

Procjena efektivne debljine gornjomiocenskih i pliocenskih pješčenjaka temeljem interpretacije rezultata geofizičkih istraživanja u bušotinama na području općine Marijanci

Čirjak, Domagoj

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:613675>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Prijediplomski studij geološkog inženjerstva

PROCJENA EFEKTIVNE DEBLJINE GORNJOMIOCENSKIH I PLIOCENSKIH
PJEŠČENJAKA TEMELJEM INTERPRETACIJE REZULTATA GEOFIZIČKIH
ISTRAŽIVANJA U BUŠOTINAMA NA PODRUČJU OPĆINE MARIJANCI

Završni rad

Domagoj Čirjak
GI 1102

Zagreb, 2023.



Sveučilište u Zagrebu
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
HR-10002 Zagreb, Pločineva 6, p.p. 380

OBRAZAC SUSTAVA UPRAVLJANJA KVALITETOM

KLASA: 602-01/23-01/49
URBROJ: 251-70-15-23-2
U Zagrebu, 15. 9. 2023.

Domagoj Čirjak, student

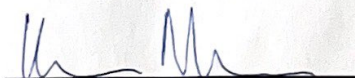
RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/23-01/49, URBROJ: 251-70-15-23-1 od 4. 5. 2023. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

**PROCJENA EFEKTIVNE DEBLJINE GORNJOMIOCENSKIH I PLIOCENSKIH PJEŠČENJAKA
TEMELJEM INTERPRETACIJE REZULTATA GEOFIZIČKIH ISTRAŽIVANJA U BUŠOTINAMA NA
PODRUČJU OPĆINE MARIJANCI**

Za mentoricu ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Doc. dr. sc. Iva Kolenković Močilac nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

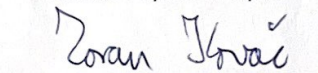
Mentorica:


(potpis)

Doc. dr. sc. Iva Kolenković
Močilac

(titula, ime i prezime)

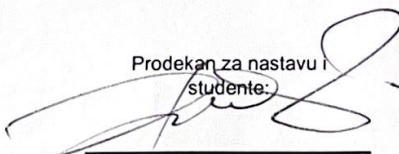
Predsjednik povjerenstva za
završne i diplomske ispite:


(potpis)

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i
studente:


(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje
Pašić

(titula, ime i prezime)

Oznaka: OB 8.5.-1 SRF-1-13/0

Stranica: 1/1

Čuvanje (godina) Trajno

PROCJENA EFEKTIVNE DEBLJINE GORNJOMIOCENSKIH I PLICENSKIH PJEŠČENJAKA
TEMELJEM INTERPRETACIJE REZULTATA GEOFIZIČKIH ISTRAŽIVANJA U BUŠOTINAMA
NA PODRUČJU OPĆINE MARIJANCI

Domagoj Čirjak

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

U ovom radu opisan je postupak procjene debljine gornjomiocenskih i pliocenskih pješčenjaka temeljem interpretacije rezultata geofizičkih istraživanja u bušotinama C-2 i C-3 na području općine Marijanci. Korištenjem programa "Interactive Petrophysics" i Microsoft Excel provedena je obrada i interpretacija tih podataka koji su bili potrebni za procjenu i izračun udjela šejla u sedimentnom slijedu većinski predstavljenom pješčenjacima i laporima. Udio gline izražen je u postotcima te je kao granična vrijednost za determinaciju pješčenjaka uzeta vrijednost od 45%. Na posljepku je napravljena procjena efektivne debljine miocenskih pješčenjaka, što predstavlja prvi korak u istraživanju geoenergetskog potencijala šireg područja.

Ključne riječi: Panonski bazenski sustav, Dravska depresija, krivulja spontanog potencijala, Vsh

Završni rad sadrži: 19 stranica, 8 slika, 2 priloga i 15 referenca.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentorica: Dr. sc. Iva Kolenković Močilac, docentica RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Iva Kolenković Močilac, docentica RGNF
Dr. sc. Marko Cvetković, izvanredni profesor RGNF
Dr. sc. Bruno Saftić, izvanredni profesor RGNF

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	GEOLOŠKA GRAĐA PODRUČJA ISTRAŽIVANJA.....	2
3.	METODOLOGIJA I ULAZNI PODACI	8
4.	REZULTATI	12
5.	ZAKLJUČAK.....	14
6.	LITERATURA	15
	PRILOZI	17

POPIS SLIKA

Slika 2-1. Geografski položaj istraživanog područja	2
Slika 2-2. Regionalne tektonske jedinice unutar Panonskog bazenskog sustava (izvor: Malvić & Saftić, 2008, preuzeto iz Brezovac, 2021).....	3
Slika 2-3. Područje prostiranja Dravske depresije (Malvić i Cvetković, 2013)	4
Slika 2-4. Shematski prikaz rasprostranjenosti formacija, članova, litološkog sastava, elektrokarotaznih markera i repera u istočnom dijelu Dravske depresije (Malvić i Cvetković, 2013, preuzeto iz Mustać, 2020)	6
Slika 3-1. Krivulje u programu „Interactive petrophysics“	10
Slika 3-2. Uređena krivulja spontanog potencijala u programu „Interactive petrophysics“ (lijevo), zajedno s krivuljom prividne otpornosti, krivuljom kalipera i microloga	11
Slika 4-1. Dijagram analize volumnog udjela šejla za bušotinu C-2 u programu „Interactive petrophysics“	12
Slika 4-2. Usporedba krivulje SP i Vsh za bušotinu C-3 u programu „Interactive petrophysics“	13

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Tablica sa dubinama i debljinama slojeva pješčenjaka u bušotini C-217

Prilog 2. Tablica sa dubinama i debljinama slojeva pješčenjaka u bušotini C-319

1. UVOD

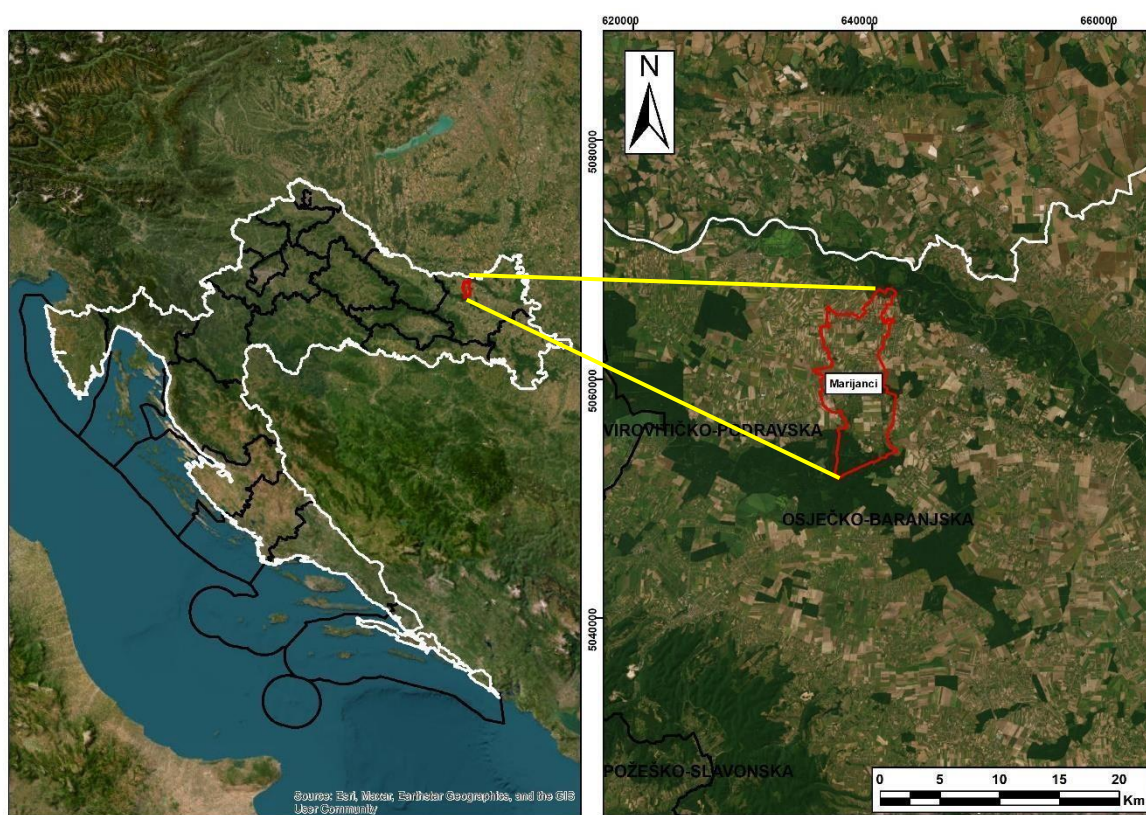
Cilj ovog rada bio je odrediti efektivnu debljinu miocenskih pješčenjaka na dvjema bušotinama C-2 i C-3 smještenima na području općine Marijanci u istočnom dijelu Dravske depresije. U tu svrhu korišten je program „Interactive petrophysics“ namijenjen za kvantitativnu interpretaciju geofizičkih mjerenja. Intervali pješčenjaka određeni su pomoću interpretacije krivulje spontanog potencijala (SP) koju je najprije trebalo obraditi na način da se dio krivulje snimljen u dijelu naslaga kojima su pore zasićene slatkom vodom invertira, a zatim je krivulja normalizirana, odnosno linija šejla (ili u ovom slučaju lapora) postavljena je na vertikalnu liniju. Korišten je i program Microsoft Excel za obradu podataka i dobivanje krajnjih rezultata.

Volumni udio šejla određen je pomoću krivulje SP, svaki sloj sa volumnim udjelom manjim od 45% gline se smatrao pješčenjakom dok su slojevi sa volumnim udjelom većim od 45% šejla interpretirani kao lapori.

Rad je podijeljen u tri cjeline: uvod, razrada i zaključak. U prvom dijelu dan je pregled geološke građe područja istraživanja u kojem se opisuju strukturni i stratigrafski odnosi u dubini Dravske depresije. U drugom dijelu, u poglavlju „Metodologija i ulazni podaci“ navedeni su izvori podataka i potrebne metode za rješavanje problema procjene efektivne debljine pješčenjaka. Treći dio rada obuhvaća posljednja dva poglavlja koja daju pregled rezultata provedene analize te navode sve bitne spoznaje i zaključke ovog rada.

2. GEOLOŠKA GRAĐA PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

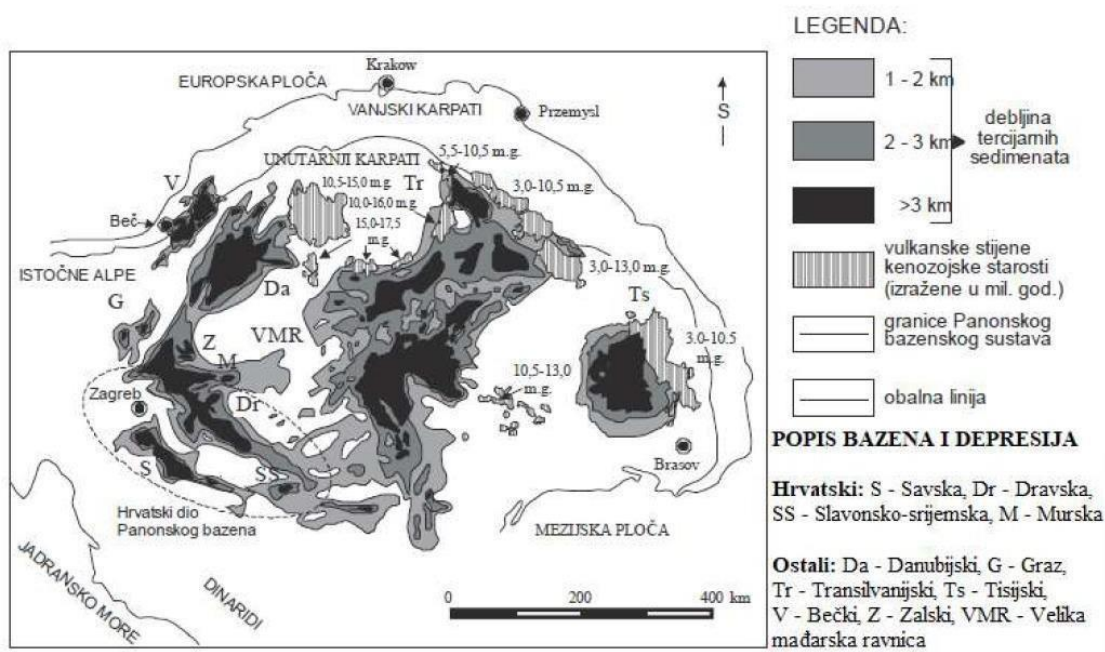
Općina Marijanci nalazi se na sjeveroistoku Republike Hrvatske i pripada Osječko- baranjskoj županiji. Nalazi se u blizini grada Donjeg Miholjca, nedaleko od granice sa Mađarskom (slika 2-1), u podravskom dijelu Slavonije. Okružuju je tri rijeke: Drava, Karašica i Vučica, a južno se prostiru planine Papuk i Krndija. Geološki gledano, istraživanopodručje pripada Dravskoj depresiji ili podbazenu smještenom u južnome dijelu Panonskog bazenskog sustava (engl. PBS - “*Pannonian Basin System*”).



Slika 2-1. Geografski položaj istraživanog područja

Hrvatski dio Panonskog bazena nalazi se na jugozapadu tektonske jedinice najvećeg redanazvane Panonski bazenski sustav. Taj prostor je smješten između stare Europske ploče na sjeveru, Alpi na zapadu, Jadranske ploče na jugu te Mezijske ploče na istoku (slika 2-2). Prema Royden, Horváthu i Rumpleru (1983), Panonski bazenski sustav pripada skupini zalučnih bazena. Njegovo stvaranje započelo je u otnangu subdukcijom i konvergencijom Apulijske ploče pod Dinaride. Unutar hrvatskog dijela Panonskog bazenskog sustava, koji je smješten u Sjevernoj

Hrvatskoj, razlikujemo četiri manje jedinice – strukturne depresije i to od sjeverozapada prema jugoistoku Mursku, Dravsku, Savsku te Slavonsko-srijemsku.



Slika 2-2. Regionalne tektonske jedinice unutar Panonskog bazenskog sustava (izvor: Malvić i Saftić, 2008, preuzeto iz Brezovac, 2021)

Dravska depresija zahvaća područje od približno 12 000 km², od čega oko 9 100 km² površine pripada Hrvatskoj (slika 2-3). Podijeljena je na zapadni i istočni dio, u kojem se nalazi područje istraživanja ovog rada. Stratigrafski slijed sastoji se od magmatsko- metamorfnog kompleksa podloge koji se naziva „temeljnim gorjem“ i naslaga uglavnom neogenske i kvartarne starosti (Velić, 2007). Lokalno se između stijena temeljnog gorja i neogensko-kvartarnih sedimenata nalaze mezozojski karbonati i karbonatni klastiti. Ukupna debljina naslaga Dravske depresije doseže i preko 7 000 m na nekim mjestima (Pavelić i Kovačić, 2018).

Većina bazenske ispune sastoji se od srednjomiocenskih, gornjomiocenskih, pliocenskih, pleistocenskih i holocenskih klastičnih i biogenih sedimenata, a mjestimice se mogu naći i pojave efuzivnih stijena srednjomiocenske starosti, te fluvijalnih i jezerskih sedimenata donjeg miocena. Stijene podloge u Dravskoj depresiji obuhvaćaju karbonate (vapnence i dolomite) uglavnom mezozojske starosti te metamorfite (amfibolite, škriljavce i gnajseve) i magmatite (granite i gabra) paleozojske starosti (Malvić i Cvetković, 2013).



Slika 2-3. Područje prostiranja Dravske depresije (Malvić i Cvetković, 2013)

Dinamika razvoja cijelog Panonskog bazenskog sustava jest vrlo složena, a očituje se u višefaznim promjenama u navlačnoj zoni Karpata, što je za posljedicu imalo promjenu orijentacije osi najvećeg horizontalnog naprezanja. U južnom dijelu PBS-a razvio se tektonski režim s pomacima po pružanju i izraženom rotacijom struktura. To je rezultiralo nekoliko transtenzijskih i transpresijskih faza koje nisu bile jednako izražene u cijelom PBS-u (Rögl i Steininger, 1984).

U PBS-u ekstenzija je započela u otnangu, uz prisutnost lokalnih marinskih transgresija (Malvić, 2003). Prva transtenzijska faza započela je u badenu kada je tektonska aktivnost formirala većinu struktura (Rögl i Steininger, 1984). U kasnom badenu došlo je do porasta razine mora što je uzrokovalo ponovno otvaranje veze s Indopacifikom te potapanje uzdignutih blokova u većini dijelova Dravske depresije (Malvić i Cvetković, 2013). Hlađenje litosfere u postekstenzijskoj fazi postaje glavni uzročnik dinamike procesa, a istočne Alpe postaju glavni izvor materijala (Royden, 1988).

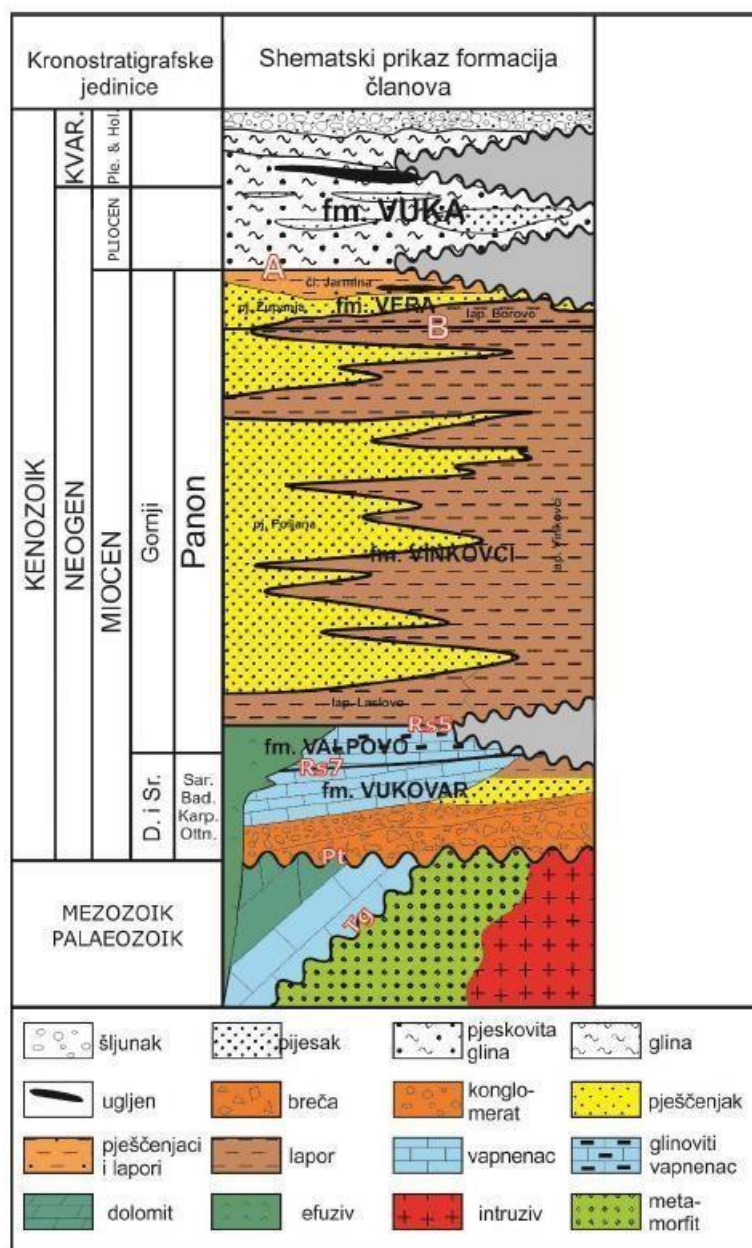
Druga transtenzijska faza počinje u panonu (Malvić i Velić, 2011). Dravska depresija tijekom kasnijeg panona postaje brakično jezero karakterizirano povremenim taloženjem turbidita. Taloženje turbidita prekidalo je pelitnu bazensku sedimentaciju (Lučić et al., 2001). Tijekom mlađeg panona taloženje se uglavnom odvijalo u brakičnom i slatkovodnomjezerskom prostoru sa deltnim ili turbiditnim mehanizmom prijenosa (Malvić i Saftić, 2008).

Drugom transpresijskom fazom, tijekom pliocena i kvartara, nekolicina spuštenih struktura se izdignula. To je dovelo do nastanka strukturnih zamki za nakupljanje ugljikovodika u ležištima. U početku pliocena postojao je veliki broj manjih slatkovodnih jezera koja su se zapunjavala aluvijalnim sedimentima. Tako su se taložili pijesci, gline, jezerski siltovi, lapori i karbonati. Sedimentacija tijekom kvartara odvijala se u kopnenim okolišima gdje se talože močvarni i aluvijalni sedimenti uz pojave lesa (Malvić i Cvetković, 2013).

U radu autora Malvić i Cvetković (2013) prikazan je shematski prikaz litološkog sastava korelacije jedinica između hrvatskog i mađarskog dijela Dravske depresije. Kako se istraživano područje nalazi u istočnom dijelu Dravske depresije, prikazano i opisano je samo to područje (slika 2-4).

Naslage miocena s najstarijim panonom u istočnome dijelu Dravske depresije mogu se podijeliti na dvije formacije: formaciju Vukovar i formaciju Valpovo koje odvaja EK-marker Rs7. Granica sa stijenama podloge definirana je horizontom „Tg“ ili „Pt“, a EK-marker Rs5 odvaja formaciju Valpovo od mlađe formacije Vinkovci. Formaciju Vukovar čine krupnoklastični sedimenti (breče i konglomerati) u baznom dijelu te pješčenjaci i vapnenci u gornjem dijelu koji približno pripada sarmatu. Odlika transgresivnih naslaga Vukovarske formacije jest neujednačen litološki sastav. Najdublji član je Bizovac koji se sastoji od andezita, riolita, bazalta, dacita. Sljedeći član je Karašica kojeg čine lapori, pjeskoviti kalkareniti, kvarcni konglomerati i vapnenačke breče, a iznad slijedi član Beničanci, koji je karakteriziran dolomitno vapnenačkim brečama. Formacija Valpovo većinom se sastoji od glinovitih vapnenaca, te čvrstih homogenih lapora (Hernitz, 1983).

Produbljavanje depresije koje se dogodilo krajem miocena odrazilo se na sedimentaciju Vinkovačke formacije. Iznad EK-markera Rs5 nalazi se bazni dio te formacije, koja je izgrađena od sitnozrnastih i srednjezrnastih klastita. Na pojedinim dijelovima prisutan je pješčano-laporoviti razvoj, dok je na ostalom prostoru Vinkovačke formacije zastupljen isključivo lapor te se taj bočni ekvivalent naziva Vinkovačkim laporom (slika 2-4). Ovu formaciju čine Laslovo lapor i Poljana (Hernitz, 1983).



Slika 2-4. Shematski prikaz rasprostranjenosti formacija, članova, litološkog sastava, elektrokarotažnih markera i repera u istočnom dijelu Dravske depresije (Malvić i Cvetković, 2013, preuzeto iz Mustačić, 2020).

Iznad Vinkovačke formacije slijedi formacija Vera, koju u krovini Vinkovačke formacije odvaja marker B. Formacija Vera je prema litološkim značajkama podijeljena na tri jedinice nižeg reda: u baznom dijelu je lapor Borovo, iznad lapora slijede Županjski pješčenjaci i u krovini te formacije član Jarmina koju čine pješčenjaci i lapori (slika 2-4). Naslage formacije Vera završavaju EK-markerom A (Hernitz, 1983).

Litostratigrafski najmlađu i najpliću formaciju Vuka sačinjavaju pliocensko-

kvartarne naslage iznad EK-markera A do današnje površine terena. Formacija se također može podijeliti na tri litološki različita dijela. Bazni dio sastoji se od glina, pjeskovitih glina te većim dijelom od sitnozrnastih pijesaka. U središnjem dijelu se javljaju sitnozrnasti glinovitipijesci s proslojcima sive slaboplastične gline. Najmlađe naslage čine sive i žute gline, prahovi, nevezani pijesci, šljunci, prapori i humus (Hernitz, 1983).

Gornjomiocenske naslage Dravske depresije karakterizirane su izmjenama slojeva pijeska i pješčenjaka sa slojevima lapora. Pijesak i pješčenjak je dominantno sive boje i sadrži zrnca litoklasta, feldspata, pločaste minerale i kvarc. Slojevi pješčenjaka imaju debljinu od 3 do 10 m, a između njih nalaze se slojevi lapora sa debljinom od 2 do 20 m. Debljina pješčenjaka ovisi o topografiji dna bazena pa stoga u najdubljim područjima depresija može doseći debljinu od 1500 metara koja se postupno smanjuje prema rubovima bazena. Zbog inverzije rubnih dijelova bazena, koja se događa za vrijeme pliocena te se nastavlja tijekom kvartara sve do danas, u jezerskim i riječnim okolišima talože se šljunak, pijesak, silt i glina cijelo vrijeme, a prostorna varijabilnost litološkog sastava je izražena u cijelom slijedu. (Saftić et al., 2003).

3. METODOLOGIJA I ULAZNI PODACI

Glavna zadaća ovog završnog rada bila je procjena debljine miocenskih pješčenjaka temeljem interpretacije rezultata geofizičkih istraživanja u bušotinama C-2 i C-3. Ulazni podaci dobiveni geofizičkim mjerenjima u bušotini obrađivani su u programu "Interactive Petrophysics". Microsoft Excel korišten je za daljnju obradu podataka i izračun debljine miocenskih pješčenjaka.

Prije same interpretacije trebalo je odrediti područje interesa, odnosno definirati granice miocenskih pješčenjaka u danim bušotinama. Krovina i podina miocenskih pješčenjaka određena je pomoću elektrokarotaznih markera. Marker „ALFA“ definira krovinu pješčenjaka, odnosno granicu miocenskih i pliocenskih naslaga, a definiran je vizualno takoda je tražen prestanak izrazite varijabilnosti vrijednosti krivulja SP i krivulje otpornosti (R_a) što je rezultat promjene taložne sredine iz razmjerno duboko jezerske, karakterizirane slijedom razmjerno debelih naslaga pješčenjaka i lapora u fluvijalnu, uz česte vertikalne i bočne promjene facijesa.

Podinska granica definirana je EK markerom „Rs7“ za koju je karakteristična velika promjena električne otpornosti koju je uzrokovala pojava vapnenca. Na slici 2-4 dan je shematski prikaz litološkog sastava istraživanog područja te pripadajući EK-markeri.

Na slici 3-1 prikazana je krivulja SP-a koja je dobivena kao rezultat mjerenja spontanog potencijala u bušotini. Spontani ili prirodni potencijal predstavlja razliku potencijala između površinske elektrode i elektrode spuštene u bušotinu. Ona elektroda koja se nalazi u bušotini prvo se spusti na dno i snimanje se izvodi njenim izvlačenjem prema površini. Snimanje se izvodi kontinuirano dok se elektroda izvlači određenom brzinom (oko 1500 metara po satu). Svrha krivulje spontanog potencijala je razdvajanje propusnih od nepropusnih naslaga. Najveći potencijali nastaju u modelu sa propusnim slojevima pijeska ili pješčenjaka kada se oni nalaze unutar nepropusnih slojeva šejla ili lapora (Šumanovac, 2012).

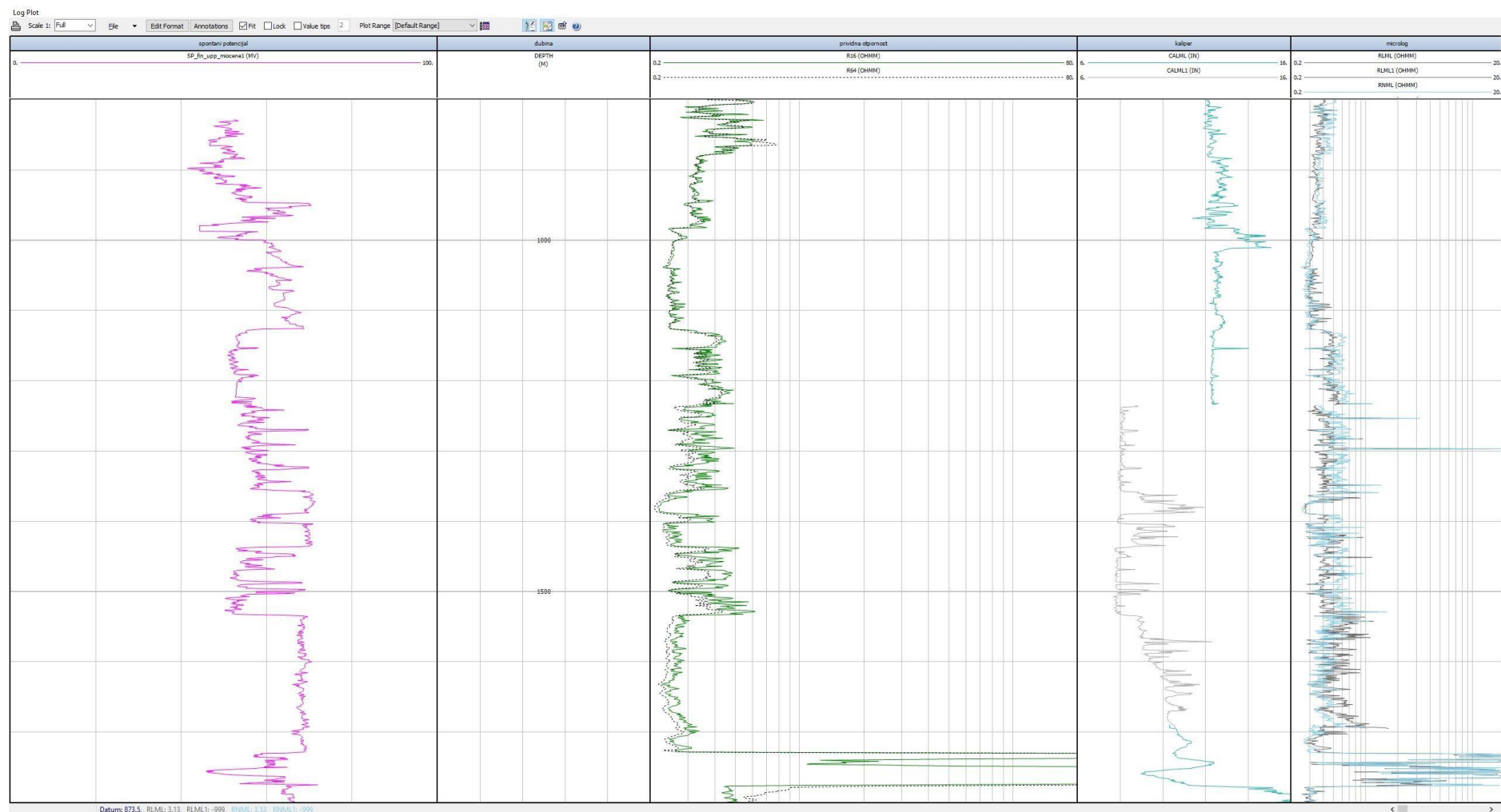
Krivulja GR dobivena je radioaktivnom karotažom na način da se mjeri prirodna radioaktivnost u stijeni. Stijene se razlikuju po sadržaju radioaktivnih elemenata, a tri elementa koja dolaze u značajnijim količinama u stijenama i uzorkuju njihovu radioaktivnost su uran, torij i kalij. Posebno je značajan kalij jer se kao element nalazi u sastavu minerala glina, tinjaca i alkalnih feldspata. Zbog toga će gline, šejlovi i

lapori pokazivati povećanu radioaktivnost u odnosu na karbonate, pijeske i pješčenjake. Kao i kod spontanog potencijala, osnovna namjena ove karotaže je razdvajanje propusnih, niskoradioaktivnih i nepropusnih, visokoradioaktivnih naslaga (Šumanovac, 2012).

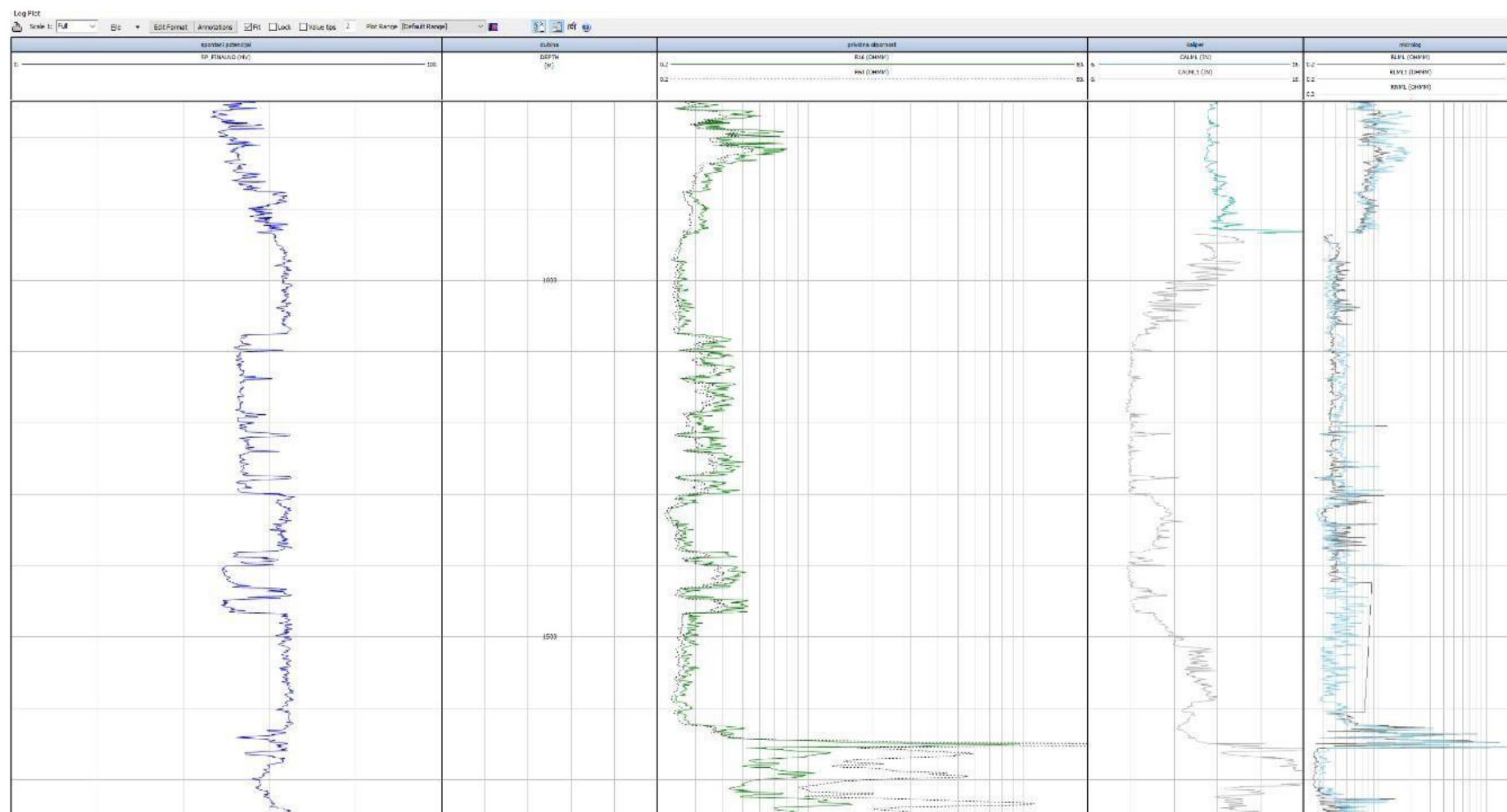
Krivulja otpornosti dobiva se mjerenjem otpornosti prolasku struje kroz formaciju, ona se također koristi za određivanje propusnih od nepropusnih naslaga. Osim toga, osnovna namjena krivulje otpornosti jest identificiranje EK markera kao korelacijskih horizonata, identificiranje zasićenja ugljikovodicima i određivanje kontakta s podinskom vodom u ležištima.

Krivulja kalipera dobiva se mjerenjem promjera stijenke bušotine. Promjer bušotine u propusnim naslagama jednak je nominalnom promjeru bušotine, dok bubrenje minerala glina u sitnozrnastim klastitima dovodi do njihova oslabljenja u zoni uz bušotinu i do odlamanja stijenke bušotine, što rezultira povećanim promjerom bušotine (Šumanovac, 2012).

Nakon što su definirani EK-markeri, sljedeći korak je bio uređivanje krivulje spontanog potencijala korištenjem prethodno navedenih geofizičkih mjerenja u bušotinama. Budući dapješčenjaci na području istraživanja sadrže dosta alkalijskih feldspata u čijem se sastavu nalazi kalij koji je radioaktivan, GR krivulja nam ne pokazuje jednoznačne rezultate s SP krivuljom. Zbog tog razloga je SP smatrana pouzdanom i korištena je za određivanje udjela gline. Na slici 3-2 prikazana je uređena i finalna verzija krivulje spontanog potencijala pomoću koje smo određivali volumni udio šejla $V_{sh}(SP)$.



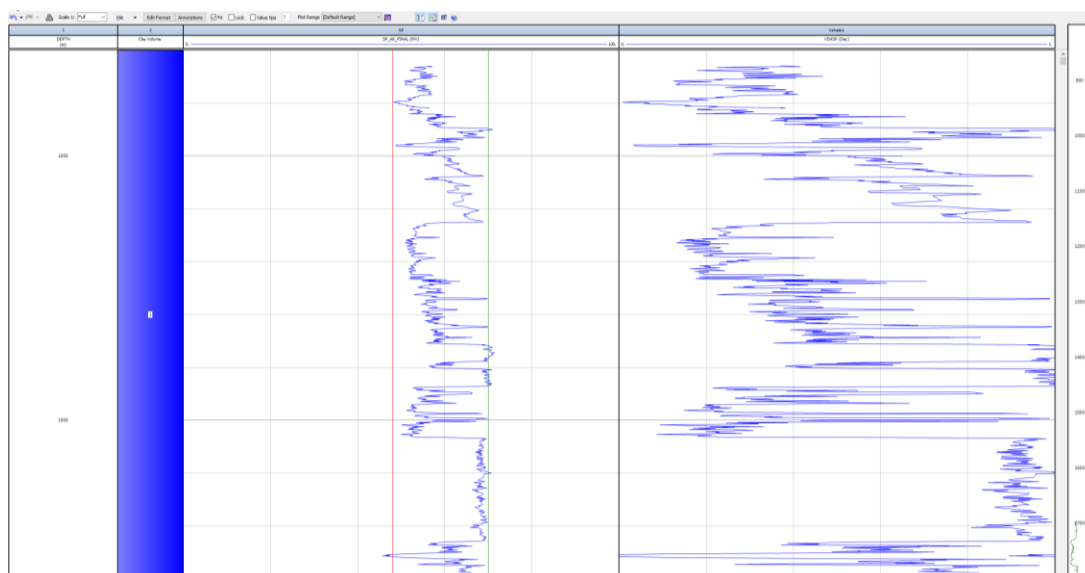
Slika 3-1. Ulazni podatci - krivulje u programu „Interactive petrophysics“.



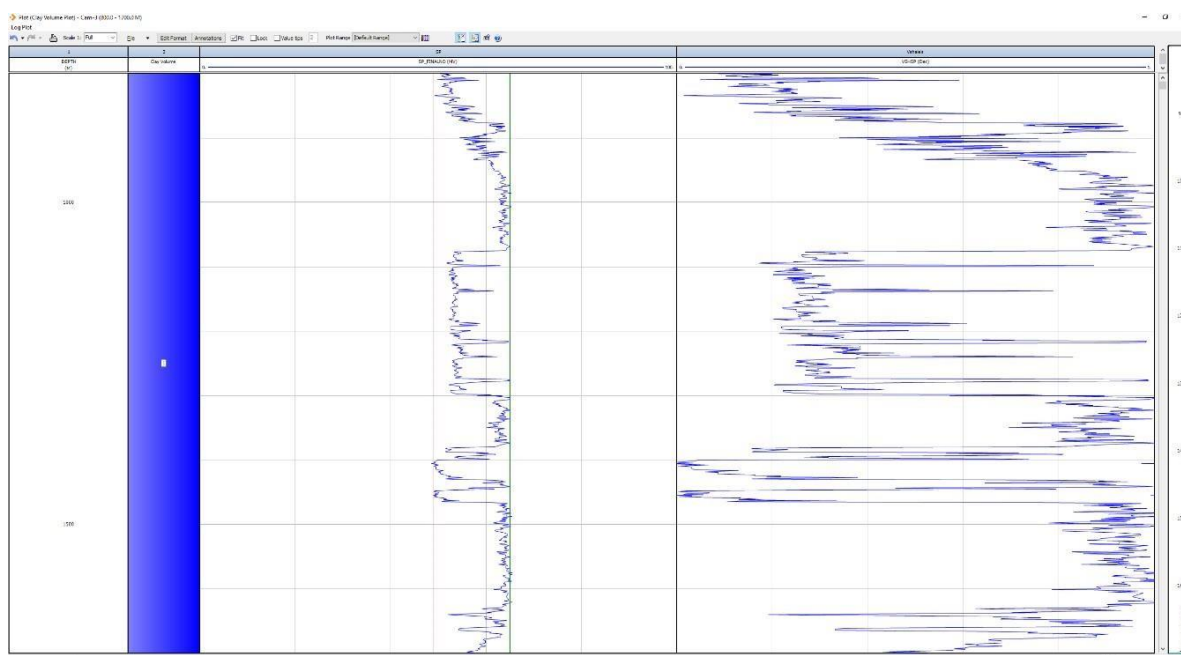
Slika 3-2. Uređena krivulja spontanog potencijala u programu „Interactive petrophysics“ (lijevo), zajedno s krivuljom prividne otpornosti, krivuljom kalipera i microloga

4. REZULTATI

Na slici 4-1 prikazana je finalna verzija krivulje SP u bušotini C-2 na lijevoj strani te volumni udio šejla, na desnoj strani, koji prati krivulju SP-a pomoću koje je izračunat. Na slici 4-2 prikazan je isti dijagram za bušotinu C-3. Na obje slike može se vidjeti jasna podudarnost krivulje SP-a sa krivuljom volumnog udjela šejla Vsh (SP). Crvena vertikalna linija označava 100% pješčenjaka, a zelena 100% šejla. Takav odnos postignut je pomoću krivulje SP-a koja otklonom u lijevu stranu, kada je salinitet slojne vode veći od saliniteta isplake, ukazuje na najpropusnije naslage i obrnuto. Za sve vrijednosti između softver preračunava postotak.



Slika 4-1. Dijagram analize volumnog udjela šejla za bušotinu C-2 u programu „Interactive petrophysics“



Slika 4-2. Usporedba krivulje SP i Vsh za bušotinu C-3 u programu „Interactive petrophysics“

Vrijednosti Vsh(SP) su kasnije prenesene u Microsoft Excel tablicu u kojoj su zabilježene vrijednosti na svakih 10 cm u bušotinama, što je odgovaralo „koraku“ (*engl. step*) karotažnih mjerenja, odnosno intervalu kojim su registrirane vrijednosti izmjerene karotažom. Za graničnu vrijednost uzeta je vrijednost volumnog udjela šejla od 45%, te su se sve naslage sudjelom šejla nižim od toga smatrale pješčenjacima, dok su slojevi s vrijednosti volumnog udjela šejla iznad granične interpretirani kao lapori. Nadalje, svi slojevi debljine manje od jednog metra nisu uzimani u obzir pri interpretaciji, odnosno nisu izdvajani. Posljednji korak predstavljao je izračun ukupne debljine pješčenjaka u bušotinama. U prilogima 1 i 2 prikazani su intervali slojeva pješčenjaka koji su zadovoljili zadane uvjete, zajedno sa njihovim debljinama.

Izračunata debljina pješčenjaka u bušotini C-2 iznosi 390 m, od ukupnih 880 metara miocenskih naslaga. Prema tome udio propusnih slojeva u bušotini C-2 iznosi 44,3%, dok je u bušotini C-3 debljina pješčenjaka 316,7 m, od ukupnih 828 m, odnosno u bušotini C-3 propusno je 38,2% miocenskih naslaga. Odnos Ss/Sh za bušotinu C-2 iznosi 390 m/490 m, odnosno 0,796, a za bušotinu C-3 iznosi 316,7 m/511,3 m, odnosno 0,619. Debljina najdebljeg sloja u bušotini C-2 iznosi 75,4 m, a u bušotini C-3 49,3 m. Ovi rezultati indiciraju povoljni omjer propusnih i nepropusnih naslaga i predstavljaju temelj za daljnja istraživanja.

5. ZAKLJUČAK

Intervali pješčenjaka, odnosno lapora su definirani pomoću krivulje spontanog potencijala. Temeljem krivulje SP određen je volumni udio šejla (Vsh) u bušotinama C-2 i C-3, bez čega se ne može odrediti intervale pješčenjaka, odnosno propusnih slojeva.

U bušotini C-2 pojavljuje se 49 slojeva pješčenjaka od kojih pet ne zadovoljava uvjet debljine, odnosno nema debljinu veću od jednog metra. Za ostala 44 sloja pješčenjaka izračunata je ukupna debljina i ona iznosi 390 metara. U bušotini C-3 pojavljuje se 29 slojevapješčenjaka od kojih sedam ne zadovoljava uvjet debljine te njihova ukupna debljina iznosi316,7 metara.

Može se zaključiti kako se u predjelu istočne Dravske depresije, konkretno u općini Marijanci, nalazi relativno velik udio propusnih naslaga, odnosno miocenskih pješčenjaka koji u bušotinama C-2 i C-3 dolaze u mjestimično debelim slojevima i stoga su moguće zanimljive kolektorske stijene.

6. LITERATURA

- BREZOVAC, I. 2021. Definiranje dubokog slanog vodonosnika Osijek u osječkim pješčenjacima istočnog dijela Dravske depresije i procjena perspektivnosti za geološko skladištenje ugljičnog dioksida. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 47 str.
- HERNITZ, Z. 1983. Dubinski strukturno – tektonski odnosi u području istočne Slavonije. Disertacija. Nafta. Zagreb, 219 str.
- LUČIĆ, D., SAFTIĆ, B., KRIZMANIĆ, K., PRELOGOVIĆ, E., BRITVIĆ, V., MESIĆ, I., TADEJ, J. 2001. The Neogene Evolution and Hydrocarbon Potential of the Pannonian Basin in Croatia. *Marine and Petroleum Geology*, 18/1, str. 133-147
- MALVIĆ, T. 2003. Naftnogeološki odnosi i vjerojatnost pronalaska novih zaliha ugljikovodika u bjelovarskoj uleknini. Disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 123 str.
- MALVIĆ, T., CVETKOVIĆ, M. 2013. Lithostratigraphic units in the Drava Depression (Croatian and Hungarian parts) - a correlation. *Nafta*, Vol. 64 No. 1, str. 27-33.
- MALVIĆ, T., SAFTIĆ, B. 2008. Dubinsko kartiranje (vježbe): fakultetska skripta. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 46 str.
- MALVIĆ, T., VELIĆ, J. 2011. Neogene Tectonics in Croatian Part of the Pannonian Basin and Reflectance in Hydrocarbon Accumulations, Rijeka: Intech, str. 215-238
- MUSTAĆ, R. 2020. Utjecaj geološke građe na povišeni geotermalni gradijent istočnog dijela Dravske depresije. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 54 str.
- PAVELIĆ, D., KOVAČIĆ, M. 2018. Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift- type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia). *Marine and Petroleum Geology*, 91 (2018), str. 455-469.
- RÖGL, F., STEININGER, F.F. 1984. Neogene Paratethys, Mediterranean and Indo–Pacific seaways. Implications for the paleobiogeography of marine and terrestrial biotas. P. Brenchley (ed.), *Fossils and Climate*, str. 171-200
- ROYDEN, L.H. 1988. Late Cenozoic Tectonics of Pannonian Basin System. American Association of Petroleum Geologists-Memoir, str. 27-48
- ROYDEN, L. H., HORVÁTH, F., RUMPLER, J. 1983: Evolution of the Pannonian Basin system. *Tectonics*, 2(1): str. 63-90

- SAFTIĆ, B., VELIĆ, J., SZTANÓ, O., JUHÁSZ, G. IVKOVIĆ, Ž. 2003. Tertiary Subsurface Facies, Source Rocks and Hydrocarbon Reservoirs in the SW Part of the Pannonian Basin (Northern Croatia and South-Western Hungary). *Geologia Croatica*, 56/1, str. 101-122
- ŠUMANOVAC, F. 2012. Osnove geofizičkih istraživanja, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 356 str.
- VELIĆ, J. 2007. Geologija ležišta nafte i plina, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko- naftni fakultet, Zagreb, 342 str.

PRILOZI

Prilog 1. Tablica sa dubinama i debljinama slojeva pješčenjaka u bušotini C-2

Dubina na kojoj se nalaze slojevi pješčenjaka (m)	Debljina sloja pješčenjaka (m)
850,0 - 925,4	75,40
926,0 - 946,6	20,60
966,7 - 967,9	1,20
969,3 - 970,6	1,30
970,7 - 973,0	2,30
973,7 - 999,8	26,10
1040,1 - 1041,9	1,80
1042,7 - 1045,0	2,30
1126,7 - 1153,6	26,90
1154,1 - 1192,5	38,40
1192,7 - 1233,7	41,00
1234,2 - 1236,8	2,60
1242,3 - 1252,1	9,80
1253,7 - 1255,0	1,30
1256,5 - 1258,5	2,00
1259,6 - 1265,9	6,30
1266,2 - 1268,3	2,10
1272,1 - 1275,6	3,50
1276,2 - 1286,0	9,80
1287,1 - 1288,9	1,80
1292,7 - 1298,7	6,00
1299,9 - 1304,3	4,40
1305,9 - 1306,9	1,00
1308,4 - 1309,4	1,00
1310,1 - 1315,6	5,50
1316,4 - 1317,4	1,00
1327,1 - 1331,8	4,70
1332,3 - 1334,2	1,90
1335,6 - 1336,9	1,30
1345,8 - 1347,1	1,30
1348,1 - 1349,6	1,50
1350,1 - 1351,1	1,00
1351,9 - 1354,7	2,80
1393,0 - 1394,0	1,00
1395,8 - 1400,4	4,60
1436,7 - 1443,1	6,40
1443,7 - 1445,6	1,90
1452,4 - 1454,1	1,70
1454,9 - 1462,9	8,00
1463,8 - 1466,0	2,20
1468,2 - 1485,6	17,40
1489,0 - 1495,7	6,70

1500,5 - 1501,6	1,10
1503,7 - 1532,8	29,10

Prilog 2. Tablica sa dubinama i debljinama slojeva pješčenjaka u bušotini C-3

Dubina na kojoj se nalaze slojevi pješčenjaka (m)	Debljina sloja pješčenjaka (m)
812,0 - 840,4	28,40
851,5 - 861,5	10,00
862,8 - 869,9	7,10
870,6 - 873,1	2,50
873,2 - 874,7	1,50
898,6 - 899,8	1,20
901,0 - 903,3	2,30
909,7 - 911,2	1,50
1076,1 - 1097,3	21,20
1099,3 - 1135,1	35,80
1135,6 - 1136,8	1,20
1138,4 - 1187,7	49,30
1188,6 - 1190,8	2,20
1191,7 - 1199,1	7,40
1199,4 - 1213,1	13,70
1219,1 - 1238,3	19,20
1240,5 - 1273,7	33,20
1280,2 - 1298,0	17,80
1380,5 - 1388,1	7,60
1394,0 - 1397,9	2,90
1399,5 - 1430,5	31,00
1446,2 - 1465,9	19,70