

ИВАНА ЦАРЕВИЋ*
ВЕЛИМИР ЈОВАНОВИЋ

СТРАТИГРАФСКО-ТЕКТОНСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ МАЧВАНСКОГ БАСЕНА

Извод: У раду је извршена анализа стратиграфско-тектонских карактеристика басена Мачве на основу података који су добијени дубоким истражним бушењем рађеним за потребе пројекта хидрогеотермалних истраживања у циљу утврђивања резерви геотермалне енергије Мачве. Спроведено је истраживање чији је циљ био утврђивање односа између терцијара и његове тријаске подлоге (ладински и карнијски кат) при чему је добијена доста реална слика о изгледу палеорељефа (подлога терцијарних седимената).

Кључне речи: стратиграфско-тектонске карактеристике, палеорељеф, басен Мачве, истражно бушење, терцијар, тријас.

Географске и геоморфолошке карактеристике

Територија Мачве припада јужном ободу Панонског басена који се налази између планинских венаца Цера и Фрушке горе. То је углавном низијски појас са надморском висином од 75 до 100 m. Мањи део терена на југу чини благо заталасано побрђе са надморском висином од 100 до 135 m. Овај простор граничи се са Сремом на северу и северо-истоку, Семберијом на западу, планином Цер на југу и Поцерином на југо-истоку.

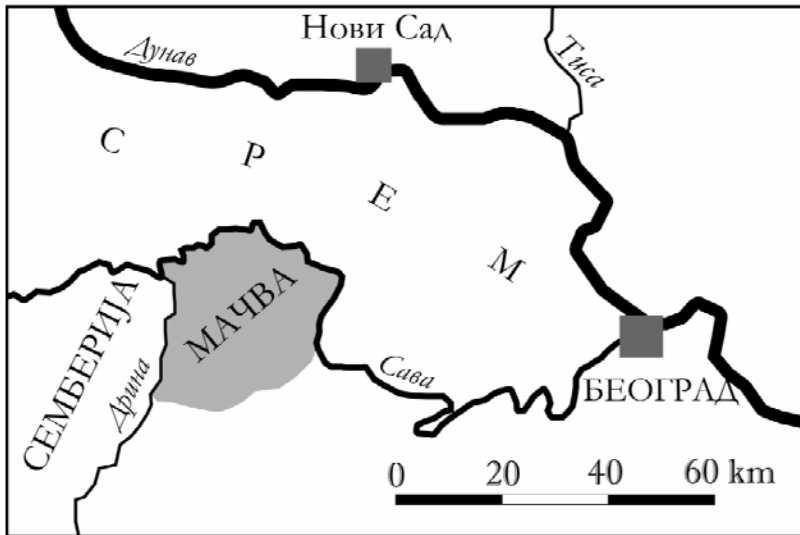
Мачва представља пољопривредни регион површине око 800 km² који се налази 80 km западно од Београда. Морфолошки посматрано, подручје истраживања чини равничарски, односно низијски појас Мачве где доминирају речне долине Дрине и Саве (Грчић, М., 1989). Динамичка еволуција ових река са њиховим притокама је дала савременом рељефу основне морфолошке и хидрогеолошке карактеристике са пространим терасним равнима (Зеремски, М., 1984) (слика 1).

Према Грчић, М., Грчић, Љ., (2002), Мачва је добро индивидуализована геоморфолошка целина. Има облик лепезасте акумулативне равнице, између савског лука и доњег тока Дрине. То је структурна, односно акумулативна зараван, макроплавина реке Дрине. Млађом ерозијом и развитком рецентних сливова Мачва се трансформисала у ерозивну флувио-денудациону површ. Најнижи део Мачве су простране алувијалне равни Саве и Дрине и њихових десних притока. То су мочварни и водолавни терени који су били плавлени приликом сваког поводња и по којима су реке развијале своје меандре (Грчић, М., 1999). Река Дрина је током геолошке прошлости мењала ток у низијском региону Мачве од истока ка западу где је

* мр Ивана Царевић, асистент, Универзитет у Београду – Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд.
др Велимир Јовановић, редовни професор, Универзитет у Београду – Географски факултет, Студентски трг 3/3, Београд.

Рад представља резултате истраживања у оквиру пројеката 146005 које финансира Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије.

формирала пространу терасну равн. Ток реке Саве има директан утицај на дренарање и плављење алувијалне равни, затим на потхрањивање мањих токова и издани који се током максималног водостаја налазе испод нивоа реке.



Слика 1. Географски положај басена Мачве

Геолошки састав басена Мачве

Подручје Мачве представља у геолошком погледу пространу депресију испуњену неогеним и квартарним седиментима која се налази на крајњем јужном ободу Панонског басена. О геолошкој грађи се може говорити само на основу података до којих се дошло плитким и дубоким истражним бушењем и хидрогеолошким истражним бушењем.

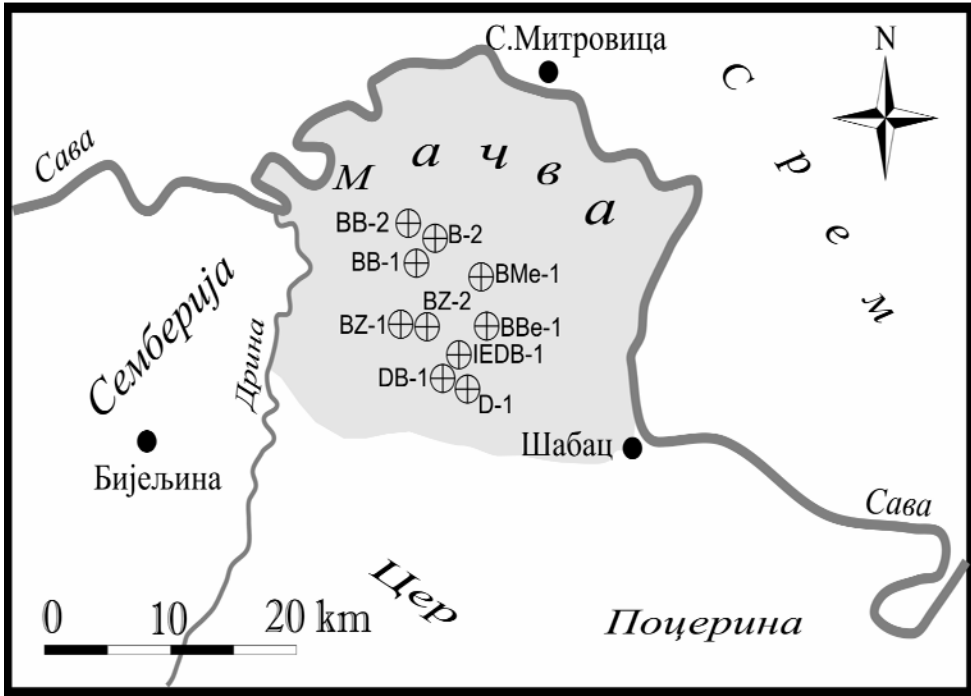
Палеозоик?

Најстарије творевине су представљене метапешчарима и метаалевролитима који су набушени у бушотини ВЗ-2 на дубини од 306-1335 m, за које се сматра да су палеозојске старости (слика 2). Настали су термометаморфизмом пешчара и алевролита услед веома јаке геотермалне активности изазване интрудовањем гранитоидне магме у неогену. Литолошки састав и начин појављивања ових творевина указује на чињеницу да се ради о флишној серији ствараној у средини где се вршила турбидитска седиментација.

Мезозоик

Територија басена Мачве је покривена алувијалним седиментима Дрине и Саве максималне дебљине до 160 m (група аутора, 1980) чија је подина представљена неогеним седиментима. То је разлог што је литолошки састав палеорељефа био непознат све до 1981. године када је израђена прва истражна бушотина у централном делу Мачве (DB-1 Дубље) са којом се ушло у подлогу неогених седимената која је изграђена од карстификованих средњотријаских кречњака (Миливојевић, М., Мартиновић, М., 2000).

Најближи изданци палеорељефа неогених седимената Мачве се налазе на јужном ободу басена на подручју планине Цер и недалеко од града Шабац где су откривени изданци тријаских карбонатних стена.



Слика 2. Локације истражних бушотина у басену Мачве

Седименти мезозојске старости откривени су истражним бушењем на више локалитета. Представљени су творевинама ладинског и карнијског ката који су у овом раду обједињени као један седиментни комплекс. То су тријаске карбонатне творевине изграђене од кречњака и доломита.

Новијим геолошким и хидрогеолошким истраживањима тријаски карбонатни седименти откривени су бушењем истражних бушотина у локалностима села Дубље, Богатић и Белотић. Ова констатација указује на могућност ширег распрострањења тријаских творевина на подручју Мачве. Треба напоменути да су ове стене најзначајније у вези са геотермалном потенцијалношћу овог терена (Мартиновић, М., Миливојевић, М., 2005).

У бушотини DB-1 у Дубљу подлога неогених седимената се налази на 207,5 m где је представљена карстификованим кречњацима средњег тријаса (ладински кат). У истражно-експлоатационом бунару IEDB-1 карстификовани кречњаци горњотријаске старости (карнијски кат) су откривени на дубини од 216-300 m, а од 300-330 m су набушени средњотријаски кречњаци. Ови масивни и банковити тамно сиви кречњаци (биоспарити) садрже релативно богату заједницу микрофлоре, микрофауне и одломке прекристалисалих ехинодермата (Миливојевић, М. и др., 1990).

У бушотини код Баира BB-1, на северној периферији Богатића, на дубини од 412-470 m утврђени су седименти горњотријаске старости представљени заглињеним кречњацима, док су доломити исте старости набушени у бушотини BBe-1 у Белотићу на дубини од 310-450 m.

Тријаски седименти су утврђени и у бушотини ВВ-2 у Богатићу на дубини од 610 m. То су бели, компактни кречњаци чија је старост предпостављена, јер није могла бити фаунистички доказана услед недостатка фосила.

Кенозоик

У оквиру кенозојских творевина издвојени су предпостављени пешчари еоцена који трансгресивно налажу преко старије подлоге и каспибракични седименти панона преко којих леже језерски плиоценски седименти.

Палеоген

Према резултатима истражног хидрогеолошког бушења најстарије творевине кенозоика припадају *еоцену* који је доказан у Метковићу (бушотина ВМе-1) где су на дубини од 500-630 m набушени слабо везани пиритисани крупнозрни пешчари и пескови еоцена.

У бушотини ВZ-1 у Богатићу на дубини од 295 m се ушло у подлогу од ситнозрних сивих компактних пешчара.

Поменути пешчари су предпостављене еоценске старости, јер се извршеним палеонтолошким анализама доказало да не садрже фаунистичке доказе. Због дискордантног односа према подини и повлати, ови седименти су сачувани само у веома уским просторима. То наводи на закључак да су настали у тектонским депресијама ограниченог пространства, изузетно редуционог карактера, на шта упућује присуство пирита и одсуство фосилног материјала.

Магматске стене

Киселе магматске стене гранитоидног састава су откривене истражним бушењем у бушотини ВZ-2 у седам интервала почевши од 287 m. Њихова старост је одређена К/Аг методом и износи 35 милиона година.

Неоген

Каспибракични седименти *панонске* старости на истраживаном подручју имају велико распрострањење. Представљени су шљунковима, песковима, глинама, конгломератима и лапоровитим седиментима. Најчешће леже трансгресивно преко творевина тријаса, ређе преко еоценских творевина.

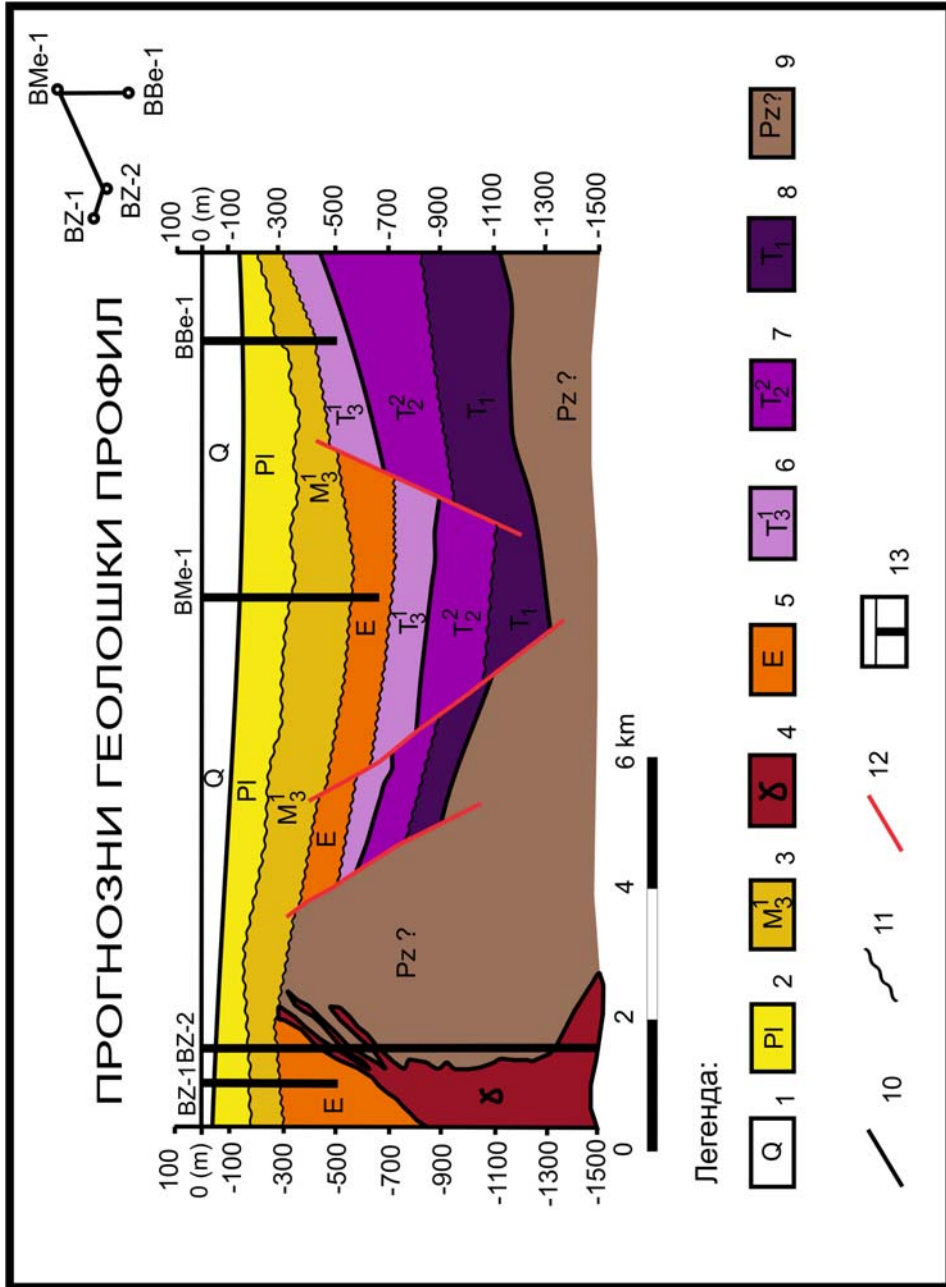
Код локалитета Дубље, бушотинама D-1 и DB-1 констатовани су у интервалу од 170-200 m. На северној периферији Богатића, бушотином ВВ-1 су набушене глиновито-песковито-шљунковите наслаге до дубине од 412 m. На источном делу терена, код локалитета Белотић, бушотином ВВе-1 констатоване су наслаге панона у језгрима интервала од 207-310 m, док су у Метковићу, бушотином ВМе-1 исте творевине утврђене на дубини од 105-495 m.

Творевине *плиоцена* су настале у подручјима која су тонула и запуњавана речним и копненим седиментима. Ова седиментна серија је бушењем констатована у басену Мачве на више локалитета где достиже дебљину до 200 m.

Квартар

Квартарне творевине покривају цело испитивано подручје. Дебљина ових наслага у појединим бушотинама достиже и преко стотинак метара.

На основу података добијених хидрогеолошким истражним бушењем у оквиру овог поглавља је урађен прогнозни геолошки профил централног дела басена (слика 3).



Слика 3. Карактеристичан регионални геолошки пресек терена подручја истраживања

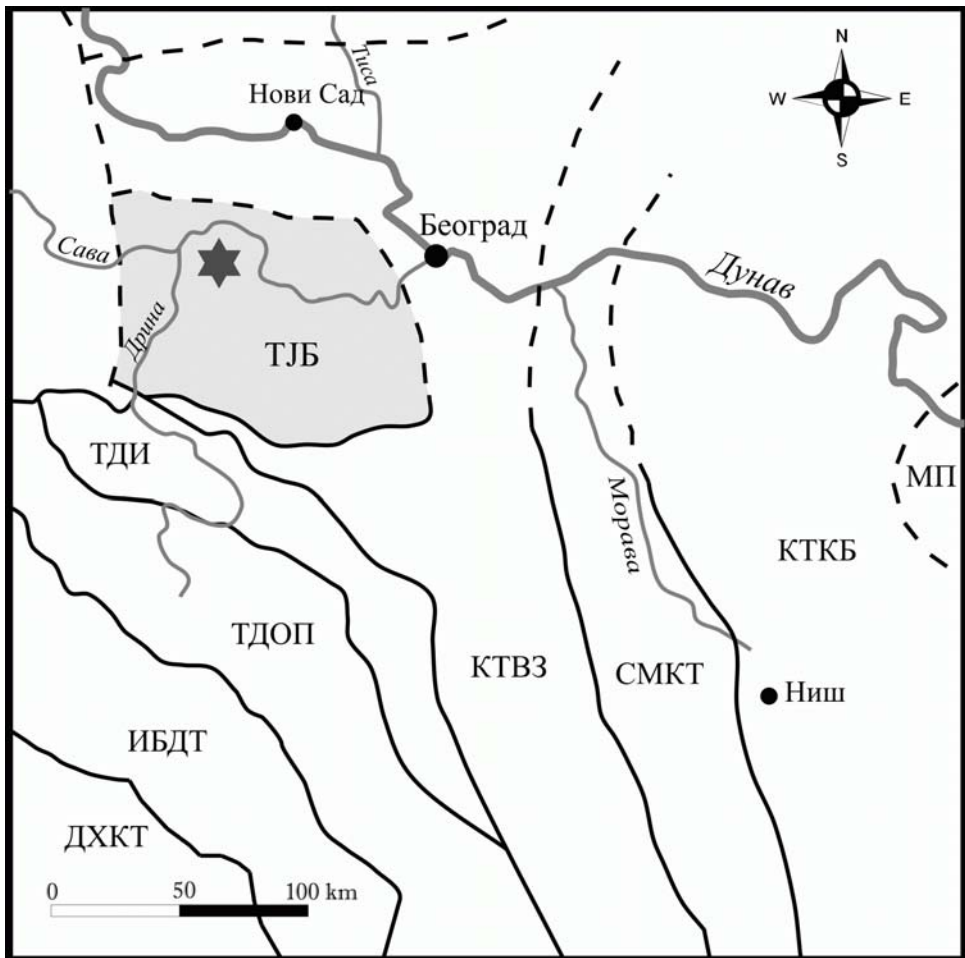
Легенда:

(1-квартарни седименти; 2-плиоценски седименти; 3-седименти панона; 4-гранитоидне стене; 5-еоценски седименти; 6-крењаци и доломити карнијског ката; 7-крењаци ладинског ката; 8-доњетријаске карбонатне стене; 9-метапешчари и метаалевролити предпостављене палеозојске старости; 10-нормална граница; 11-дискордантна граница; 12-расед; 13-изведена дубока истражна буштина)

Структурно-тектонске карактеристике

Мачвански басен са аспекта теорије тектонике плоча припада крајњем северном делу терана Јадарског блока који је докован у композитни теран Вардарске зоне током горње креде (Карамата, С., и др., 1996-97) (слика 4).

Тектонске структуре-дубински разломи и тектонски меланжи на јужној половини Јадарске тектоностратиграфске јединице јасно су геолошки изражене и знатним делом доступне директним теренским осматрањима. Међутим, на северној половини ове јединице гранични разломи и структуре су покривени дебелим неогеним наслагама, па се о њима може говорити само на основу резултата дубинских истражних бушења. Тако бушотине са аквиферима тријаских кречњака припадају Јадарском терану, а бушотине са офиолитима, северно од Саве Вардарској зони (Филиповић, И., 2005).



Слика 4. Карта терана Јадарског блока у оквиру композитних терана Србије

Легенда:

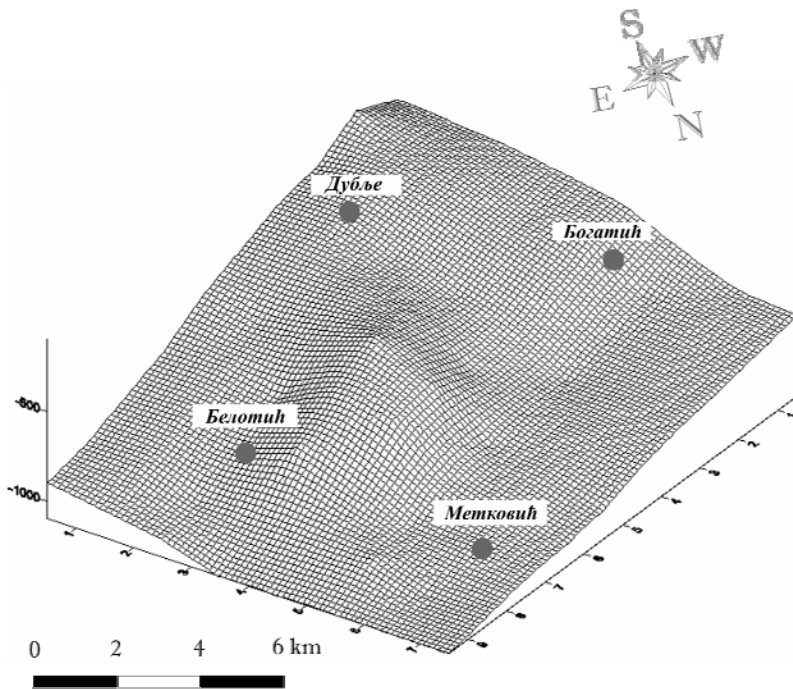
(МП-Мезијска платформа; КТКБ-композитни теран Карпато-балканида; СМКТ-Српско-македонски композитни теран; КТВЗ-композитни теран Вардарске зоне; ТЈБ-теран Јадарског блока; ТДИ-теран Дрина-Ивањица; ТДОП-теран динарског офиолитског појаса; ИБДТ-источно босанско-дурмиторски теран; ДХКТ-Далматинско-херцеговачки композитни теран)

Теран Јадарског блока је окружен композитним тераном Вардарске зоне која представља остатак некадашњег Вардарског океана који је егзистовао од почетка палеозоика до горње јуре (горње креде). Наиме, затварање источног дела Вардарског океана се одиграло током горње јуре, док је његов западни појас затворен у горњој креди (Robertson, A., и др., 2008; Миловановић, Д., и др., 1995).

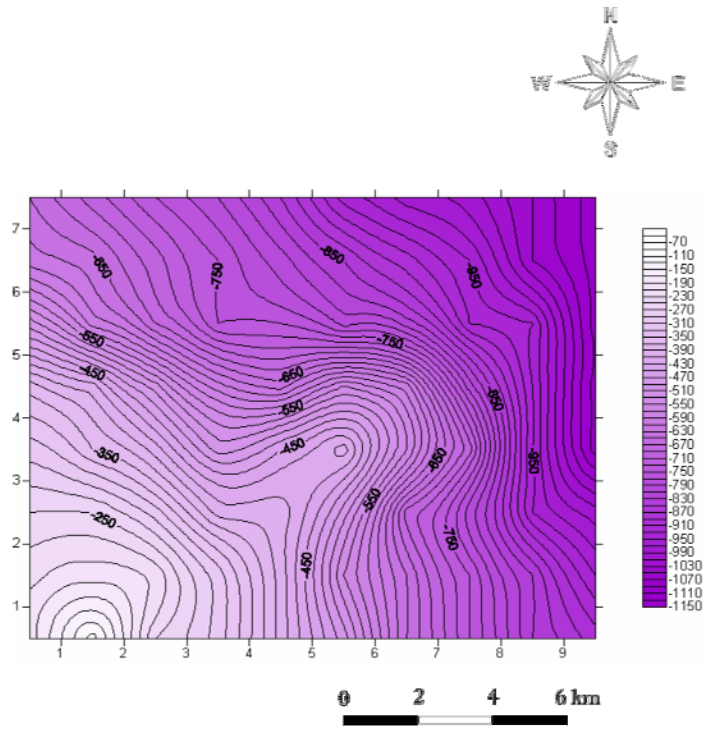
Мачвански басен припада крајњим јужним деловима Панонске депресије. Према Маровић, М., и др., (2002), Панонски басен је настао процесима субдукције и колизије литосфере Европске плоче испод фрагмената континенталне коре унутрашњих Карпата. Исти аутори су мишљења да се тоњење Панонског басена одиграло у две фазе. Током прве фазе у отнангу, карпату и бадену је дошло до рифтовања услед екстензије литосфере, док је друга фаза која је почела у касном средњем миоцену и даље кроз плиоцен, окарактерисана као пост рифтна фаза са слабијим тоњењем проузрокованим слабљењем термалних аномалија. Као последица диференцијалних тоњења долази до надирања вода Паратетиса у депресионе просторе. Већ тада почиње образовање основних и већих неотектонских структура чија ће се еволуција наставити кроз горњи миоцен, па све до данас (Маровић, М., Кнежевић, С., 1985).

Дебљина земљине коре басена Мачве је релативно добро позната захваљујући резултатима изведених геофизичких истраживања (Стефановић, Д., 1989). Најмања дебљина износи 25-26 km, од чега је гранитни слој дебљине 17 km. Резултати добијени израдом дубоких истражних бушотина указују на чињеницу да су вредности терестричног топлотног тока на подручју Мачве веома велике. Главни узрок таквог стања је мала дебљина земљине коре, присуство дебелог гранитског слоја и релативно млад магматизам на подручју Цера (Перић, М., Миливојевић, М., 1979-1980).

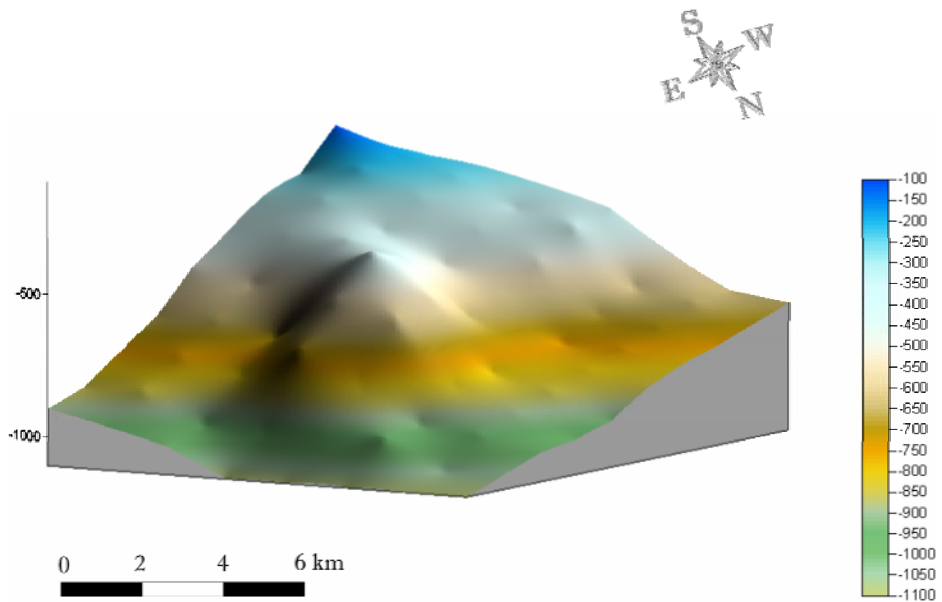
На основу урађене карте палеорељефа тријаса басена Мачве добијена је реална слика о изгледу подлоге терцијарних седимената (слика 5).



Слика 5. Карта тродимензионалног приказа палеорељефа тријаса басена Мачве



Слика 6. Хипсометријска карта палеорељефа басена Мачве



Слика 7. Троструки приказ палеорељефа тријаса басена Мачве

Добијена слика палеорељефа указује на издигнуту хорстовску структуру у централном делу истраживаног подручја издужену у правцу северозапад-југоисток насталу вероватно услед утискивања мањег интрузива. Интересантно је напоменути да су све бушотине изведене на локалитетима Дубље, Богатић и Белотић термоминерално продуктивне, при чему је загревање тријаског хидрогеотермалног резервоара индуковано утиснутим гранитоидним интрузивом.

На основу добијеног приказа палеорељефа могуће је издвојити две мање палеодепресије у локалитету Богатић и Белотић. Јужни блок басена је релативно издигнут у правцу исток-запад као последица неотектонских кретања. Превојна подручја између издигнутих и спуштених делова су по правилу, неотектонски најактивније зоне и маркиране су разломима. Наиме, највећи део Мачве пресецају раседи пружања И-3 (Маровић, М., Ђоковић, И., 1989). Реч је о регионалним дислокацијама које су паралелне са јужним ободом Панонског басена у чијем су креирању и учествовале. Највероватније су то старије руптурне структуре које су током неотектонског стадијума реактивирале.

Закључак

Подручје басена Мачве припада јужном ободу Панонског басена. У геолошком погледу представља пространу депресију испуњену неогеним и квартарним седиментима, па се о геолошкој грађи може говорити само на основу података до којих се дошло дубоким истражним бушењем.

Утврђено је да су најстарије творевине представљене метапешчарима и метаалевролитима предпостављене палеозојске старости. Преко њих дискордантно налажу карбонатне творевине средњег тријаса (ладински кат) и горњег тријаса (карнијски кат) који имају велику хидрогеотермалну потенцијалност. Издвојене су палеогене киселе магматске стене гранитоидног састава које директно загревају тријаски хидрогеотермални резервоар. У оквиру кенозојских творевина описани су предпостављени пешчари еоцена који трансгресивно налажу преко старије подлоге и каспиграчки седименти панона преко којих леже језерски плиоценски седименти.

Мачвански басен са аспекта теорије тектонике плоча припада крајњем северном делу терана Јадарског блока који је докован у композитни теран Вардарске зоне током горње креде.

Посебна пажња у раду је посвећена утврђивању односа између терцијарних творевина и подинске серије коју чине средњотријаски (ладински кат) и горњотријаски (карнијски кат) карбонатни седименти. Анализом карте палеорељефа тријаса утврђена је издигнута хорстовска структура у централном делу истраживаног подручја издужена у правцу северозапад-југоисток, настала вероватно као последица утискивања мањег интрузива.

Највећи део Мачве пресецају раседи пружања И-3 који су као старије руптурне структуре током неотектонског стадијума реактивирале.

Литература

- Група аутора (1980). *Основна геолошка карта и тумач за лист Шабац*. Београд: Савезни геолошки завод.
- Грчић, М. (1989). Просторна структура пољопривреде општине Шабац. *Гласник Српског географског друштва*, LXIV, (2), 9-15.
- Грчић, М. (1999). Функционална типологија насеља Мачве, Шабачке Посавине и Поцерине. *Гласник Српског географског друштва*, LXXXIX, 15-20.
- Грчић, М., Грчић, Љ. (2002). *Мачва, Шабачка Посавина и Поцерина*. Београд: Универзитет у Београду-Географски факултет.
- Зеремски, М. (1984). Типови морфоструктура у рељефу Западне Србије. *Гласник Српског географског друштва*, LXIV, (1), 9-22.

- Karamata, S., Krstić, B., Dimitrijević, M. N., Knežević, V., Stojanov, R., Filipović, I. (1996-97). Terranes Between the Moesian Plate and the Adriatic Sea. *Annales Geologiques des Pays Helleniques*, 37, 429-477.
- Маровић, М., Кнежевић, С. (1985). Неотектоника једног дела Шумадије и северозападне Србије. *Геолошки анали Балканског полуострва*, 49, 221-246.
- Маровић, М., Ђоковић, И. (1989). Неотектонска активност на подручју Мачве, Поцерине и Колубарско-тамнавског басена. *Геолошки анали Балканског полуострва*, 53, 190-196.
- Маровић, М., Ђокковић, И., Пешић, Л., Толјић, М., Gerzina, N. (2002). Neotectonics and Seismicity of the Southern Margin of the Pannonian Basin. Special publication series, 3, 277-295, "European Geosciences Union."
- Martinović, M., Milivojević, M. (2005). The Possibilities for Electric Energy Production from Geothermal Energy in Serbia. "World Geothermal Congress" Antalya, Turkey, 24-29 April, 2005.
- Миливојевић, М., Петровић, М., Јанкичевић, Ј., Судар, М (1990). *Извештај о резултатима досадашњих хидрогеотермалних истраживања у Мачви*. Београд: Универзитет у Београду-Рударско-геолошки факултет, група за хидрогеологију.
- Milivojević, M., Martinović, M. (2000). Geothermal Energy Possibilities, Exploration and Future Prospects in Serbia. "World Geothermal Congress" Kyushu - Tohoku, Japan, May 28 - June 10, 2000.
- Milovanović, D., Marchig, V., Karamata, S. (1995). Petrology of the Crossite Schist from Fruška Gora Mountain (Yugoslavia), Relic of a Subducted Slab of the Tethyan Oceanic Crust, *Geodynamics*, 20 (3), 289-304.
- Перић, М., Миливојевић, М. (1979-1980). Потенцијалност територије уже Србије за изналажење лежишта геотермалне енергије. *Геолошки анали Балканског полуострва*, 43/44, 531-550.
- Robertson A., Karamata, S., Šarić, K. (2008). Overview of ophiolites and related units in the Late Paleozoic-Early Cenozoic magmatic and tectonic development of Tethys in the northern part of the Balkan region. *Lithos* (article in press).
- Стефановић, Д. (1989). *Геофизичка истраживања у Мачви*. Београд: Универзитет у Београду-Рударско-геолошки факултет.
- Filipović, I. (2005). Spatial Distribution of Geological Resources in Northwestern Serbia (Jadar Block Terrane) and its Relation to Tectonic Structures. *Annales Geologiques de la Peninsule Balkaniques*, 66, 17-20.

IVANA CAREVIĆ*
VELIMIR JOVANOVIĆ

STRATIGRAPHIC-STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF MAČVA BASIN

Abstract: The analysis of stratigraphic-structural features of Mačva basin had been conducted in this paper on the basis of data obtained with deep exploratory boring performed for the needs of hydrogeothermal research project for the purpose of identifying the reserves of geothermal energy of Mačva. The research has been carried out with the aim of finding out the relation between the Tertiary and its Triassic bedrock (Ladinian and Carnian stages) in which process the considerable realistic image of paleorelief (the bedrock of Tertiary deposits) was obtained.

Key words: stratigraphical-tectonic features, paleorelief, Mačva basin, exploratory boring, Tertiary, Triassic.

Geographical and geomorphological characteristics

Mačva belongs to southern margin of Pannonian basin located between the Cer and Fruška Gora Mountains. It is mostly the plain belt (75-100 m height above sea-level). Smaller part of the area in the south is of slightly agitated hills (100-135 m height above sea-level).

The terrain is northward and north-eastward marked with Srem, westward with Semberija, southward with Cer Mountain and Pocerina in south-east.

Mačva represents the agriculture region of about 800 km² located 80 km west from Belgrade. Morphologically, the studied area is related to plain or lowlands belt of Mačva where Drina and Sava Rivers are dominated (Grčić, M., 1989). Dynamic evolution of these rivers with its tributaries gave the basic morphological and hydrogeological features with spacious terrace planes of modern relief (Zeremski, M., 1984) (Fig. 1).

According to (Grčić, M., Grčić, Lj., 2002), Mačva is well individualized geomorphological entity. It is a fan-shaped alluvial plane between the Sava River arc and Lower Drina River. It represents the structural, and/or accumulative and macro flood plane of Drina River. Recent erosion and modern watersheds development transformed Mačva into the erosive river-denudation plane. The Lowest Mačva is of spacious alluvial planes of the rivers of Sava and Drina and its right tributaries. Those are the swampy and flooded terrains being overflowed during the each inundation with river's meandering development (Grčić, M., 1999).

During the geological time Drina River has changed its flow in Mačva lowlands from east to west and formed the spacious terrace plane. Sava River flow has a direct influence in draining and inundation of alluvial plane and fuelling of minor flows and aquifers that are below river level during the maximum water level.

* **M.S. Ivana Carević**, assistant lecturer, University of Belgrade–Faculty of Geography, Studentski Trg 3/3, Belgrade.
Ph.D. Velimir Jovanović, full-time professor, University of Belgrade–Faculty of Geography, Studentski Trg 3/3, Belgrade.

This work was supported by the Ministry of Science and Technological Development of the Republic of Serbia, Project No.146005.

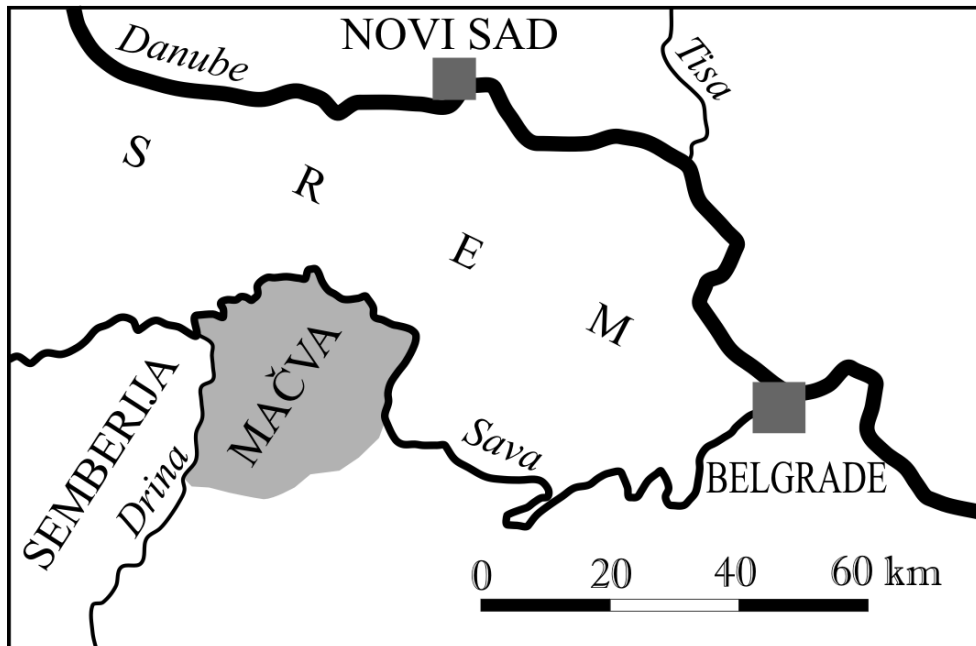


Figure 1. Location of the studied area

Geological framework

The area of the Mačva basin belongs to the southern part of Pannonian basin. From a geological point of view it represents the spacious depression filled with Neogene and Quaternary deposits, that is why the geological setting can be represented only within the data obtained with shallow and deep exploratory boring and hydrogeological exploratory boring.

Paleozoic ?

The oldest deposits are represented by meta sandstones and meta siltstones bored in a drill hole BZ-2 at depths from 306 m to 1335 m for which it is considered the Paleozoic age (Fig. 2). They originated by thermo-metamorphism of sandstones and siltstones due to the very strong geothermal activity caused by granitoid magma intrusion during Neogene. Their composition and setting suggest the flysch series formed in the environment of turbidite character.

Mesozoic

The area of Mačva basin is covered by alluvial sediments of Drina and Sava Rivers with maximum depth up to 160 m (Group of authors, 1980) underlain the Neogene deposits. The paleorelief of Neogene sediments in Mačva was discovered only in 1981, when the first geothermal well was drilled (DB-1 Dublje) that cored the bedrock of Neogene sediments. At the well site, the paleorelief is composed of karstified Middle Triassic limestones (Milivojević, M., Martinović, M., 2000).

The nearest outcrops of Neogene deposits paleorelief are on the southern margin of the basin at the area of Cer Mountain not far off the city of Šabac where Triassic carbonate rocks are exposed.

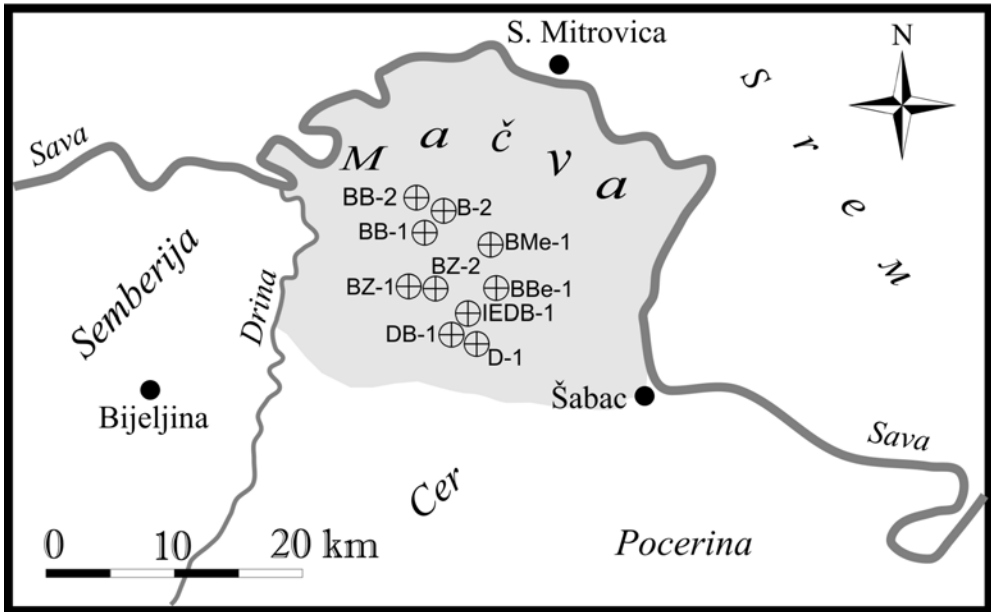


Figure 2. Location of drilling holes in Mačva basin

Sediments of Mesozoic age are determined with exploratory boring in a number of localities. They are represented with deposits of Ladinian and Carnian stages considered as one sedimentary complex in this work. These are Triassic carbonate deposits made of limestones and dolomites.

The latest geological and hydrogeological investigations determined the Triassic carbonate sediments in drill holes in localities of the villages of Dublje, Bogatić and Belotić, considering the fact of wider distribution of Triassic sediments in Mačva area. It must be mentioned the great geothermal potentiality of these rocks in this area (Martinović, M., Milivojević, M., 2005).

In Dublje borehole DB-1 Neogene bedrock is at depth of 207,5 m and is represented by karstified limestones of Middle Triassic age (Ladinian stage). In exploratory well IEDB-1 karstified Late Triassic limestones of Carnian stage are cored in interval from 216 m to 300 m, while the cored interval 300-330 m consisted of Middle Triassic limestones. These massive and bedded dark grey limestones (biosparites) contain the relatively rich association of microflora, microfauna and fragments of recrystallized echinodermites (Milivojević, M., et al 1990).

In the northern periphery of Bogatić, in drill hole BB-1 at Bair, in the depth interval from 412 m to 470 m sediments of Late Triassic age are determined and are represented by clayey limestones, while the dolomites of the same age are cored in borehole BBe-1 in Belotić in the depth interval from 310 m to 450 m.

Triassic sediments are determined also in drill hole BB-2 in Bogatić in the depth of 610 m. These are the white, compact limestones of suggested age; it was not possible to determine the relative age of the sediments due to the lack of faunal material.

Cenozoic

Within the Cenozoic deposits sandstones of suggested Eocene relative age are detached unconformably overlain the older bedrock and caspiackish Pannonian sediments underlain by lacustrine Pliocene sediments.

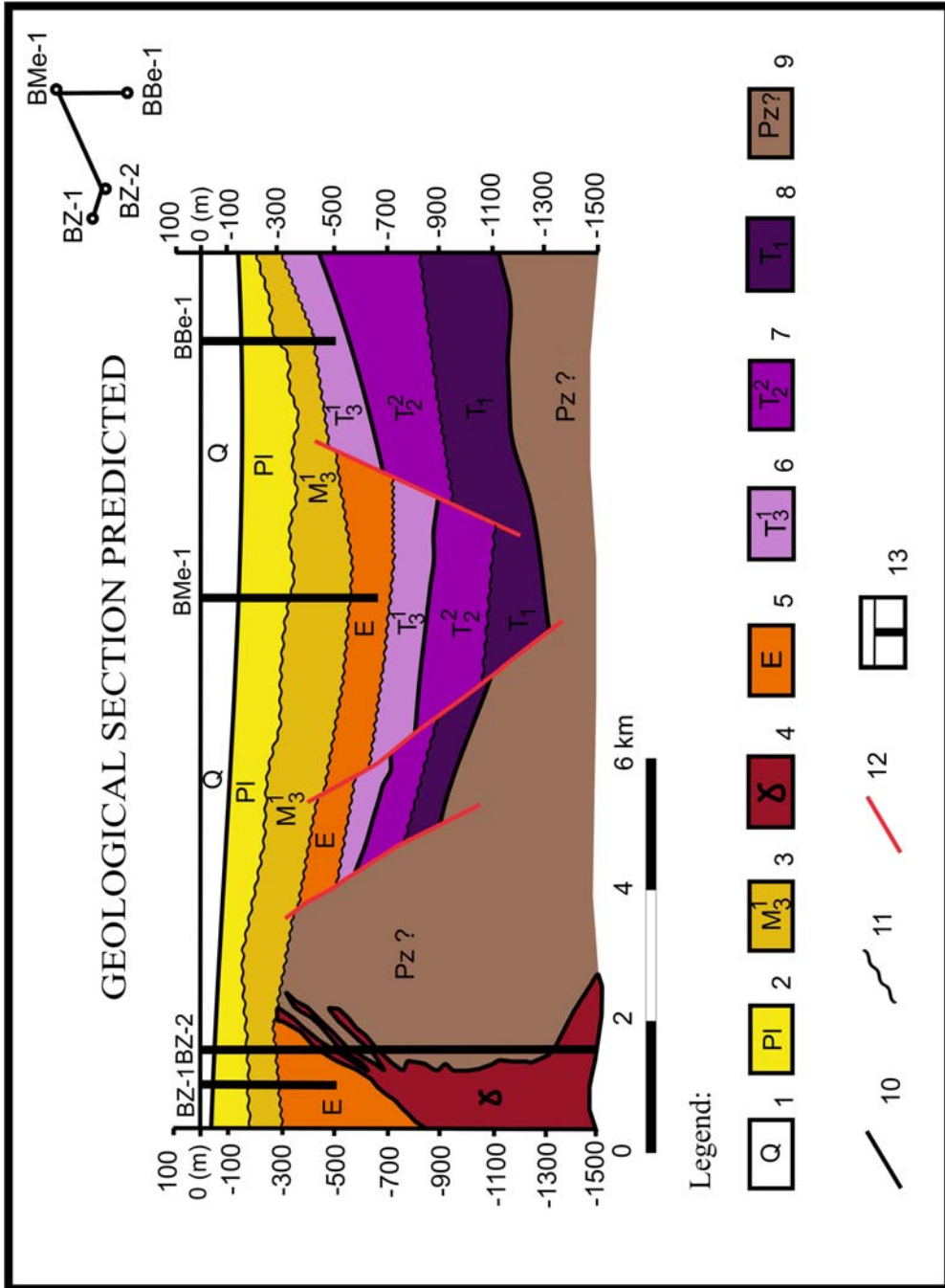


Figure 3. Geological section predicted of the studied area

Legend:

1. Quaternary sediments; 2. Pliocene sediments; 3. Pannonian sediments; 4. Granitoid rocks; 5. Eocene sediments; 6. Limestones and dolomites of Carnian stage; 7. Limestones of Ladinian stage; 8. Early Triassic carbonate rocks; 9. Meta sandstones and meta siltstones of suggested Paleozoic age; 10. Normal geological boundary; 11. Disconformable geological boundary; 12. Fault; 13. Deep exploratory boring.

Paleogene

According to the results of exploratory boring the oldest Cenozoic deposits are of Eocene age; in Metković (drill hole BMe-1) in depth interval 500-630 m are drilled poorly consolidated pyrite coarse-grained sandstones and sands of Eocene age.

In borehole BZ-1 in Bogatić at depth interval of 295 m is cored the bedrock of close-grained grey compact sandstones.

The mentioned sandstones are of suggested Eocene age, because there are not paleontological evidences for dating these formations. These sediments are preserved only in highly narrow areas and are unconformably overlain and underlain. Thus it can be concluded that they originated in limited tectonic depressions of extremely reducing conditions due to the pyrite and lack of fossil materials.

Igneous rocks

The acid igneous rocks of granitoid composition are revealed with exploratory boring in drill hole BZ-2 in seven intervals from depth of 287 m. Their relative age is 35 Ma dated by K/Ar method.

Neogene

Caspibackish sediments of Pannonian age have the great distribution in the studied area. They are represented with gravels, sands, clays, conglomerates and marly sediments. They mostly unconformably overlain Triassic deposits, rarely Eocene deposits.

Next to Dublje in boreholes D-1 and DB-1 they are cored at depth interval from 170 m to 200 m. In the northern periphery of Bogatić, drill hole BB-1 cored the clayey-sandy-gravelly deposits up to depth of 412 m. Eastward, in the Belotić locality, drill hole BBe-1 cored the Pannonian deposits in depth interval from 207 m to 310 m, while in Metković, the same formation is determined in depth interval from 105 m to 495 m.

Pliocene formations were formed in the sinking areas deposited with fluvial and terrestrial sediments. This sedimentary series is drilled in a number of localities in Mačva basin with a thickness of about 200 m.

Quaternary

Quaternary formations cover the entire area. The thickness of these deposits in some boreholes is more than one hundred meters.

By virtue of data obtained by hydrogeological exploratory boring, predicted geological profile of the central part of the basin is done (Fig. 3).

Structural-tectonic characteristics

Mačva basin from the aspect of "plate tectonic" theory embrace the further north parts of Jadar block terrane. The docking time of the Jadar block with the Vardar zone took place during the Late Cretaceous (Karamata, S., et al 1996-97) (Fig. 4).

Tectonic structures - deep seated faults and tectonic melanges – are geologically well marked and exposed for direct observation in the southern half of the Jadar tectono-stratigraphic unit. Unlike these, the boundary faults are covered by thick Neogene deposits in the northern half of the unit, as inferred from drilling data. Thus, the drilled Triassic limestone aquifers belong to the Jadar terrane, and the drilled ophiolite, north of the Sava, to the Vardar Zone (Filipović, I., 2005).

The Jadar block terrane is surrounded by the Vardar zone composite terrane that represents the remnant of the ancient Vardar ocean, existing at least from the beginning of the Paleozoic to the Late Jurassic, respectively Late Cretaceous. Namely, the closing of the

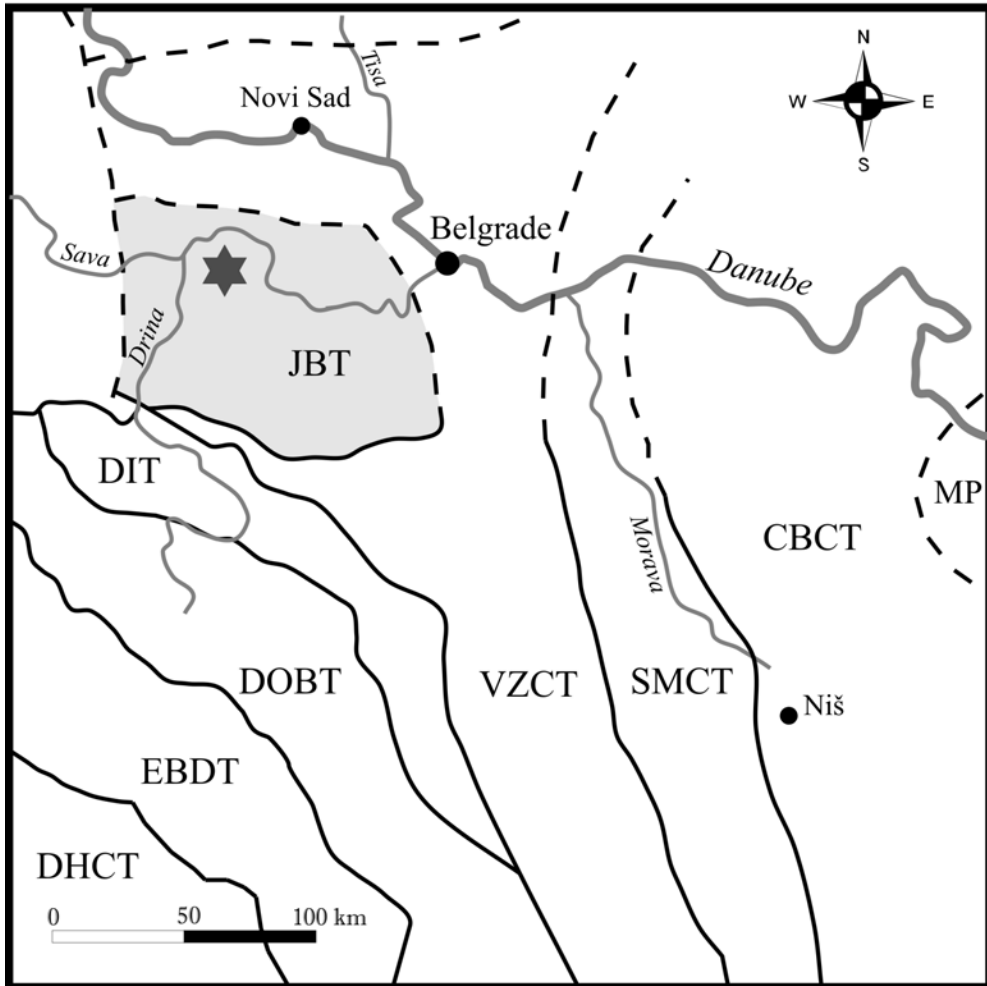


Figure 4. Jadar block terrane within the Composite terranes of Serbia

Legend:

MP-Moesian plate; CBCT-Composite terrane of Carpatho-Balkanides; SMCT-Serbian-Macedonian composite terrane; VZCT-Vardar zone composite terrane; JBT-Jadar block terrane; DIT-Drina-Ivanjica terrane; DOBT-Dinaric Ophiolite Belt terrane; EBDT-East Bosnian-Durmitor terrane; DHCT-Dalmatian-Herzegovinian composite terrane.

eastern parts of the Vardar ocean was in Late Jurassic, but the western branch was closed in Late Cretaceous (Robertson, A., et al 2008; Milovanović, D., et al 1995).

Mačva basin embraces the further southern parts of the Pannonian depression. According to (Marović, M., et al 2002), Pannonian Basin originated during the process of subduction and collision of the European lithosphere below continental fragments of the Inner Carpathians. The same authors are also of the opinion that the subsidence within the Pannonian Basin went through two phases. During the first phase, starting from the Ottnanghian and continuing through the Karpatian and the Badenian (rift phase), subsidence was mostly the result of the crustal (and lithospheric) extension; the second phase that started in the upper part of the Middle Miocene and continued into the Pliocene (postrift phase) is characterised by slower subsidence induced by the lowering of the thermal anomalies. As a consequence of differential subsidence, depressions were overflowed with

Paratethys waters. By that time the basic and greater neotectonic structures began to form evolving through the Upper Miocene up-to-date (Marović, M., Knežević, S., 1985).

The Earth crust thickness of the Mačva basin is relatively well known due to the results of geophysical investigations (Stefanović, D., 1989). The lowest thickness is 25-26 km of which the granite layer is 17 km thick. The results obtained by deep exploratory boring suggest the very high rates of terrestrial heat flow. The main cause of such condition is a low Earth's crust thickness, the presence of thick granite layer and relatively young magmatism in the Cer area (Perić, M., Milivojević, M., 1979-1980).

By virtue of paleorelief map of the Triassic in the basin of Mačva, the realistic image of Tertiary sediments bedrock is obtained (Fig. 5).

Paleorelief image points out the uplifted horst like structure in the central part of the studied area that extends in the northwest-southeast direction; it originated, probably, as a consequence of smaller pluton intrusion. It is interestingly to mention that all the boreholes drilled in the areas of Dublje, Bogatić and Belotić are thermo-mineral productive, while the heating of Triassic hydrogeothermal reservoir is induced by intruded granitoid pluton.

On the basis of paleorelief image it is possible to detach two smaller paleo depressions in the localities of Bogatić and Belotić. The southern block of the basin is relatively uplifted and extends east-westward as a consequence of neotectonic activity. The pass areas between uplifted and downthrown blocks are by the rules the most active neotectonic zones and are marked by faults. Namely, for the most part, the Mačva basin is intersected by discontinuities in E-W direction (Marović, M., Djoković, I., 1989). These are regional dislocations analogous to southern margin of Pannonian basin in which formation they took place. Those are probably the older rupture structures being reactivated during the neotectonic phase.

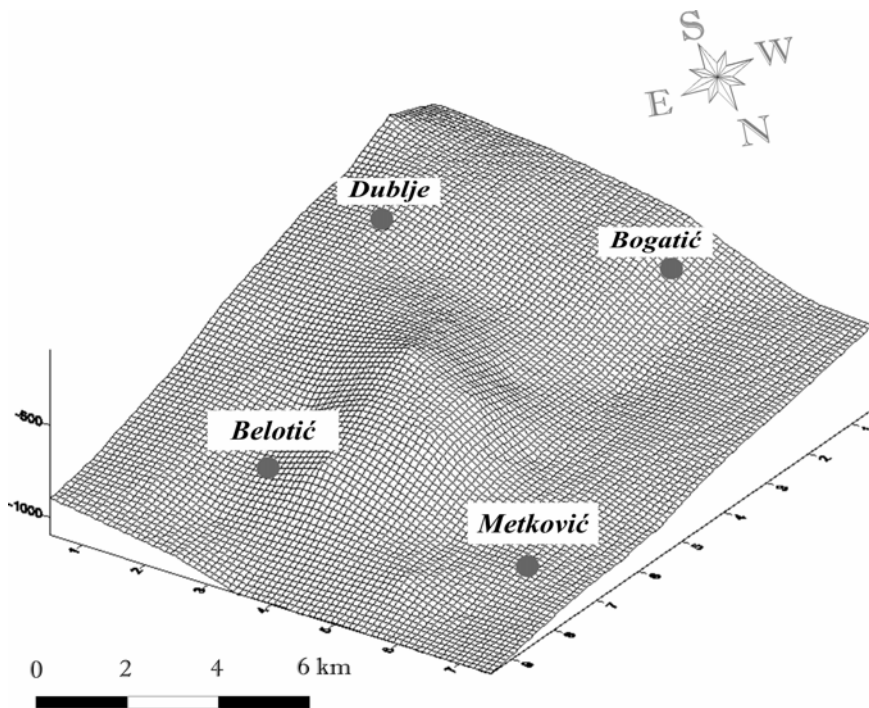


Figure 5. Block-diagram of Triassic paleorelief in the basin of Mačva

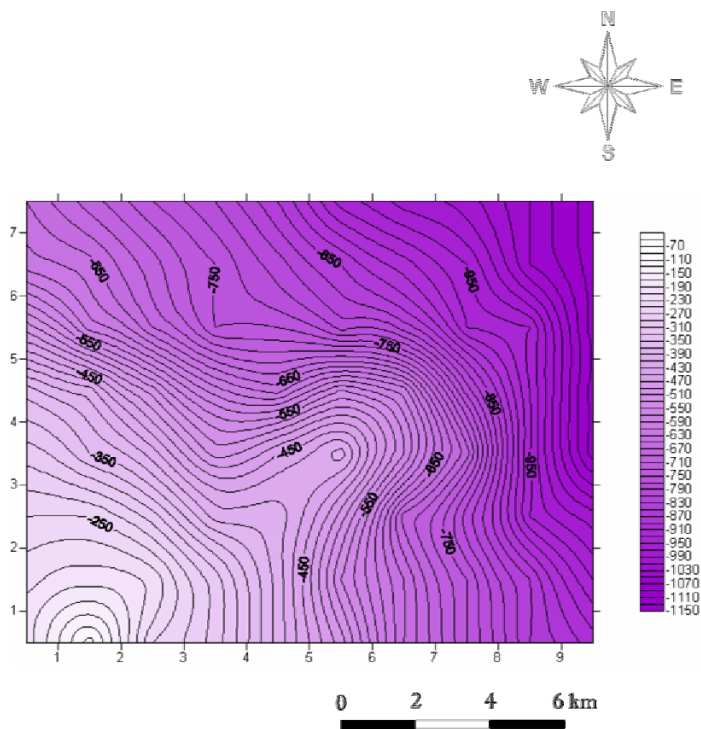


Figure 6. Map of paleorelief hypsometry of Mačva basin

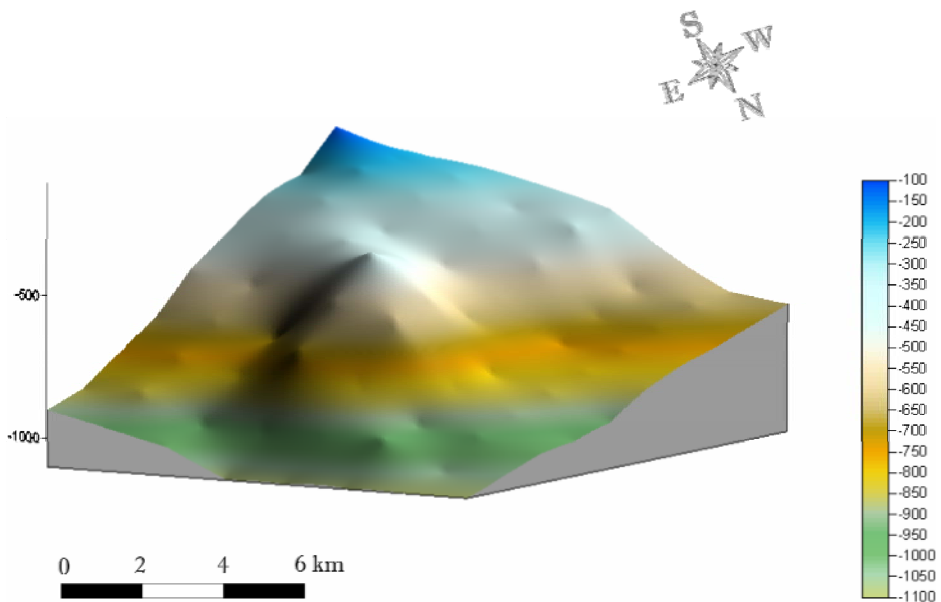


Figure 7. Surface outline of Triassic paleorelief of Mačva basin

Conclusion

The area of the Mačva basin belongs to the southern part of Pannonian basin. From a geological point of view it represents the spacious depression filled with Neogene and Quaternary deposits, that is why the geological setting can be represented only within the data obtained with shallow and deep exploratory boring and hydrogeological exploratory boring.

It is determined that the oldest deposits are represented by meta sandstones and meta siltstones of suggested Paleozoic age. They are unconformably overlain by carbonate formations of Middle Triassic (Ladinian stage) and Late Triassic (Carnian stage) that are of great hydrogeothermal potenciality.

Paleogene acid igneous rocks of granitoid composition directly heat the Triassic hydrogeothermal reservoir. Within the Cainozoic formations the suggested Eocene sandstones are described discordantly overlain the older base and Pannonian brackish deposits overlain with lacustrine Pliocene sediments.

The basin of Mačva from the aspect of plate tectonic theory belongs to the further northern part of Jadar block terrane that is being docked to the composite terrane of Vardar zone during the Upper Cretaceous.

The special attention in this paper is dedicated in identifying the relation between the Tertiary formations and its bedrock made of Middle Triassic (Ladinian stage) and Upper Triassic (Carnian stage) carbonate deposits. By the analysis of paleorelief map of Triassic it is determined the uplifted horst structure in the central part of the investigated area with NW-SE strike, formed probably as a consequence of smaller pluton intrusion.

For the most part, the Mačva basin is intersected by discontinuities in E-W direction as older rupture structures being reactivated during the neotectonic stage.

References

See References on page 129

