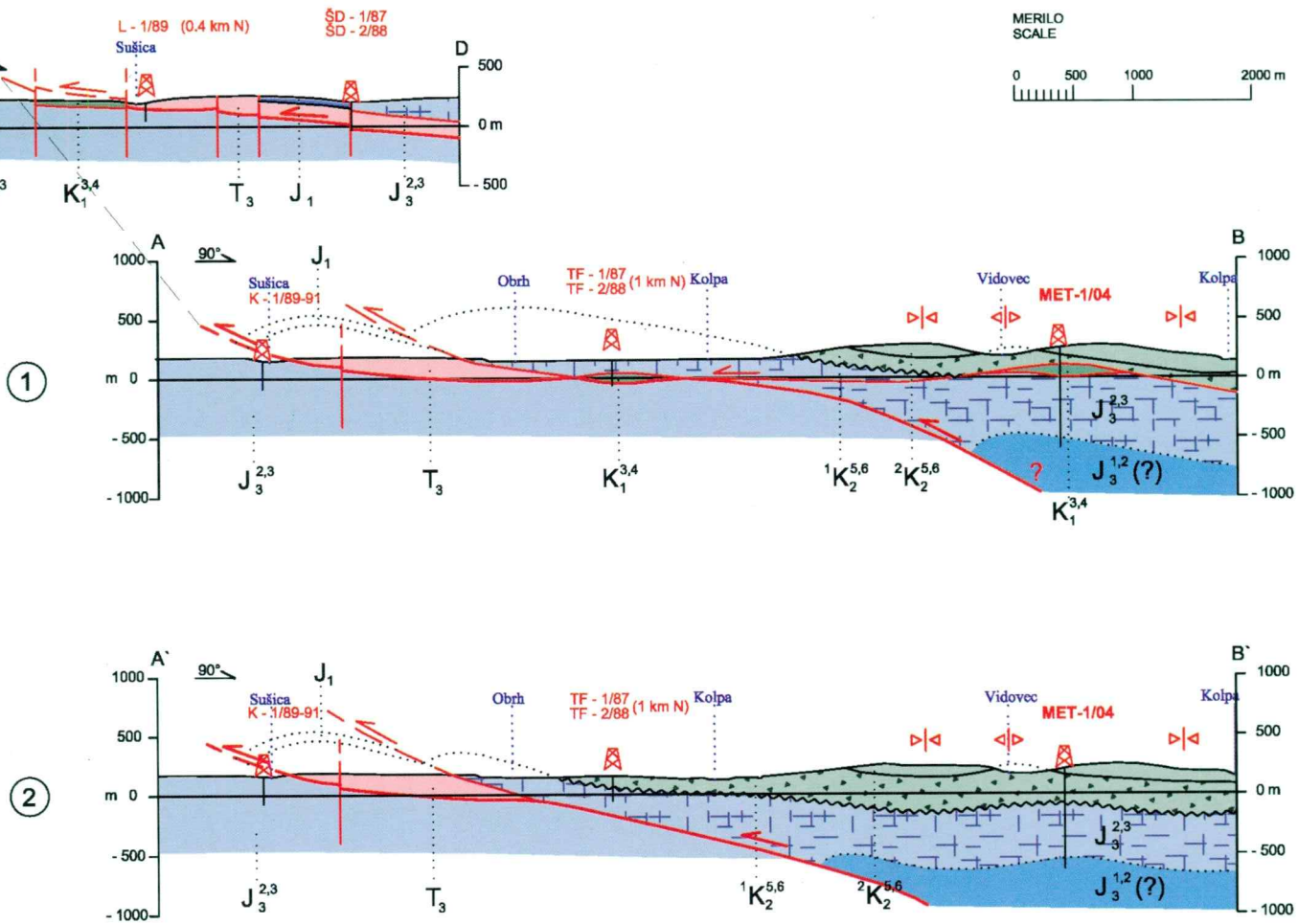
Triasno-jurske plasti v krovlini nariva so blago nagubane, izrazitejšje gube pa so prisotne v klastičnih kamninah zgornje krede. Kredno-paleogenske gube, ki prevladujejo, imajo dinarsko smer (NW-SE). Pri vasi Božakovo opazujemo še manjše gube v smeri E-W. Te kažejo na vpliv neogenskih južnoalpskih strukturnih deformacij, ki so sicer značilne za teren Gorjancev in Posavskih gub na severu.

HIDROGEOLOŠKE ZNAČILNOSTI PREISKANEGA OBMOČJA IN VRTINE

Območje vzhodno od Metlike je hidrogeološko razdeljeno na dva dela: na dobro prepusten, kraško-razpoklinski vodonosnik v zgornjejurskem grebenskem apnencu z glavnim iztokom v izviru Obrh, zahodno od črte Želebej-Draščiči in na slabo prepusten kraško-razpoklinski vodonosnik, sestavljen iz zgornjekrednih laporovcev, apnenčevih peščenjakov ter bazalnih apnenčevih breč in konglomeratov (sl. 3, 4).

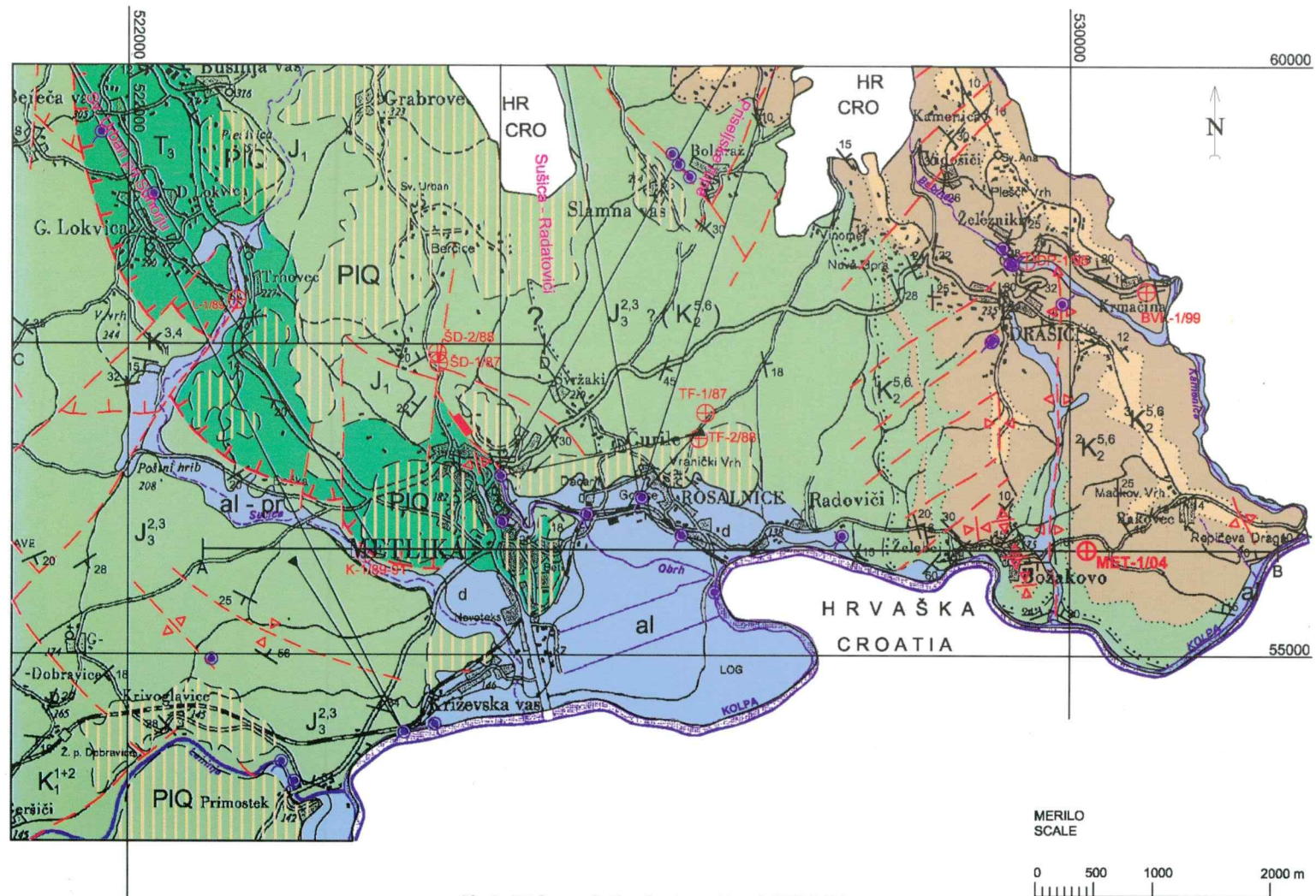
Zgornjejurski grebenski apnenec, ki gradi območje med blokom zgornjetriasnega dolomita pri Metliki in zgornjekredno bazalno karbonatno brečo na Gorjancih, ima lastnosti kraško-razpoklinkega tipa vodonosnika. Na tem ozemlju ni površinskega odtoka, razen hudournikov. Apnenec je intenzivno skrasel. V ožjem zaledju Obrha sega zakrasela cona v apnencih le do 80 m globine, kar je bilo ugotovljeno z vrtinami v Špitalski dragi (ŠD-1/87 in ŠD-2/88) in pri Treh Farah (TF-1/87 in TF-2/88). Pod to zakraselo cono je apnenec pretrt le v prelomnih conah, drugače pa je zelo slabo prepusten. To je pretežno odprt kraški in razpoklinski vodonosnik z visokimi hitrostmi pretakanja (= 10 m/dan), ko ima tok podzemne vode v vodonosniku že značilnosti turbulentnega pretoka. Z barvanjem je bil dokazan kraški dotok iz struge Sušice pod Radatovići in Priseljskega potoka v Priseljskih rupah proti izviru Obrh. Na območju Metlike je zgornjejurski apnenec domnevno v tektonskem narivnem kontaktu z zgornjetriasnim dolomitom. Dolomit predstavlja hidrogeološko bariero, zato na tem kontaktu izvira prelivni izvir Obrh.

Zgornjekredna flišna serija, na skrajnem vzhodnem delu občine Metlika, je močno razpokana. Sestavljena je iz laporovcev in laporatih apnenec ter menjavanja laporja, ploščastih apnenec, apnenčevih peščenjakov in apnenčevih breč ter konglomeratov. Vložki apnenčevih peščenjakov in breč so pogosto vodonosni, na kar kažejo precej številni izviri na tem območju. Odtok je pretežno površinski, le v razpokanih conah opazujemo lokalno pretakanje skozi cono razpoklinke ali kraške poroznosti. Debela plast tal je pretežno glinasta. V zgornjekredni flišni seriji je razvit omejen in nehomogen kraško-razpoklinski vodonosnik v plasteh apnenčeve breče, apnenčevega peščenjaka in organogenega



Sl. 2. Geološki profili raziskanega območja (variantne interpretacije).

Fig. 2. Geological cross-sections of the research area.



Sl. 3. Hidrogeološka karta vrtine MET-1/04.
 Fig. 3. Hydrogeological map of borehole MET-1/04.

apnenca, ki ga nakazujejo na površini vrtače, požiralniki in vodne jame znotraj flišnega območja. Ker se apnenčaste plasti izmenjujejo z laporastimi in glinastimi, je vertikalno razširjanje tega vodonosnika omejeno. Laporinati odseki so značilni po debelejši plasti preperine in so neprepustni, mestoma pa predstavljajo bariero apnenčastim visečim vodonosnikom. Z laporja vode odtekajo površinsko in ponikajo na stiku z apnenecem. Na območju med Drašiči, Božakovim in Rakovcem so v zgornjekredni apnenčevi breči izoblikovane tudi podzemne jame z vodo, npr 78 m dolga Božakova jama ali Zdenec in 270 m dolga podzemna jama Vidovec.

Ob potokih in ob Kolpi je odložena aluvialna naplavina z medzrnsko poroznostjo. Pretežno so to peski pomešani z meljem in glino. Kot vodonosnik ta naplavina nima širšega gospodarskega pomena, ker je slabo prepustna in slabo izdatna. Napaja se iz karbonatnega obrobja, površinskih vod in padavin.

Primarna poroznost karbonatnih kamnin na raziskanem območju je zanemarljivo majhna. Ker pore med seboj niso povezane, je zelo majhna tudi efektivna prepustnost. Pomembna je sekundarna poroznost. Ta je vezana na razpoke in tektonske cone, ki so lahko naknadno še zakrasele.

V grobem lahko ločimo na širšem območju Metlike tri tipe izvirov;










1 izvire v zgornjekrednem flišu Gorjancev (vzhodni del obravnavanega območja),

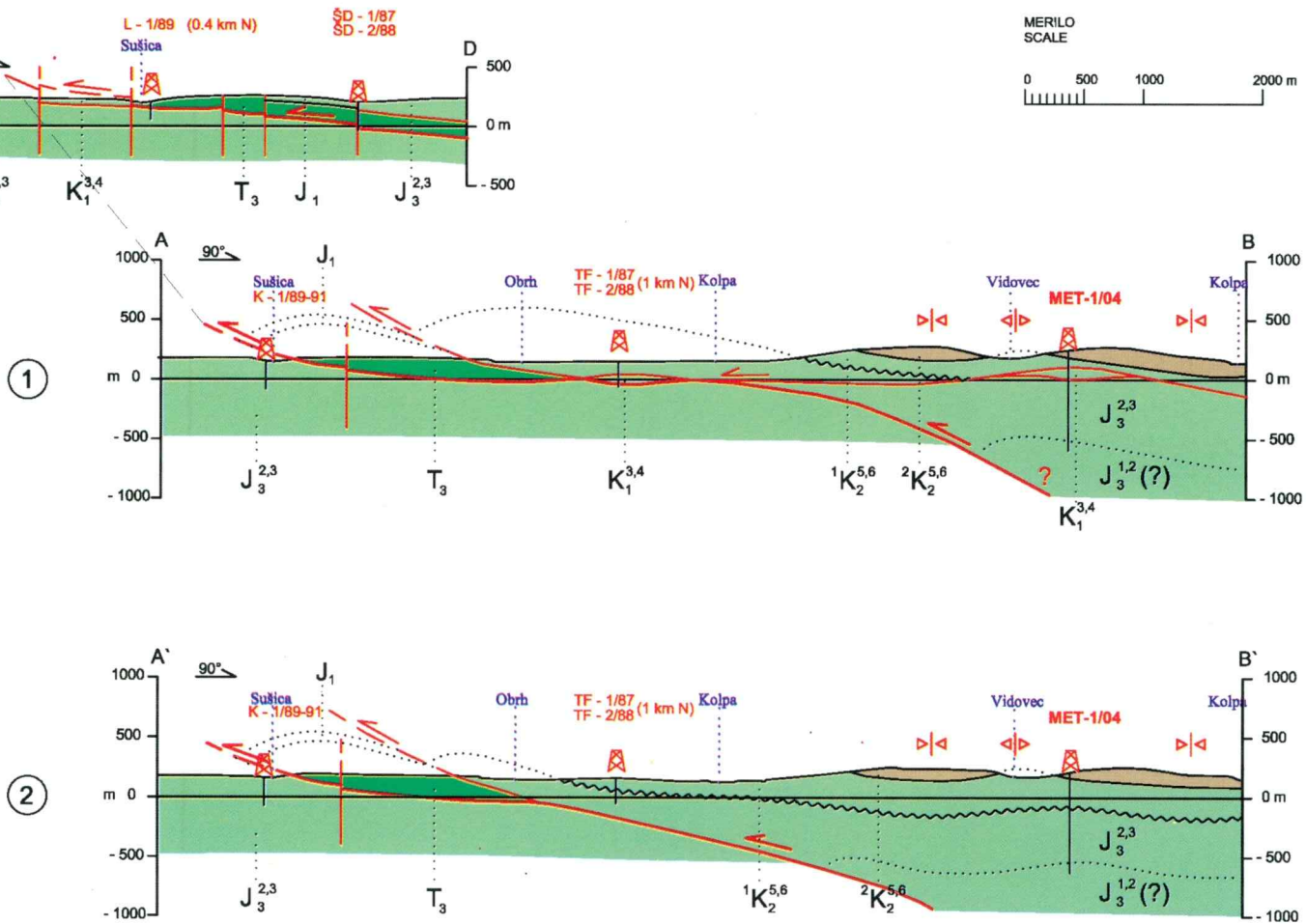
2 izvire iz apnenca zgornjejurske starosti ob barieri zgornjetriasnega dolomita pri Metliki in

3 izvire, ki se izlivajo iz zgornjejurskega zakraselega apnenca ob Kolpi in na območju od Dacarjev do Radovičev.

Najpomembnejši izvir na obravnavanem območju je Obrh v Metliki. Leži v globoki zajedi pod metliško Komendo. Izvir Obrha je sifonski, rov poteka v smeri proti severozahodu in se še vedno spušča. Sifonsko dviganje vode v izviru povzroča bariera zgornjetriasnega dolomita slabše prepustnosti. Napajalno zaledje Obrha je na zahodni strani omejeno s pasom dolomita, kjer razvodnica teče po najvišjih hrbtih in zajame povirje Sušice, Jamnika in Priseljskega potoka. Na severni strani poteka razvodnica po najvišjih grebenih znotraj zgornjekrednega flišnega pokrova globoko na Hrvaškem. Na vzhodni strani je meja manj jasna; ni namreč popolnoma jasno, kam se odteka območje suhe struge (podolja) mimo Slamne vasi in Dolca v Rosalnice. Najverjetneje napaja izvir Metličice.

LEGENDA ZA HIDROGEOLOŠKO KARTO IN PROFILE (sl. 3, 4) LEGEND FOR THE HYDROGEOLOGICAL MAP AND CROSS-SECTIONS PROFILES (Figs. 3, 4)

| | |
|--|--|
|  | manj izdatni medzrnski vodonosniki intergranular aquifers with low yield |
|  | kraški vodonosniki z visoko izdatnostjo v zakraseli coni in nizko izdatnostjo v kompaktnih delih (v globini) karst aquifers with high yield in karst zones and low yield in the compact rock (in the depth) |
|  | manj izdatni razpoklinski vodonosniki fissure aquifers with intermediate yield |
|  | slabo prepustne kamnine z omejenimi vodonosniki low permeable rocks with local aquifers |
|  | praktično neprepustne kamnine brez vodonosnikov practically nonpermeable rocks without aquifers |
|  | območje, kjer tanjši pokrov slabo prepustnih kamnin prekriva razpoklinske ali kraške vodonosnike area with thin cap of low permeable rocks, which overlie fissure of karst aquifers |
|  | izvir spring |
|  | mesto injiciranja sledila tracer injection site |
|  | pot sledila z oznako mesta injiciranja tracer path with tracer injection site |



Sl. 4. Hidrogeološki profili raziskanega ozemlja.

Fig. 4. Hydrogeological cross-sections of the research area.

Raziskave za lociranje vrtnice MET-1/04

Poleg hidrogeoloških, so bili pri izbiri lokacije upoštevani tudi regionalni geološki podatki. Ti so najbolj pregledno podani na listih Novo mesto in Črnomelj Osnovne geološke karte SFRJ 1:100.000 (Bukovac et al., 1984; Pleničar et al., 1976) s pripadajočimi tolmači (Bukovac et al., 1984; Pleničar & Premur, 1977). Novejše podatke o geološki, predvsem pa strukturni zgradbi širšega raziskanega območja najdemo v člankih M. Heraka (1984) in J. Bukovca (1988) ter B. Prtoljana (2001). Na podlagi teh podatkov je bila izdelana hipoteza, da je največja verjetnost nastopanja tople vode na območju, prekitem s slabo prepustnimi zgornjekrednimi kamninami flišnega razvoja, v bližini naravnega kontakta med Notranjsimi in Zunanjsimi Dinaridi. Predhodne raziskave smo zato usmerili na območje vzhodno od Metlike med kraje Drašiči, Božakovo, Rakovec in Krmačino. V okviru teh raziskav je Geološki zavod Slovenije izdelal geološko karto v merilu 1 : 25.000 (Poljak, 2003), Geoinženiring, d. o. o. pa je izmeril osem geoelektričnih sond (Car, 2003). V dveh obstoječih vrtninah, v Rd-1/93 v Radovici in BKV-1/99 v Krmačini je bil izmerjen tudi geotermični gradient. S pomočjo strukturno-geološkega in geofizikalnega modela smo nato interpretirali geotermalni model obravnavanega območja. Sklep predhodnih raziskav je bil, da bo mogoče z 800 m globoko vrtino pri vasi Božakovo (v bližini geoelektrične sonde M-8/03 zajeti podzemno vodo s temperaturo med 25 ± 3 in 33 ± 4 °C in sicer v narivni coni, ki naj bi predstavljala mejo med apnencem in dolomitom. Geoelektrični kontrast (reperni horizont) smo v tej fazi raziskav interpretirali kot mejo med nižje električno upornim apnencem in višje električno upornim dolomitom.

Potek vrtnice

Vrtino MET-1/04 globine 841 m v Božakovem je izvrtalo podjetje Geoprojekt, d. d. Do globine 240 m je bila izvrtana z globinskimi kladivi. Za izboljšano iznašanje kamninskih delcev se je do globine 92,5 m v vrtino dodajala voda z dodatkom hitro razgradljivega detergenta, od globine 92,5 m, kjer so se pojavili prvi večji dotoki vode v

vrtino pa se je uporabljal izključno stisnjen zrak. Na globini 240 m so se dotoki vode v vrtini toliko povečali, da globinska kladiva niso več delovala ustrezno, zato so prešli na reverzni način vrtnice s kotalnimi dleti. Vrtina je cevljena do globine 500 m, dalje do dna vrtnice pa je necevljena.

Hidrogeološke značilnosti

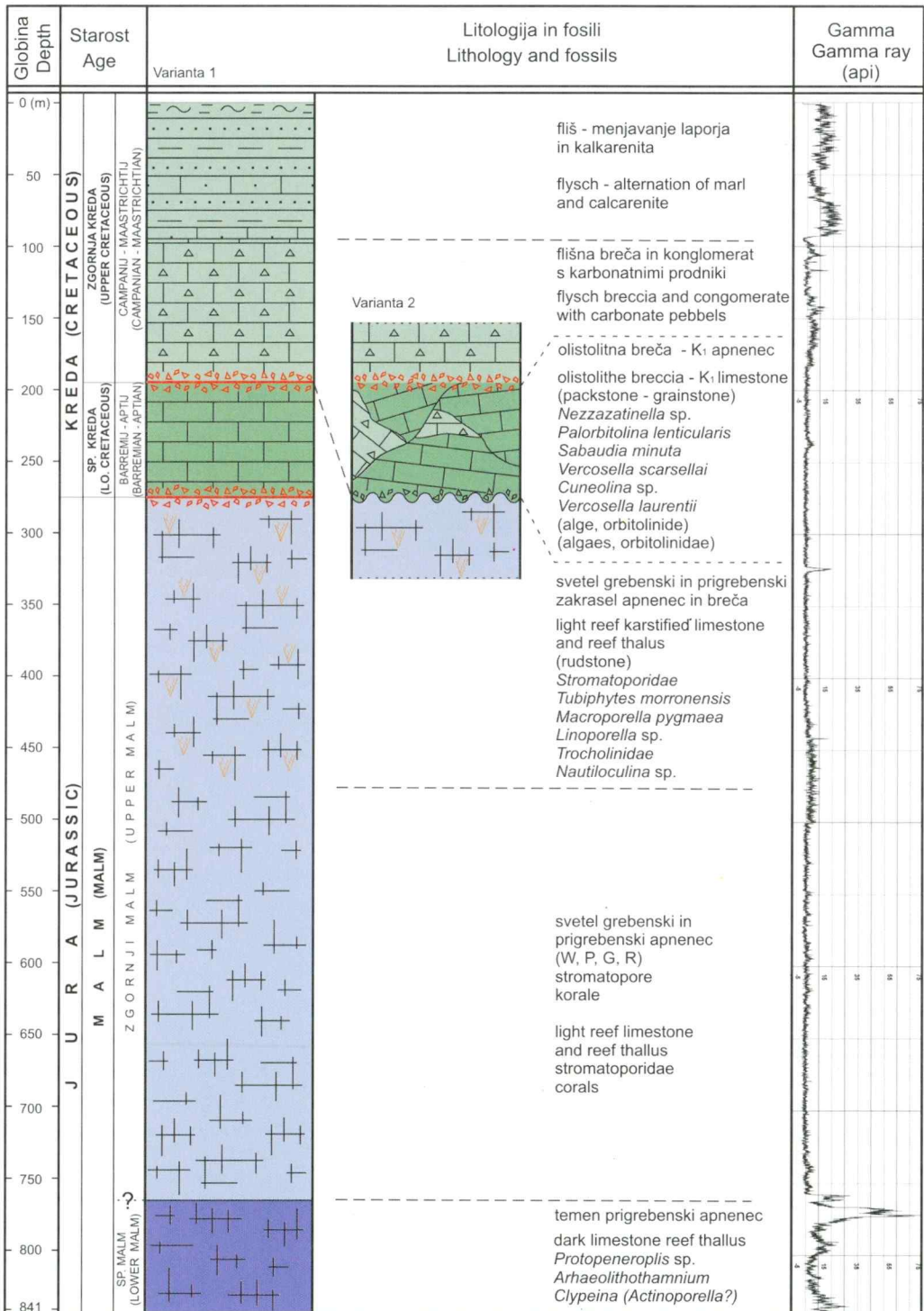
Večje dotoke vode v vrtino smo zabeležili v odseku od 92,5 do 140 m. Podzemna voda nastopa v tektonskih razpokah, ki so ponekod kraško razširjene tudi v več m široke kaverne in so delno zapolnjene z rdečo glino. V spodnjekrednem in zgornjejurskem sivem apnencu so bili beleženi večji dotoki vode v tektonsko pretrtem odseku od 188 do 325 m, in sicer na 188. 220., 230., 240. in 320. metru (sl. 7, 8, 9). Temperatura vode v vodonosnem odseku vrtnice med 220 in 320 m je med 22 do 23 °C. Nivo podzemne vode v vrtini je 47 m pod ustjem vrtnice, kar je le malo nad nivojem reke Kolpe, ki je od vrtnice oddaljena zračne črte 500 m.

Karotazne meritve

Karotazne meritve so bile izvršene v dneh 10. in 11. 2. 2005. Izmerjeni so naslednji parametri: temperatura (T+dT) in elektropredvodnost vode (KOND+dKOND) v mirujočem stanju ter med črpanjem in naravna gama aktivnost (GR) kamnin od ustja do dna vrtnice ter kratka in dolga normalna električna upornost (SN, LN), točkovna upornost (SPR) in lastni potencial (SP) v necevljenem delu vrtnice od 500 do 839 metra.

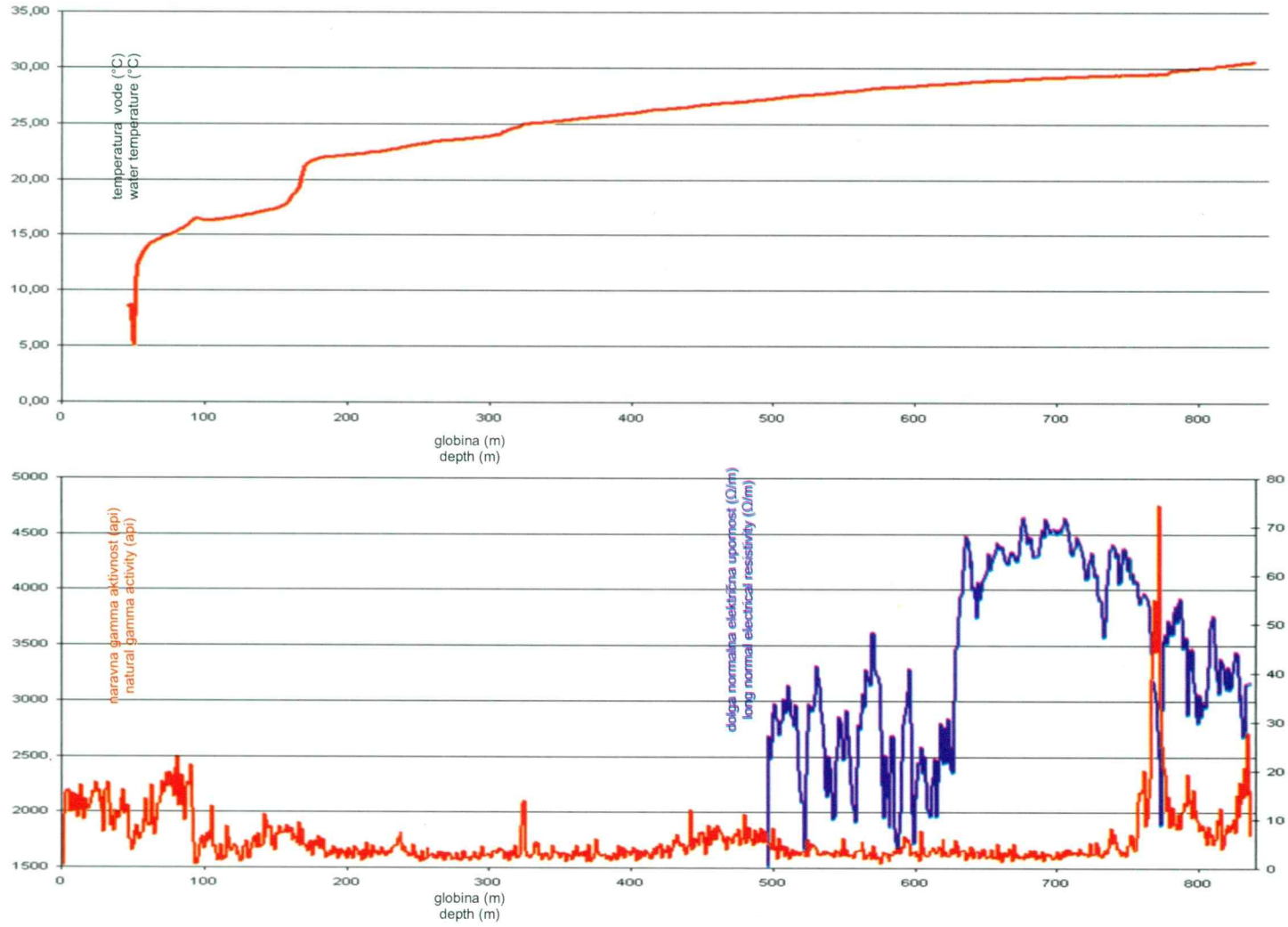
Litološki stolpec in naravna gama aktivnost kamnin sta prikazana na sliki 5. Meritev temperature, naravna gama aktivnost in dolga normalna el. upornost so prikazani na sliki 6.

Meritve temperature in električne upornosti vode v mirujočem stanju in med črpanjem so pokazale, da je glavni dotok termalne vode v vrtino, kjer lijak slepe cevovte 3. tehnične cevi nalega na 2. tehnično cev v globini 168 m. Temperatura vode na tej globini je okoli 23 °C. Glede na tehnično opremo vrtnice (razpored tehničnih cevovtev in cementacije) predvidevamo, da prihaja termalna voda iz odseka vrtnice med 230 in 280 m.

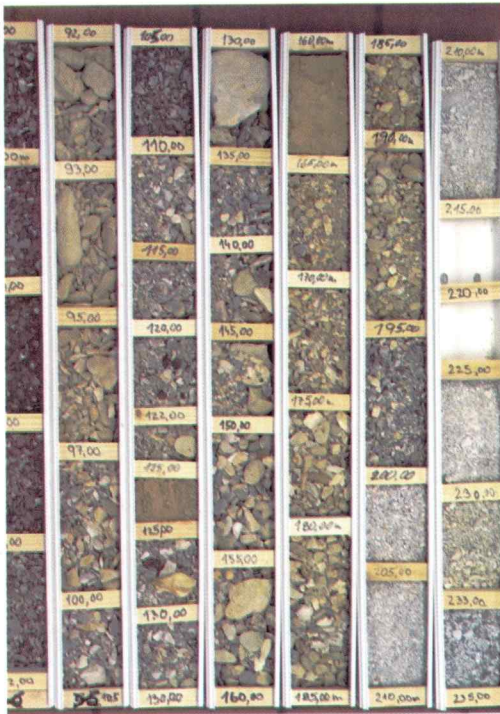


Sl. 5. Geološki stolpec vrtnice MET-1/04 in vrednosti naravne gama aktivnosti (GR).

Fig. 5. Geological column of borehole MET-1/04 and values of natural gamma activity (GR).



Sl. 6. Dolga normalna električna upornost (LrN) in temperatura vode (TEMP) v vrtni MET-1/04.
Fig. 6. Long normal electrical resistivity (LrN), natural gamma activity (GR) and water temperature (TEMP) in borehole MET-1/04.

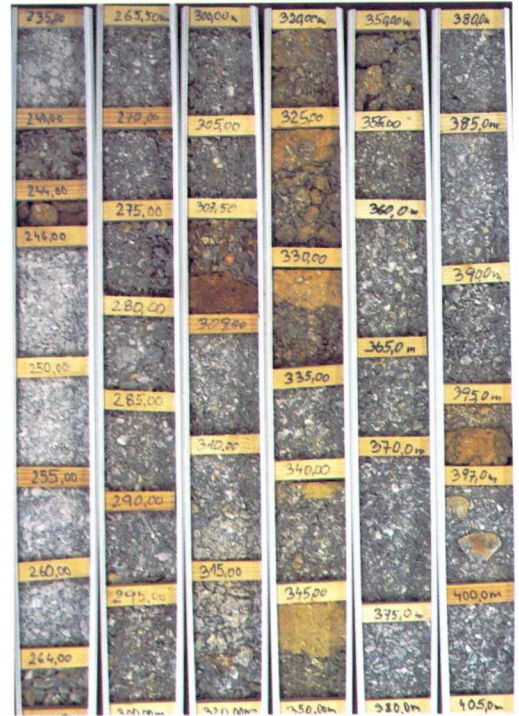


Sl. 7. Drobeci izvrtanine iz vrtine MET-1/04 (od 92 do 235 m).

Fig. 7. Fragments of the core from borehole MET-1/04 (from 92 to 235 m).

Meritev naravne gamma aktivnosti (GR) je pokazala litološko sestavo kamnin. Zelo dobro je zaznala litološko mejo med zgornjekredno flišno serijo, sestavljeno iz drobnozrnatega apnenčevega peščenjaka in laporovca ter bazalnega dela flišne serije, kjer prevladujejo bolj grobe frakcije (od apnenčevega peščenjaka do breče z velikimi bloki apnenca in kavernami), na globini 92 m. Iz krivulje GR je razvidna tudi meja med bazalnim delom zgornjekrednega fliša in spodnjekrednim apnencem na globini 182,5 m, vendar je ta razlika minimalna. Iz krivulje so razvidne tudi posamezne zaglinjene cone (verjetno pretrte ali zakrasele cone z glino) na globinah 240 m, 320 m in 440 m. Malenkost povišan naravni gama na odseku med 440 in 500 metri pripisujemo učinku cementiranega dela 3. tehnične zaščitne cevi.

Na odseku med 760. in 780. m je najizrazitejši odklon GR, ki pa se pri makroskopskem in mikroskopskem pregledu drobcev navrtanine ne opazi (sl. 7, 8, 9). Pripisujemo ga nastopanju večjega deleža bituminozne

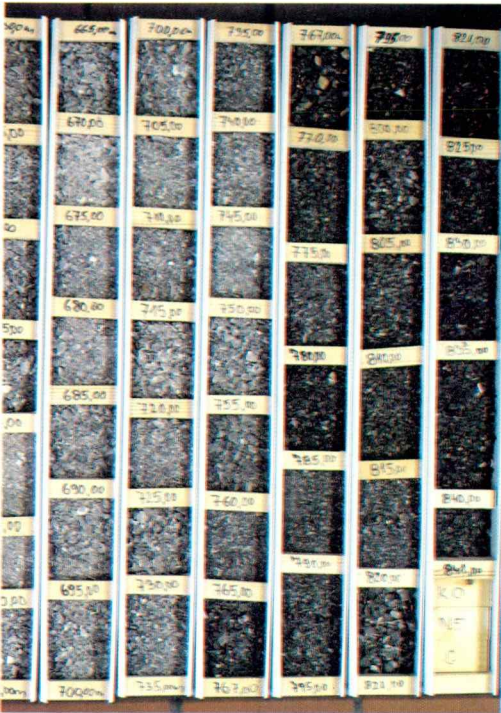


Sl. 8. Drobeci izvrtanine iz vrtine MET-1/04 (od 235 do 405 m).

Fig. 8. Fragments of the core from borehole MET-1/04 (from 235 to 405 m).

snovi v apnencu. Od globine 755 m se v drobcih vidi postopen prehod iz sivga v temnosiv do črn apnenc domnevno spodnjemalmske starosti, kar je tudi dokaz večje prisotnosti organske snovi. Od te globine, do končne globine 841 m, je naravni gama malenkostno povečan.

Električna sonda je bila izmerjena le v odprtem delu vrtine od 500 do 839 m. Po makroskopskem pregledu smo na tem odseku ločili le dve litološki enoti, naravni gama pa je prikazal tudi tretjo litološko enoto - bituminozni apnenc. Električna sonda je pokazala, da lahko govorimo o petih, med seboj različnih geoelektričnih paketih: med 500 in 595 m nastopa plast, kjer se upornost hitro spreminja. Dolga normalna upornost je relativno nizka, lastni potencial postopoma narašča in se prav tako spreminja dokaj hitro. Od globine 595 do 640 m nastopa plast s konstantnimi geoelektričnimi lastnostmi (relativno visok lastni potencial in nizka upornost). Pod to plastjo nastopa do globine 760 m paket kamnin izrazito homogenih la-



Sl. 9. Drobcji izvrtanine iz vrtine MET-1/04 (od 665 do 841 m).

Fig. 9. Fragments of the core from borehole MET-1/04 (from 665 to 841 m).

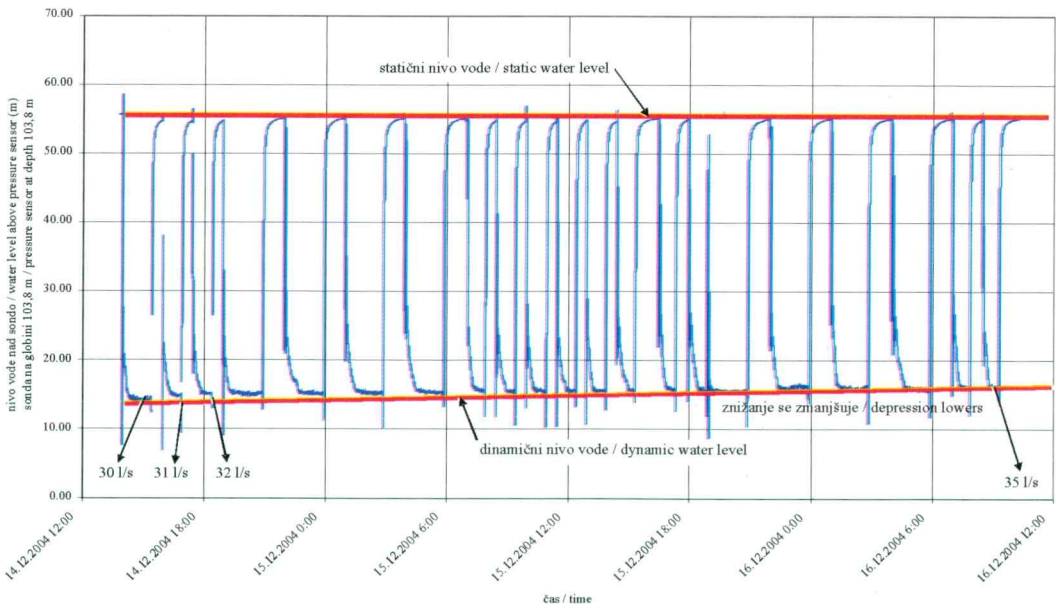
stnosti z visoko upornostjo. Najverjetneje gre za paket masivnega, kompaktnega apnenca. Pod njo je vidna izrazita plast bituminoznega apnenca na odseku med 760 in 780 metri. Pod to plastjo do končne globine nastopa ponovno apnenec z višjo upornostjo.

Aktivacija vrtine

Aktivacija vrtine s centralnim air - liftom (črpanje z zrakom) je potekala s prekinitvijo med 14. in 21. 12. 2004. Aktiviranje je potekalo v intervalih črpanja, ki so trajali od ene do dveh ur, s presledki v trajanju od pol do ene ure. Intervalno črpanje je povzročalo hidravlične sunke, ki so izpirali materiala iz razpok. Dne 14. 12. 2004 je iz vrtine pri aktivaciji iztekalo 30 l/s vode, dne 16. 12. 2004 pa že 35 l/s vode. Istočasno se je zmanjšala tudi od črpanja povzročena depresija, in sicer s 43 na 41 m. Črpalna količina je ostala do konca aktivacije približno enaka (35 l/s).

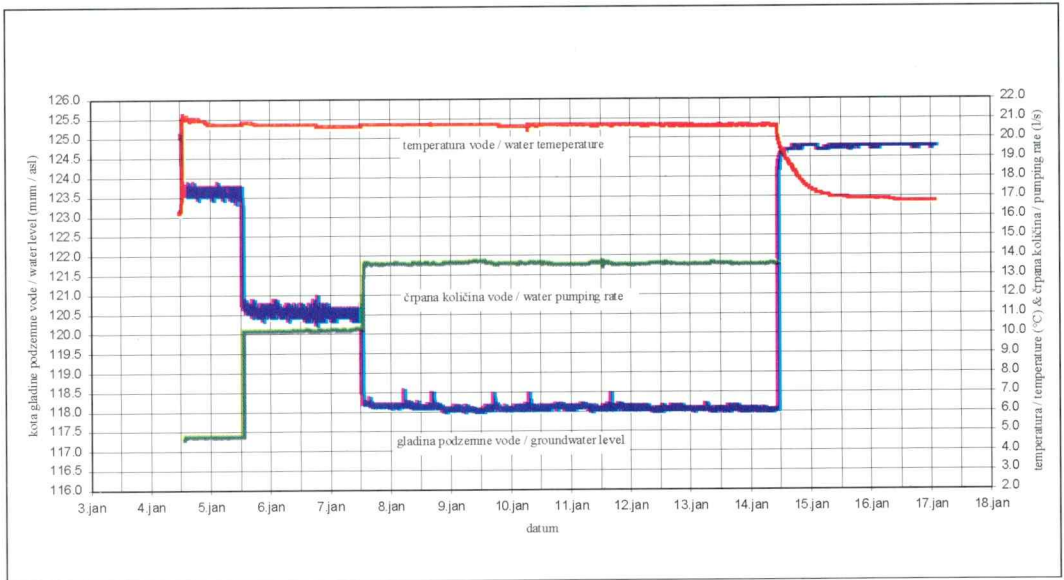
Črpalni preizkus

Črpalni preizkus za določitev izdatnosti vrtine in dimenzionirane potrebne črpalke v trajanju 10 dni se je odvijal med 4. in 14. 1.



Sl. 10. Diagram aktivacije.

Fig. 10. Well activation curve.



Sl. 11. Potek črpalnega preizkusa.

Fig.11. Pumping test course.

2005. V prvem delu se je izvedel stopenjski test s količinami 3, 6 in 13 l/s, nato pa smo do konca preizkusa črpali 13 l/s pri znižanju gladine podzemne vode 7 m. Temperatura iztekajoče vode se je ustalila na 20,5 °C, električna prevodnost pa med 507 in 515 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Med vrtnjem, aktivacijo in črpalnim preizkusom je bilo izdelanih šest kemijskih analiz vode. Voda je Ca-Mg-HCO₃-SO₄ tipa, kar je v Sloveniji zelo redko. Nizka vsebnost nitrata izključuje antropogen vpliv. Odsotnost železa, mangana, nitritov in žveplovodika izključuje redukcijsko okolje. Voda je stabilne kemijske sestave z indeksi nasičenja glavnih specij okoli 0. V spodnji tabeli je podana kemična analiza vode z dne 7. 1. 2005; vzorec je bil odvzet med črpalnim preizkusom.

Razločevanje izvora voda s pomočjo kremenovega in Na-K-Ca geotermometra kaže, da je podzemna voda zajeta v vrtini MET-1/

04 zelo podobna vodi, ki izvira v toplicah Lešče pri Generalskem Stolu na Hrvaškem, in se značilno razlikuje od segrelih subtermalnih izvirov s temperaturo 17 do 18 °C v Krajskem parku Lahinja (Poljak et al., 2004).

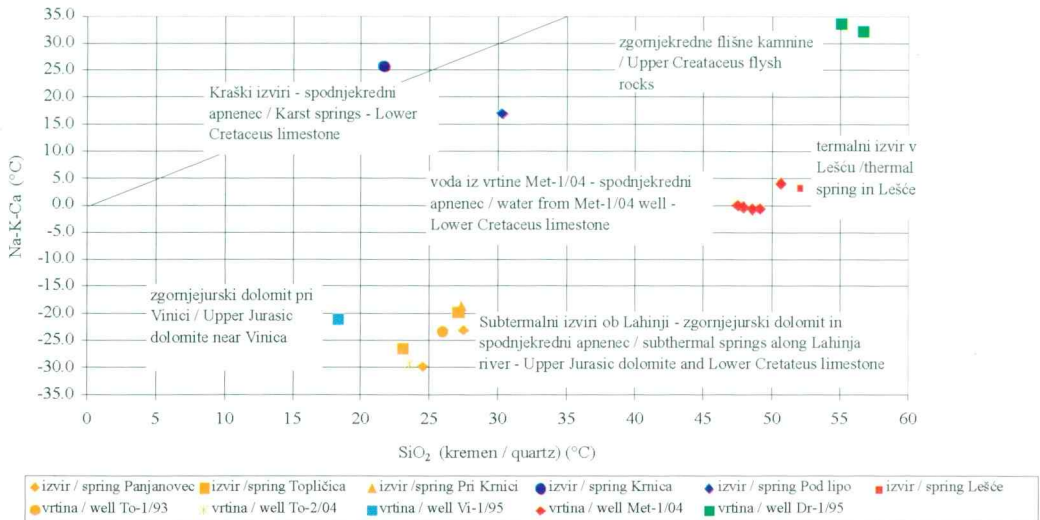
SEDIMENTOLOŠKA IN PALEONTOLOŠKA ANALIZA JEDRA VRTINE

Vrtina MET-1/04 je bila sistematično vzorčevana in sicer tako, da so bili pobirani drobci navrtanine na vsakih 5 metrov napredovanja (sl. 7-9). Ti so bili analizirani makroskopsko v laboratoriju. Iz drobcev so bili približno v 10 metrskih intervalih in sicer od globini 200 m nižje izdelani tudi zbruski. Te smo analizirali mikroskopsko glede na litološke in paleontološke značilnosti kamnine.

Tabela 2. Osnovne kemijske lastnosti vode iz vrtine MET-1/04.

Table 2. Elementary chemical properties of water from Met-1/04 well.

| El. | | | | | | | | | | | | | | | SI | SI | SI | SI | | |
|-----|-------------------------|-------------|--------|------|------|------|------|------|-------|--------|-----------------|------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|--------|----------|---------|--------|
| SI | Prevodnost | Temperatura | Pretok | pH | Na | K | Ca | Mg | Fe | Mn | NH ₄ | Cl | HCO ₃ | NO ₃ | SO ₄ | SiO ₂ | kalcit | kalcedon | dolomit | kremen |
| | $\mu\text{S}/\text{cm}$ | °C | l/s | | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | | | | |
| | 510 | 20.6 | 10.3 | 7.17 | 5.1 | 1.6 | 77.7 | 20.9 | <0.02 | 0.0055 | <0.02 | 1.38 | 255 | 1.34 | 72.3 | 13.2 | -0.08 | -0.05 | -0.45 | 0.39 |



Sl. 12 Razločevanje voda različne kemijske sestave s pomočjo geotermometrov.

Fig. 12. Discrimination of water with different chemical composition by the use of geothermometers.

Makroskopsko ločimo v stolpcu vrtine dva osnovna litostratigrafska tipa kamnin (sl.5). Zgornji del do globine 182,5 m pripada zgornji kredi. V njem se menjavajo lapor, kalkarenit in karbonatna breča. V zgornjem delu tega odseka, do globine 92,5 metrov, prevladuje menjavanje laporja in kalkarenita, kar je bilo jasno opaženo tudi na geoelektričnih profilih (Car, 2003), v spodnjem delu do globine 195 m pa prevladujejo karbonatne breče z redkimi drobcami laporja in kalkarenita. Spodnji del stolpca od globine 182,5 do 841 metrov predstavljajo različni tipi apnenecv (sl. 7-9), ki smo jih na podlagi makroskopske analize imeli prvotno za zgornjehurske. Vendar je paleontološka analiza zbruskov pokazala, da je globinski odsek od 182,5 do 275 metrov še vedno kredne starosti. Pripada ali bazalni breči ali pa večjemu tektonskemu bloku. Navzdol do globine 475 metrov sledi razpokan apnenec zgornjehurske starosti. Drobcami rdeče glin kažejo, da je apnenec zakrasel. Do dna vrtine je apnenec kompakten. Na globini 765 metrov spremeni barvo iz svetlosive v temnosivo. Mejo med zakraselim in masivnim apnenecem je zaznalo tudi geoelektrično sondiranje (Car, 2003). V nadaljevanju podajamo podrobnejši opis vzorcev, glavne značilnosti kamnin skupaj z njihovo fosilno vsebino pa so prikazane na stratigrafskem stolpcu vrtine (sl. 5).

Litostratigrafski stolpec:

- 0 - 5 m Rjava in rdeča peščena ilovica; preperina karbonatnega fliša.
- 5 - 92,5 m Drobcami peščenega laporja in litoklastov s karbonatnimi različiki kot so kalciruditi in kalkareniti. Po podatkih lista Črnomelj OGK SFRJ 1:100.000 (Bukovac et al., 1985) so bili v litoklastih zgornjekredne flišne skladovnice določeni fosili razpona zgornji malm - cenomani, v laporjih, torej v sinsedimentni kamnini pa fosili razpona zgornji kampanij-spodnji mastrichtij.
- 92,5 - 182,5 m Prevladujejo drobcami različnih tipov apnenecv. Na globini 180 metrov smo opredelili posamezne litoklaste kot peletno-peloidne grainstone, ki vsebujejo drobne foraminifere širokega stratigrafskega razpona še vedno so prisotni drobcami karbonatnih peščenjakov iz flišne serije.
- 182,5 - 275 m Na globini 200 metrov je izrazita tektonska breča, navzdol pa sledijo drobcami različnih tipov apnenca, predvsem tipa packstona-grainstone. Na globini 235 m je določeno peletno-peloidni grainstone z nekaj foraminiferami iz rodu *Nezzatinella* sp. Na 240 m je peletno-peloidni packstone s prerezom foraminifere *Palorbitolina lenticularis* ter s foraminiferami *Sabaudia minuta*, *Cuneolina* sp. *Vercosella scarsellai* in *Vercosella laurentii*. Prisotne so še miliolide, tekstularije, srtomatopore in alge. Fragmenti orbitolinid so najdeni tudi v

- drobcih apnenca (packstone/grainstone) na globini 260 m. Nekateri drobcji izvrtanine kažejo tudi izsušitvene pore, v vzorcu iz globine 290 m pa je precej ehinodermov. Ti apnenci pripadajo višjemu delu spodnje krede (barremij-albij) a samo *Palorbitolina lenticularis* označuje spodnji aptij.
- 275 - 475 m Prigrebenski tip apnenca, prevladuje tip rudstone. V prigrebenski brečah je pogosto rjavo-rdeče vezivo, ki po vsej verjetnosti pripada fosilni rdeči boksitni zemlji. V preparatu iz globine 275 metrov so že fosili domnevno malmske starosti in sicer stromatoporida in turbifitesi (*Tubiphytes morronensis*). Na globini 305 metrov je presek alge iz rodu *Epimastopora*, na globini 315 m pa so vodilni malmski fosili in sicer *Tubiphytes morronensis*, *Macroporella pygmaea* in *Linoporella* sp.. Zanimiv je zbrusek z globine 425 metrov, ki vsebuje rekristalizirane troholine, en presek foraminifere *Nautiloculina* sp. in *Protopenoplis* sp. Ti fosili nakazujejo že nižji del malma (sp. malm) ali celo dogger, vendar ne zanesljivo.
- 475 - 765 m Prigrebenski apnenec različnih tipov (wackestone, packstone, grainstone, rudstone). Gre za prigrebenski detritus, ki je odlomljen od grebena ter sedimentiran in cementiran na predgrebenskem pobočju. Pogosti so grebenotvorni organizmi, kot stromatopore, koralice in iglokožci.
- 765 - 841 m Temnosiv apnenec istih litoloških značilnosti kot zgornji interval. Sprememba je samo v barvi. V zbrusku iz globine 770 metrov je negotov prerez foraminifere iz rodu *Protopenoplis*, kar govori o možni spodnjemalmski starosti kamnine. V zbrusku iz globine 795 metrov pa so vidne koralinaceje (npr. *Archaeolithothamnium* ali *Sporolithon*), kakršne se pojavljajo v celotnem malmu. Zbrusek iz globini 830 metrov vsebuje odlomke iglokožcev, med katerimi je zanimiva planktonska vrsta *Saccocoma* sp. Zbrusek iz globini 841 metrov pa vsebuje fragmente alge iz rodu *Clypeima* ali bolj verjetno *Actinoporella*. Starost intervala ni mogoče natančno določiti, zagotovo je malmska, možno pa tudi spodnjemalmska.

REKONSTRUKCIJA GEOLOŠKE ZGRADBE OZEMLJA PO PODATKIH VRTINE MET-1/04

Vrtina MET-1/04 je omogočila natančen vpogled v pod površje terena in sicer do globine 841. metra. Ponudila pa je tudi več možnih

interpretacij. Na podlagi pridobljenih podatkov in ob upoštevanju podatkov iz ostalih vrtin ter tudi rezultatov geoloških in geofizikalnih raziskav, smo izdelali dve osnovni varianti geološke, točneje strukturno-tektonske zgradbe ozemlja (Sl. 2). Obe varianti sta možni in s skoraj enako stopnjo verjetnosti. Zavedamo pa se tudi, da se dejansko stanje lahko razlikuje od obeh ponujenih variant.

1. varianta (profil A-B)

Po prvi varianti (sl. 2) predpostavljamo naravno oziroma pokrovno zgradbo ozemlja. V čelu glavnega nariva Zunanjih Dinaridov so triasno-liasni dolomiti in apnenci. Ti gradijo teme velike prevrnjene antiklinale, ki je narinjena proti jugozahodu verjetno po razpokah in prelomih, ki so se razvili iz klivaža aksialne ravnine. Tektonski kontakt z malmskim grebenskim apnencem na vzhodu predstavlja potemtakem normalni prelom. Položni nariv, ki je ugotovljen v vrtini L-1/89 se nadaljuje proti vzhodu in ga najdemo v vrtini TF-2/89. Vrtina je locirana namreč v malmskem apnencu, prevrtala je kredne apnenice in ponovno prišla v malmske (Novak & Bizjak, 1988). Kredni apnenci predstavljajo potemtakem odtrgani tektonski blok v talnini glavnega nariva. Položna narivna ploskev se nadaljuje naprej proti vzhodu in omejuje kredne apnenice v globinskem intervalu od 200 do 300 metrov v vrtini MET-1/04. Ti predstavljajo tako podoben tektonski blok krednih apnencev kot v vrtini TF-2/89, tektonska breča pa omogoča dotok vode v istem globinskem intervalu. Glavni nariv Zunanjih Dinaridov povije verjetno v globino in domnevno omejuje grebenske malmske apnenice Notranjih Dinaridov od lagunskih apnencev Zunanjih Dinaridov.

Tej strukturni interpretaciji ozemlja govori v prid položaj tektonskih blokov spodnjekrednih apnencev v čelu glavnega nariva Zunanjih Dinaridov na liniji Metlika-Suhor-Jugorje (Profil B-C). Podobno pokrovno zgradbo ozemlja so predpostavili tudi J. Bukovac in sodelavci (1984) na sosednjem hrvaškem območju med Dobro in Korano (tektonsko okno Cerovec), kjer leži spodnjekredni apnenec kot tektonsko podlaga pod malmskim grebenskim apnencem. Podoben primer opisujeta tudi M. Herak in J.

Bukovac (1998) v osrednjem delu Gorjancev (vas Duralije), kjer izdajajo liasni apneneci skupaj z zgornjekrednim flišem kot tektonsko okno izpod zgornjetriasnih dolomitov.

2. varianta (profil A'-B')

V drugi varianti (sl. 2) smo interpretirali del terena vzhodno od prelomnega kontakta triasno-liasnih kamnin z malmskimi kot avtohton, kjer so različne litostratigrafske enote v normalnem superpozicijskem položaju. Tako lahko predstavljajo kredni apneneci v vrtini TF-2/84 velik olistolitni blok v bazi transgresijskih zgornjekrednih turbiditov. Večina izdankov malmskih apnencev, ki gradijo ta teren, pa so potemtakem prav tako olistolitni bloki v bazi zgornjekrednih plasti.

Opisana bazalna serija je v tem primeru debelejša kot v prejšnji varianti in v vrtini MET-1/04 dosega 200 metrov. Točneje, spodnjekredni apneneci ležijo normalno kot olistolitni bloki nad malmskim apnencem, ki je zanesljivo ugotovljen šele v globini 315 metrov. Glavni nariv Zunanjsih Dinaridov domnevno povija, tako kot v prvem primeru, v globino in ga vrtina MET-1/04 ni dosegla. Kavernozi malmski apneneci, zapolnjeni z glino na globini 200 do 300 metrov, v katerem so dotoki podzemne vode pa ne predstavljajo tektonske, ampak sedimentne breče. Zanimivo je, da so geoelektrične raziskave (Car, 2003) pokazale nizke električne upornosti kamnine do globine 500 m, kar je verjetno odraz globoko zakraselega paleoreliefa malmskega apnenca.

Navedeni strukturni varianti govori v prid podobna zgradba baze transgresijskih zgornjekrednih sedimentov pri Ozlju na Hrvaškem, kjer omenjajo J. Bukovac in sodelavci (1984) velike olistolitne bloke spodnjekrednih apnencev v zgornjekredni flišni skladovnici.

ZAKLJUČKI

V letu 2004 je bila pri Božakovem pri Metliki izvrtana 841 m globoka raziskovalno-kaptažna vrtina MET-1/04. Vrtina je prevrtala zgornjekredne flišne kamnine (apnenčeva breča, peščenjak in meljevec ter

laporovec) do globine 182,5 m, od te globine pa do dna vrtnice na nastopa litološko dokaj homogena skladovnica spodnjekrednih (barremijsko-aptijskih) in zgornjejurskih (malmskih) apnencev. Spodnjekredni apneneci predstavljajo po eni varianti tektonski blok v bazi nariva Notranjih Dinaridov na Zunanje, po drugi pa mega olistolitni blok v bazi transgresijske zgornjekredne flišne serije.

V vrtini sta bili ugotovljeni dve vodonosni plasti in sicer v spodnjem delu flišne serije (od 92.5 do 184 m) ter v vrhnjem delu spodnjekrednih in zgornjejurskih apnencev (220 do 355 m). Zgornja vodonosna plast ima kraško – razpoklinske lastnosti; voda nastopa v kavernah, ki so delno zapolnjene z glino, tako da je slabše kvalitete. S cementiranjem smo to vodo ločili od spodnje vodonosne plasti, ki ima razpoklinske lastnosti. Dotok vode v vrtino je omogočen skozi medprostor med tehničnima kolonama na globini 168 m. Podzemna voda izteka iz odseka vrtnice med 240. in 355. metrom. Dotoki vode v globini med 500. in 841. m so minimalni. Izkazalo se je, da kontrast, ki je bil zaznan na vseh izmerjenih geoelektričnih sondah (t.i. $\frac{3}{4}$ perni horizont) in, ki smo ga predhodno opredelili za kontakt apnenec/dolomit, predstavlja razliko v električni upornosti pretrtih in zakraselih apnencev in popolnoma kompaktnih apnencev pod tem horizontom.

Med aktivacijo vrtnice MET-1/04 je iz vrtnice iztekalo konstantno do 35 l/s vode s temperaturo 20.6 °C in znižanjem gladine podzemne vode za 40.8 m. Med črpanjem je iztekalo maksimalno 13.6 l/s vode s temperaturo 20.1 °C in znižanjem gladine podzemne vode za 7 m. Pričakujemo, da je mogoče iz vrtnice MET-1/04 črpati do 25 l/s vode s temperaturo 20 °C in znižanjem gladine podzemne vode za 25 do 30 m. Večji del vode se bo po odvzemu toplote na toplotni črpalki odvajal v javni vodovod, manjši del pa se bo segreval predvidoma na višji toplotni nivo in uporabljal v turistične namene.

Poleg aplikativne vrednosti podatkov, pridobljenih z vrtino, nam le-ti pomagajo tudi pri razumevanju zapletene geološke zgradbe okolice Metlike, območja med Zunanjsimi in Notranjsimi Dinaridi. Globinska zgradba, ugotovljena ali predpostavljena v vrtini MET-1/04, kaže tudi na potrebo po ponovni bolj podrobni površinski geološki raziskavi danega terena.

Zahvala

Zahvaljujemo se občini Metlika, ki je financirala izvedbo raziskav in Ministrstvu za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo, ki je raziskave podprla v okviru aplikativnega raziskovalnega projekta Geotermalna energija (L2-3413-0215-01) ter programa Sedi-mentologija in mineralne surovine (P1-0025-0215).

Literatura

Objavljena dela:

- Bukovac, J., Šušnjar, M., Poljak, M. & Čakalo, M. 1984: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list Črnomelj. – Savezni geološki zavod, Beograd.
- Bukovac, J., Šušnjar, M., Poljak, M. & Čakalo, M. 1984: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, tumač za list Črnomelj. – Savezni geološki zavod, Beograd, 63 str.
- Herak, M. 1986: Nova koncepcija, geotektonika Dinarida. – *Acta Geol. JAZU*, 16/1, 1-42, Zagreb.
- Herak, M. & Bukovac, J. 1988: Tektonsko okno Duralije u Žumberku. – *Geol. vjesnik*, 14, 231-236, Zagreb.
- Nikler, L. 1978: Stratigrafski položaj grebenskog facies malma u sjeverozapadnim djelovima Dinarida. – *Geol. vjesnik*, 30/1, 137-150, Zagreb.
- Orehek, S. & Ogorelec, B. 1981: Korelacija mikrofacijskih in geohemijskih osobina jurskih i krednih stena južne karbonatne platforme Slovenije. – Glas. republ. zavoda zašt. Prirode – prirodnjačkog muzeja, 14, 161-181, Titograd.
- Pleničar, M., Premru, U. & Herak, M. 1976: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Novo mesto. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Pleničar, M., & Premru, U. 1977: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, tolmač za list Novo mesto. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Prtoljan, B. 2001: Relationship of thrust – fold and horizontal mechanism of the Mt. Žumberak part of the Sava nappe in the northwestern Dinarides, West Croatia. – *Acta Geol. Hungarica*, 44/1, 67-80, Budapest.
- Turnšek, D. 1966: Zgornjehurska hidrozojska favna iz južne Slovenije. – *Razprave IV. razr. SAZU*, XIX, 337-428, Ljubljana.
- Neobjavljena dela - interna poročila Geološkega zavoda Slovenije
- Bizjak, M. 1989: Hidrogeološke raziskave Bele Krajine, IV. faza. 6 str., 15 prilog.
- Car, M. 2003: Geofizikalne preiskave pri Metliki. – Geoinženiring d.o.o., Ljubljana, 12 str., 4 priloge.
- Drobne, F. 1992: Hidrogeološke raziskave Bele Krajine (1986 – 1991) Zvezek 5. (V. in VI. faza) Hidrogeološke raziskave na območju občine Metlika. 16 str., 13 prilog.
- Drobne, F., Mali, N., Nosan, A., Hoetzel, M., Herič, J. & Praprotnik, B. 1993: Hidrogeološke raziskave vodnih virov za vodooskrbo Bele Krajine, 61 str.
- Drobne, F. 1994: Hidrogeološke raziskave vodnih virov za vodooskrbo Bele Krajine. Poročilo za leto 1993. 75 str.
- Drobne, F., Brenčič, M. & Hoetzel, M. 1994: Kratko poročilo o izvedbi črpalnega preizkusa na vrtni Rd-1/93 (Radovica) z rezultati preiskave kvalitete podzemne vode, 15 str., 1 prilog.
- Drobne, F., Brenčič, M., Hoetzel, M., Herič, J., Strojjan, M. & Praprotnik, B. 1995: Letno poročilo o izvedbi hidrogeoloških raziskav raziskovalne naloge Hidrogeološke raziskave vodnih virov za vodooskrbo Bele Krajine, 53 str.
- Drobne, F., Hoetzel, M. & Strojjan, M. 1996: Poročilo o izvedenih hidrogeoloških raziskavah v dolini Babinskega potoka, NE od Drašičev, z izdelavo raziskovalno kaptažne vrtnice z oceno izdatnosti ter kvalitete podzemne vode iz vrtnice DR-1/95, 18 str.
- Lapanje, A., Hoetzel, M. & Prestor, J. 1999: Studija o kapacitetah vodnih virov in kvaliteti vode za potrebe preskrbe s pitno vodo na območju Bele Krajine (ozemlje med Drašiči – Krmačina – Hrvaška meja), 4 str., 11 prilog.
- Lapanje, A., Rajver, D., Hoetzel, M., Matoz, T., Marinko, M. & Poljak, M. 2004: Poročilo o izvedbi raziskovalno-kaptažne vrtnice MET-1/04.
- Novak, D. 1986: Študija vodnih virov v občini Metlika 4. Hidrogeološke razmere v zaledju Metliškega Obrha. 22 str., 13 prilog.
- Novak, D. 1989: Hidrogeološke raziskave Bele Krajine III. faza, 13 str., 22 prilog.
- Novak, D., Bizjak, M. & Poljak, M. 1987: Študija regionalne dolgoročne oskrbe z vodo Bele Krajine do leta 2050, I/1986, 66 str., 27 prilog.
- Novak, D. & Bizjak, M. 1987: Hidrogeološke raziskave Bele Krajine, II. faza. 5 str., 7 prilog.
- Novak, D. & Bizjak, M. 1988: Hidrogeološke raziskave Bele Krajine, II. faza. Dopolnilno poročilo. 7 str., 13 prilog.
- Novak, D. & Bizjak, M. 1992: Hidrogeološke raziskave v Beli Krajini (1986 – 1989). Zvezek 3. Faza: I – IV, Raziskovalni poligoni: Iskra – Semič, ozemlje ob Sušici pod Krvavečjim vrhom, Špitalska draga, Tri Fare, Doljani, Lokvica – Metlika. 64 str., 23 prilog.
- Orehek, S., Ogorelec, B. & Šribar, L. 1980: Mezozoik v Sloveniji, Mikrofacies karbinatnih kamnin na Dolenjskem 6.faza.
- Petauer, D. 1992: Hidrogeološke raziskave vodnih virov za vodooskrbo Bele Krajine. Raziskave v letu 1991 na območju občine Metlika. 8 str., 13 prilog.
- Poljak, M. 2003: Geološka zgradba širšega območja Metlike, 8 str., 2 prilogi.
- Poljak, M., Lapanje, A. & Rajver, D. 2004: Geološke, hidrogeološke in geotermalne raziskave na območju Krajinskega parka Lahinja v občini Črnomelj, 1. faza, 47 str., 8 pril.