

Taložni okoliši i dubinski odnosi donjomiocenskih naslaga u Slavonsko-srijemskoj, Dravskoj i Savskoj depresiji

Bigunac, Dijana

Doctoral thesis / Disertacija

2022

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:169:764107>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)/[Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-03**



Repository / Repozitorij:

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





Sveučilište u Zagrebu

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Dijana Bigunac

**TALOŽNI OKOLIŠI I DUBINSKI ODNOSI
DONJOMIOCENSKIH NASLAGA U
SLAVONSKO-SRIJEMSKOJ, DRAVSKOJ I
SAVSKOJ DEPRESIJI**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

prof. dr. sc. Davor Pavelić
prof. dr. sc. Tomislav Malvić

Zagreb, 2022.



University of Zagreb

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Dijana Bigunac

**DEPOSITIONAL ENVIRONMENTS AND
SUBSURFACE SETTINGS OF THE LOWER
MIOCENE SEDIMENTS IN THE SLAVONIA-
SRIJEM, DRAVA AND SAVA
DEPRESSIONS**

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisors:

prof. dr. sc. Davor Pavelić
prof. dr. sc. Tomislav Malvić

Zagreb, 2022

Ova doktorska disertacija izrađena je na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu pod mentorstvom prof. dr. sc. Davora Pavelića i prof. dr. sc. Tomislava Malvića, a u sklopu Doktorskog studija geologije. Rad je financiran kao dio djelatnosti pri Portfelju istraživanja i razvoja, INA- Industrije nafte d.d. Svi podatci iz interne arhive tvrtke, preneseni u ovoj disertaciji, ispravno su i potpuno citirani uz dopuštenje Ine d.d.

ZAHVALE

Zahvaljujem svojim mentorima, prof. dr. sc. Davoru Paveliću i prof. dr. sc. Tomislavu Malviću na dugogodišnjem strpljivom vodstvu, pruženom znanju te pomoći prilikom izrade ove disertacije.

Zahvaljujem i članovima povjerenstva za ocjenu rada, prof. dr. sc. Bruni Tomljenoviću, dr. sc. Valentini Hajek Tadesse i dr. sc. Josipu Ivšiniću na nesebičnoj pomoći, smjericama i savjetima prilikom konačnog oblikovanja disertacije.

Zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Bojanu Matošu i prof. dr. sc. Darku Tibljašu na konstruktivnim razgovorima o sin-riftnoj tektonici u Sjevernohrvatskom bazenu te o površinskim istraživanjima otnanških naslaga salina jezera u Poljanskoj, kojima su pomogli učiniti ovaj rad boljim.

Zahvaljujem svojim kolegama dr. sc. Jasmini Jelić-Balta, dipl. ing. Nini Sabolu i dr. sc. Goranu Mikši na nesebičnoj logističkoj potpori prilikom terenskih istraživanja na Mramor Brdu, kao i Predragu Vekiću za korištenje profesionalne opreme za rasvjetu i snimanje uzoraka jezgara u skladištu jezgara Mramor Brdo.

Zahvaljujem svim dragim kolegicama i kolegama iz Ine koji su mi pružali potporu tijekom istraživanja i izrade rada.

Na kraju veliko hvala mojim roditeljima, kojima posvećujem ovaj rad, na optimizmu i konstantoj potpori koju su mi pružali tijekom izrade doktorske disertacije.

SADRŽAJ:

1. UVOD	6
2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	10
3. PREGLED TEMELJNIH GEOLOŠKIH ODNOSA	13
3.1. PALEOGEOGRAFSKI POLOŽAJ SJEVERNOHRVATSKOG BAZENA	13
3.2. TEKTONSKI I SEDIMENTOLOŠKI RAZVOJ SJEVERNOHRVATSKOG BAZENA	15
3.3. TALOŽNI MEGACIKLUSI, LITOSTRATIGRAFIJA I BIOSTRATIGRAFIJA	19
4. METODE ISTRAŽIVANJA I OBRADU BUŠOTINSKIH I GEOFIZIČKIH PODATAKA 23	
5. REZULTATI	35
5.1. OPISI JEZGARA, PETROGRAFSKE ANALIZE, MIKROPALEONTOLOŠKE ANALIZE I STAROST	35
5.1.1. Gabajeva Greda-1 (GaG-1)	43
5.1.2. Molve-6 (Mol-6)	45
5.1.3. Molve-29 (Mol-29)	46
5.1.4. Molve-1 istok (Mol-1Is).....	47
5.1.5. Molve-17 (Mol-17)	48
5.1.6. Molve-4 (Mol-4)	50
5.1.7. Molve-14 (Mol-14)	51
5.1.8. Molve-36 (Mol-36)	53
5.1.9. Molve-25 (Mol-25)	53
5.1.10. Molve-33 (Mol-33)	54
5.1.11. Molve-38 (Mol-38)	56
5.1.12. Leščan-2 (Lšn-2)	56
5.1.13. Leščan-1 (Lšn-1)	58
5.1.14. Dinjevac-1 (Di-1)	62

5.1.15. Kalinovac- 1Z (Kal – 1Z).....	68
5.1.16. Kalinovac- 15 (Kal – 15).....	70
5.1.17. Kalinovac-2 (Kal-2)	71
5.1.18. Kalinovac- 12 (Kal – 12).....	74
5.1.19. Kalinovac-5 (Kal – 5).....	75
5.1.20. Kalinovac-5 Alfa (Kal – 5 Al).....	77
5.1.21. Kalinovac- 19 (Kal – 19).....	79
5.1.22. Kalinovac-16 (Kal-16)	81
5.1.23. Kalinovac-4 (Kal – 4).....	82
5.1.24. Kalinovac-1S (Kal-1S).....	84
5.1.25. Kalinovac-7 (Kal-7)	86
5.1.26. Stari Gradac-2 (StG-2)	90
5.1.27. Stari Gradac-1 (StG-1)	92
5.1.28. Stari Gradac-3 (StG-3)	93
5.1.29. Stari Gradac-6 (StG-6)	94
5.1.30. Okrugljača-1 (Okr-1).....	95
5.1.31. Lončaruša-1 alfa (Lč-1al).....	97
5.1.32. Miljanovićevo-1 (Mlj-1)	100
5.1.33. Orešac-3 (Or-3)	105
5.1.34. Orešac-1 (Or-1)	106
5.1.35. Orešac-2 (Or-2)	108
5.1.36. Potony-1	112
5.1.37. Bakić-1 (Bak-1).....	114
5.1.38. Bukovica-1 (Bkc-1).....	116
5.1.39. Donja Bukovica-1 (DB-1)	119
5.1.40. Donja Bukovica-2 (DB-2)	122
5.1.41. Podravska Slatina-5 (PS-5)	123

5.1.42. Antin-1 (Ant-1)	125
5.1.43. Jarmina-1 (Ja-1).....	127
5.1.44. Jarmina-2 (Ja-2).....	129
5.1.45. Pačetin-1 (Pa-1).....	131
5.1.46. Gradište-1 (Grd-1).....	133
5.1.47. Ranisavlje-1 (Ran-1)	135
5.1.48. Otok-1 (Ot-1).....	136
5.1.49. Novoselec-2 (No-2).....	138
5.1.50. Vezišće-5 (Vz-5)	140
5.1.51. Okešinec-1 Alfa (Oke-1 Al)	141
5.1.52. Žutica-249 Duboka (Žu-249 D)	142
5.1.53. Okoli Duboka -1 (OkD-1)	144
5.1.54. Okoli Duboka -2 (OkD-2)	145
5.1.55. Osekovo-2 Istok (O-2Is).....	145
5.1.56. Vrbak-1 (Vrb-1)	148
5.2. STRUKTURNA GRAĐA I AKTIVNI RASJEDI U EKSTENZIJSKOJ FAZI RAZVOJA ISTRAŽIVANOG PROSTORA DRAVSKE DEPRESIJE	149
5.2.1. Povezivanje rezultata sedimentoloških istraživanja s rezultatima interpretacije refleksijske seizmike	149
5.2.2. Interpretacija refleksijskih seizmičkih profila istraživanog prostora Dravske depresije	150
6. DISKUSIJA.....	159
6.1. ANALIZA LITOFACIJESA	159
6.1.1. Litofacijes klast potpornih breča (Bc)	159
6.1.2. Litofacijes matriks potpornih breča (Bmm)	160
6.1.3. Litofacijes matriks potpornih konglomerata (Gmm)	160
6.1.4. Litofacijes klast potpornih konglomerata (Gc)	161

6.1.5. Litofacijes masivnih klast potpornih konglomerata (Gmc) sa slatkovodnim mikrofosilima	162
6.1.6. Litofacijes laminiranih pješčenjaka (Sl).....	162
6.1.7. Litofacijes masivnih pješčenjaka (Sm).....	163
6.1.8. Litofacijes masivnih hematitiziranih muljnjaka do silita (Fm)	164
6.1.9. Litofacijes laminiranih lapora (F).....	165
6.1.10. Litofacijes laminiranih dolomita, anhidrita i pelita (D)	165
6.1.11. Piroklastične stijene.....	166
6.1.12. Efuzivne stijene	167
6.2 . TALOŽNI OKOLIŠI.....	168
6.2.1. Aluvijalne lepeze.....	168
6.2.2. Prepletene rijeke	174
6.2.3. Hidrološki zatvorena (salina) jezera.....	174
6.2.4. Hidrološki otvoreno jezero	175
6.3. USPOREDBA INTERPRETIRANIH LITOFACIJESA I TALOŽNIH OKOLIŠA PO DEPRESIJAMA.....	179
6.3.1. Savska depresija	180
6.3.2. Slavonsko-srijemska depresija	183
6.3.3. Dravska depresija	186
6.4. OPIS I IZDVAJANJE NOVIH LITOSTRATIGRAFSKIH JEDINICA	188
7. ZAKLJUČCI.....	191
8. LITERATURA.....	194
9. ŽIVOTOPIS	212
10. POPIS OBJAVLJENIH RADOVA	212

POPIS SLIKA:

Slika 1.1: Geometrija sin-riftnih naslaga na poprečnom profilu (a); (prilagođeno prema WITHJACK et al, 2002 i SHCLISCHE, 1995) te na neinterpretiranom (b) i interpretiranom (c) seizmičkom profilu iz SI dijela Dravske depresije (položaj profila prikazan je na prilogu 2); Rs7 je podina panonskih naslaga, d je krovina donjomiocenskih naslaga, a PN je podina neogenskih naslaga.....	7
Slika 3.1: Položaj SHB-a i jugozapadna granica Paratetisa (prilagođeno prema PAVELIĆ, 2002).....	13
Slika 3.2: Razvoj središnjeg Paratetisa od kasnog oligocena do panona; S.P.-Središnji paratetis, I.P.-Istočni Paratetis (prilagođeno prema HARZHAUSER & PILLER, 2007).....	14
Slika 3.3: Stratigrafska korelacija Središnjeg i Istočnog Paratetisa (prilagođeno prema NEUBAUER et al. 2015)	15
Slika 3.4: Tektonski mega-blokovi podine neogena PBS-a (prilagođeno prema SCHMID et al., 2008).....	16
Slika 3.5: Prostorni raspored glavnih neogenskih bazena u PBS-u (prilagođeno prema ROYDEN, 1983). Značenje kratica: HPBS-hrvatski dio PBS-a, Dr-Dravska depresija, S-Savska, SS-Slavonsko-srijemska, M-Murska, Z-Zala, G-Graz, Da-Dunavski bazen, V-Bečki bazen, Tc-Transkarpatski, Ts-Transilvanijski, VMR-Velika mađarska ravnica; crveni poligoni – prostori istraženi ovim radom.....	17
Slika 3.6: Regionalne tektonske faze tijekom neogena HPBS-a (prilagođeno prema MALVIĆ & VELIĆ, 2011).....	19
Slika 3.7: usporedba litostratigrafskih jedinica u Hrvatskoj i Mađarskoj (MALVIĆ & CVETKOVIĆ, 2013)	20
Slika 3.8: Sedimentološki i stratigrafski shematski stup SHB-a (prilagođeno prema PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018), zaokruženo crvenim su naslage koje su predmet ovog rada.....	21
Slika 3.9: Promjene stratigrafske nomenklature donjeg i srednjeg miocena (prilagođeno prema ČORIĆ et al., 2009).....	22
Slika 4.1: Razlike u gustoći seizmičkih podataka: dok udaljenosti između 2D profila variraju od 1-2 km i više (slika lijevo), razmak između 3D profila je od 30-40 m (na slici desno, detalj jednog od interpretiranih 3D volumena iz Dravske depresije).....	27
Slika 4.2: Algoritmi za izradu interpolacijskih mreža u programu Z-map	27

Slika 4.3: Interpolacija algoritmom najmanjih kvadrata	28
Slika 4.4: Položajna karta istraživanog prostora s naznačenim poligonima 3D seizmike (ružičasti poligoni). Prostor između naznačenih poligona 3D seizmike prekrivaju 2D seizmički refleksijski profili (prikazano sivim linijama).....	34
Slika 5.1: Položajna karta bušotina istraženih ovim radom u prostoru Dravske depresije	36
Slika 5.2: Položajna karta bušotina istraženih ovim radom u prostoru Slavonsko-srijemske depresije	37
Slika 5.3: Položajna karta bušotina istraženih ovim radom u prostoru Savske depresije	37
Slika 5.4: Geološki stup i jezgre 10 i 11 bušotine GaG-1	43
Slika 5.5: GaG-1 J-10, fenokristali feldspata u matriksu od izmijenjenog stakla (lijevo), trahandezit iz 2. m jezgre te laminirani dolomit i anhidrit iz 3. i 4. m jezgre (desno)	44
Slika 5.6: Korelacijski profil bušotina Mol-6, -29 i – 11S s jezgrovanim intervalima.....	45
Slika 5.7: Korelacijski profil bušotina Mol-17 i -4 s jezgrovanim intervalima	49
Slika 5.8: Mol-4 J-4, loše sortirana polimiktna breča; fragment fluidalne tekture (uvećani detalj dolje desno)	51
Slika 5.9: Korelacijski profil bušotina Mol-14, -36 i -25 s jezgrovanim intervalima	52
Slika 5.10: Mol-25 J-4 3., 4. i 5. m, laminirani dolomit i anhidrit	54
Slika 5.11: Korelacijski profil bušotina Mol-33 i -38 s jezgrovanim intervalima	55
Slika 5.12: Korelacijski profil bušotina Lšn-2, -1 i Di-1 s jezgrovanim intervalima.....	57
Slika 5.13: Lšn-2, fragment polimiktnog konglomerata iz 1.m J-4	58
Slika 5.14: Lšn-1, hematizirani tuf, fragment iz J-14	59
Slika 5.15: Lšn-1 J-11 fragment polimiktnog konglomerata iz 3.m jezgre.....	60
Slika 5.16: Di-1, jezgre 9-15	62
Slika 5.17: Di-1 J-15, polimiktni konglomerat s hematiziranim vezivom.....	63
Slika 5.18: Di-1 ostatak J-10, matriksom potporni konglomerat s hematiziranim vezivom .	64
Slika 5.19: Di-1 J-9, fragment polimiktnog konglomerata iz donjeg dijela jezgre	65
Slika 5.20: Di-1 J-8, polimiktni, klastima potporni konglomerat	66
Slika 5.21: Di-1 J-5, ostaci 1., 2. i 3. m jezgre	67
Slika 5.22: Korelacijski profil bušotina Kal-1Z i Kal-15 s jezgrovanim intervalima	68
Slika 5.23: Kal-1Z, fragmenti hematiziranog muljnjaka i pješčenjaka iz J-5.....	69
Slika 5.24: Kal-1Z J-3, fragmenti hematiziranog muljnjaka i pješčenjaka iz 1. m jezgre te fragment tufa iz 2. m jezgre	70
Slika 5.25: Korelacijski profil bušotina Kal-2, -12, -5 i -5Al s jezgrovanim intervalima.....	72
Slika 5.26: Kal-2 J-3, fragmenti tufa iz 2.m jezgre (lijevo) i uvećani detalj (desno).....	73

Slika 5.27: Kal-2 J-2, ostatak fragmenata klastima potporne breče iz 2.m jezgre	74
Slika 5.28: Kal-5, fragmenti matriksom do klastima potporne breče iz J-6 (lijevo) te uvećani detalj jednog od fragmenata s fluidalnom teksturom (desno)	76
Slika 5.29: Kal-5 J-5, fragment matriksom potpornog konglomerata iz 1.m jezgre	76
Slika 5.30: Kal-5 J-4, fragment klastima potpornog konglomerata iz 2.m jezgre.....	77
Slika 5.31: Kal-5 Al J-2, fragment tufa iz 2.m	78
Slika 5.32: Kal-5 Al J-1	78
Slika 5.33: Korelacijski profil bušotina Kal-19, -16 i -4 s jezgrovanim intervalima.....	80
Slika 5.34: Kal-19 klastima potporni konglomerat iz J-1	81
Slika 5.35: Kal-16 J-2, klastima potporni konglomerat iz 4.m	82
Slika 5.36: Kal-4 J-3, ostaci fragmenata polimiktnog konglomerata i breče iz 1., 2. i 3. m jezgre	83
Slika 5.37: Korelacijski profil bušotina Kal-1S i Kal-7 s jezgrovanim intervalima	84
Slika 5.38: Kal-1S, hematizirani polimiktni konglomerat, fragment iz J-5.....	85
Slika 5.39: Kal-1S, erozijski kontakt pješčenjaka i konglomerata u fragmentu iz J-4.....	86
Slika 5.40: Kal-7 J-5 3. m	87
Slika 5.41: Kal-7 J-5, fragment iz 1. m	87
Slika 5.42: Kal-7 J-3, fragment polimiktnog konglomerata iz 2. m jezgre.....	88
Slika 5.43: Kal-7 J-2, fragmenti polimiktnog konglomerata iz 1.m jezgre.....	89
Slika 5.44: Kal-7 J-1, fragmenti polimiktnog konglomerata	89
Slika 5.45: Korelacijski profil bušotina StG-2, -1, -3, -6 i Okr-1 s jezgrovanim intervalima..	91
Slika 5.46: StG-6 J-1, fragmenti polimiktnog, klastima potpornog konglomerata iz 6. i 7.m.	95
Slika 5.47: Okr-1 J-11, fragmenti vulkanske breče iz 1. i 2. m jezgre.....	96
Slika 5.48: Okr- J-10 3.m, pješčenjak s pelitnim laminama.....	97
Slika 5.49: Geološki stup bušotine Lč-1Al s jezgrovanim intervalima.....	98
Slika 5.50: Lč-1Al J-9, polimiktni, klastima potporan konglomerat.....	99
Slika 5.51: Korelacijski profil bušotina Mlj-1, Or-3, Or-1 i Or-2 s jezgrovanim intervalima	101
Slika 5.52: Mlj-1, fragmenti klastima potporne breče iz J-12.....	102
Slika 5.53: Mlj-1, matriksom potporna breča iz J-9.....	103
Slika 5.54: Mlj-1 J -7, donjomiocenski konglomerat 3. m jezgre prekrivaju sitnozrnaste naslage ?badena	104
Slika 5.55: Mlj-1, fragment andezit-bazalta iz J-6	105
Slika 5.56: Or-1 ostatak klastima potporne breče iz J-12	107
Slika 5.57: Or-1 ostatak fragmenata klastima potpornog konglomerata iz J-11	107

Slika 5.58: Or-1 ostaci fragmenata andezit-bazalta te lapora (vršni dio jezgre, na slici lijevo) iz J-10	108
Slika 5.59: Or-2 ostatak fragmenata laminarnog i mjestimično nodularnog dolomikrita sa šejlom iz J-11	109
Slika 5.60: Or-2 J-5 fragmenti bazalt-andezita iz 1.m (lijevo) i 4. m (desno)	112
Slika 5.61: Geološki stup bušotine Potony-1 s jezgrovanim intervalom	112
Slika 5.62: Potoy-1, fragment ignimbrita iz J-1	113
Slika 5.63: SEM fotografija sferulita (lijevo) te interkristalnih pora (desno)	113
Slika 5.64: Geološki stup bušotine Bak-1 s jezgrovanim intervalima	114
Slika 5.65: Bak-1, izbrusak iz J-2, palagonit s mandulama ispunjenim kvarcom i kalcitom te štapićima plagioklasa (-N lijevo, +N desno)	115
Slika 5.66: Korelacijski profil bušotina Bkc-1, DB-1 i DB-2 s jezgrovanim intervalima	117
Slika 5.67: DB-1 fragmenti kristalolitoklastičnog tufa iz J-10	119
Slika 5.68: DB-1, J-8, fragmenti vitroklastičnog tufa iz 1. m jezgre	120
Slika 5.69: DB-1, fragmenti matriksom potpornog konglomerata s hematitiziranim vezivom iz vršnog dijela J-5	121
Slika 5.70: DB-1, izbrusak iz J-5, izmjena siltita i pješčenjaka (-N lijevo, +N desno).....	122
Slika 5.71: Geološki stup bušotine PS-5 s jezgrovanim intervalima	123
Slika 5.72: Geološki stup bušotine Ant-1 s jezgrovanim intervalom.....	125
Slika 5.73: Ant-1, jezgra J-3.....	126
Slika 5.74: muljnjak do siltit u izmjeni sa sitnozrnatim litoarenitom, laminacija i bioturbacije, Ant-1, J-3, 3.m.....	126
Slika 5.75: Korelacijski profil bušotina Ja-1, Ja-2 i Pa-1 s jezgrovanim intervalima	128
Slika 5.76: Ja-1, ostatak matriksom potporne breče iz jezgre J-21	129
Slika 5.77: Ja-2 J-1, fragmenti matriksom potporne breče iz 2. m jezgre.....	130
Slika 5.78: Pa-1, ostaci fragmenata matriksom potpornog konglomerata iz J-8 (lijevo) i fragmenata hematitiziranog pješčenjaka i konglomerata iz J-7 (desno)	132
Slika 5.79: Korelacijski profil bušotina Grd-1, Ran-1 i Ot-1 s jezgrovanim intervalima	134
Slika 5.80: Grd-1 J-3, fragmenti klastima potpornog polimiktog konglomerata iz 1. m jezgre	135
Slika 5.81: Ran-1, matriksom potporna polimiktna breča, fragment iz J-2	136
Slika 5.82: Ot-1, klastima potporan konglomerat iz J-4	137
Slika 5.83: Korelacijski profil bušotina No-2, Vz-5 i Oke-1Al s jezgrovanim intervalima .	139

Slika 5.84: Korelacijski profil bušotina Žu-249 D, OkD-1 i OkD-2 s jezgrovanim intervalima	143
Slika 5.85: Korelacijski profil bušotina O-2Is i Vrb-1 s jezgrovanim intervalima.....	146
Slika 5.86: O-2 Is fragment masivnog, klastima potpornog konglomerata iz J-5.....	147
Slika 5.87: O-2 Is – fragmenti klastima potpornog konglomerata iz 2.m J-4	148
Slika 5.88: Vrb-1 fragmenti J-8 1. m i hematizirani matriks konglomerata (reflektirano svjetlo)	149
Slika 5.89: Karta debljina dojomiocenskih naslaga u istraženom prostoru Dravske depresije	153
Slika 5.90: Paleovulkan Orešac na neinterpretiranom (a) i interpretiranom seizmičkom profilu 4- 4´; položaj profila na prilogu 1 (preuzeto i prilagođeno prema BIGUNAC et al., 2019)..	154
Slika 5.91: a) Neinterpretirani i b) interpretirani seizmički profil 5-5 ´ s prikazom mogućeg razorenog kratera (označenog plavim), crtkano crvenim je označena "gas chimney" zona, crtkano plavim mogući pravac prodora magme i svijetloplavim dijatrema (položaj profila na prilogu 1).....	155
Slika 5.92: Neinterpretirani (a) i interpretirani seizmički profil 9-9´ preko "roll-over" antiklinale u krovinskom krilu listričkog rasjeda na SI rubu istraženog prostora Dravske depresije; položaj profila na prilogu 2).....	157
Slika 6.1: Model aridne aluvijalne lepeze na karti (gore) i na uzdužnom vertikalnom presjeku (prilagođeno prema TUCKER, 2008); krupnozrnasti litofacijesi gornje lepeze prelaze u srednje i sitnozrnaste u srednjoj i donjoj lepezi te distalno u muljeve salina jezera.....	170
Slika 6.2: Glavni opskrbni kanjon aluvijalne lepeze A na okomitom seizmičkom presjeku (označen crvenom strelicom) te položaj vodoravnoga presjeka (žuta linija); profil 7-7 se nalazi na SI rubu Dravske depresije (položaj je dan na prilogu 2).....	171
Slika 6.3: a) bahada na SI rubu Dravske depresije i b) uvećani detalj preklapanja 4 lepeze u podnožju planinskog čela; (položaj horizontalnog presjeka na slici 6.2.....	171
Slika 6.4: a) Neinterpretirani i b) interpretirani seizmički profil 6-6 s interpretiranim progradirajućim klinoformama donjobadenskog jezera označenima svijetlo žutom; u gornjem središnjem dijelu profila, između 1300 i 1700 ms, vide se i klinoforme Panonskog jezera; položaj profila se nalazi na prilogu 2.....	177
Slika 6.5: a) Položaj horizontalnog presjeka prikazanog slikom b) i c) uvećani detalj horizontalnog presjeka sustava deltnih opskrbnih kanala.....	178
Slika 6.6: Opća obilježja istraženih donjomiocenskih naslaga	179

Slika 6.7: Dubinska strukturalna karta po krovini otnanga (MUŽINA et al., 2016*); preuzeto iz Arhive Ine; bijelim je označen korelacijski profil preko bušotina Ok-1Du, DJ-1 i O-2Is	181
Slika 6.8: Korelacijski profil SZ-JI preko bušotina Ok-1Du, DJ-1 i O-2Is; položaj profila naznačen je na slici 6.2.....	182
Slika 6.9: Dubinska strukturalna karta po podini panona (KRANJČEC et al., 2011*). Plavim je označen prostor istražen ovim radom.; preuzeto iz Arhive Ine.....	184
Slika 6.10: a) Neinterpretirani i palinspastički profili s prikazom b) recentnih strukturalnih odnosa, c) strukturalnih odnosa krajem srednjeg miocena i d) krajem ranog miocena; bušotina Ant-1 je na vrhu asimetrične antiklinale tzv. "harpoon" tipa, nastale djelomičnom inverzijom donjomiocenskih naslaga u krovini listričkog rasjeda	185
Slika 6.11: Paleogeografska rekonstrukcija otnanško-karpatskih okoliša zapadnog dijela Dravske depresije	187
Slika 6.12: Paleogeografska rekonstrukcija donjobadenskih okoliša istočnog dijela istraženog prostora Dravske depresije	188
Slika 6.13: Sedimentološki i stratigrafski shematski stup Dravske depresije (standardna kronostratigrafija, litologija, okoliši taloženja, Središnji Paratetis i Panonsko jezero prema PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018, dopunjeno prema BRLEK et al., 2020, a litostratigrafija prema rezultatima istraživanja ovog rada).....	189

POPIS PRILOGA:

Prilog 1: Dubinska karta po podini neogenskih naslaga (PN)

Prilog 2: Dubinska karta po krovini donjomiocenskih naslaga (d)

Prilog 3: Uzdužni profili 10-10' i D-D'

Prilog 4: Uzdužni profili 1-1', A-A', 2-2', B-B' i 3-3', C-C'

Prilog 5: Shematski grafički prikaz donjomiocenskih kopnenih okoliša istraženog prostora Dravske depresije; crtkana linija označava pretpostavljenu granicu krovinskih donjobadenskih jezerskih naslaga.

Prilog 6: Shematski grafički prikaz donjomiocenskih kopnenih okoliša istraženog prostora Savske depresije (lijevo) te istraženog prostora Slavonsko-srijemske depresije (desno)

POPIS TABLICA:

Tablica 5.1: Popis svih interpretiranih bušotina s jezgrovanim intervalima.....38

PROŠIRENI SAŽETAK

Cilj ovog doktorskog istraživanja bio je proširenje postojećih spoznaja o mehanizmima taloženja donjomiocenskih naslaga formacije Moslavačka Gora u Dravskoj depresiji, formacije Vukovarske u Slavonsko-srijemskoj depresiji te formacije Prečec u Savskoj depresiji. Korelacijom te kartiranjem tih taložina omogućeno je određivanje njihovog bočnog i okomitog prostiranja. Opisane su metode postavljanja granice donji – srednji miocen u analiziranim prostorima te su konstruirani paleogeografski modeli koji pojašnjavaju taloženje tih naslaga.

U prvoj fazi istraživanja tijekom kabinetskog rada prikupljeni su svi dostupni podatci o jezgrama te analitički podatci koji se odnose na petrološke, mikropaleontološke i palinološke odredbe uzoraka iz jezgara i/ili sa sita. Nakon toga su tijekom terenskog rada u skladištu jezgara Mramor Brdo jezgre pregledane makroskopski te su analizirane i opisane teksturno-strukturne značajke kao što su veličina i oblik zrna, zaobljenost, sortiranost, odnos zrna i veziva, boja, struktura, slojevitost, laminacija, deformacijske strukture, okomite promjene litofacijesa te dijagenetske promjene. Opisana su obilježja jezgrovanih intervala na ukupno 56 bušotina, pri čemu je najveći broj, tj. 41 bušotina, iz Dravske depresije, sedam bušotina iz Slavonsko-srijemske te osam bušotina iz Savske depresije. Litofacijsna analiza jezgara omogućila je izdvajanje ukupno 12 litofacijesa, od čega je devet klastičnih i to: litofacijs klastima potpornih breča (Bc), litofacijs matriksom potpornih breča (Bmm), litofacijs matriksom potpornih konglomerata (Gmm), litofacijs klastima potpornih konglomerata (Gc), litofacijs masivnih klastima potpornih konglomerata (Gmc) sa slatkovodnim mikrofosilima, litofacijs laminiranih pješčenjaka (Sl), litofacijs masivnih pješčenjaka (Sm), litofacijs masivnih hematitiziranih muljnjaka do siltita (Fm), litofacijs laminiranih lapora (F), litofacijs laminiranih dolomita, anhidrita i pelita (D) te piroklastične i efuzivne stijene.

Odredbe litofacijesa, petrografske analize izbrusaka iz jezgara te karotažne krivulje prirodne radioaktivnosti (GR), otpornosti (R) i gustoće (DEN) korišteni su kako bi se načinili litološki stupovi i korelacijski profili bušotina.

Litofacijsi su razvrstani u kontinentalne taložne okoliše aluvijalnih lepeza, prepletenih rijeka, hidrološki zatvorenih (salina) jezera te hidrološki otvorenog jezera. Za interpretirane okoliše je pretpostavljeno da su nastali tijekom ranog miocena te ranog badena, a prekriveni su morskim naslagama Paratetisa.

Opisani su novi članovi koji se odnose na kontinentalne okoliše, budući da rezultati ovog istraživanja upućuju na zaključak kako su članovi Mosti i Čeralije nedostatni za potpuni opis slijeda sinriftnih naslaga. Takvi novi članovi obuhvaćaju: naslage aluvijalnih lepeza i

prepletenih rijeka (član Drava), evaporitne salina naslage (član Gabajeva Greda), donjomiocenske piroklastične naslage (tuf Bakić) te donjobadenske jezerske naslage (član Orešac).

Utvrđeno je da su donjomiocenski litofacijesi najraznovrsniji u Dravskoj depresiji, a zajedničko svim trima depresijama je razvoj aluvijalnih okoliša u uvjetima semiaridne klime u vrijeme otnanga i karpata. Uz tektoniku i vulkanizam, utjecaj klime na taloženje tijekom ranog miocena vrlo je značajan i ogleda se u njezinom utjecaju na intenzitet erozije i rezultirajućem prinosu sedimenta koji je zapunjavao bazen. Tako primjerice smanjena precipitacija u uvjetima semiaridne klime uvjetuje slab razvoj vegetacije koja bi mogla usporiti eroziju, što pogoduje rijetkim, ali intenzivnim poplavama te razvoju sustava aridnih aluvijalnih lepeza i prepletenih rijeka.

Tijekom korelacije bušotina najprije su definirane diskordancije na karotažnim krivuljama, a potom su analizirane promjene u oblicima i otklonima pojedinih krivulja. Time se dobio uvid u debljinu i bočnu rasprostranjenost litoloških jedinica. Najveći broj dostupnih bušotinskih i seizmičkih podataka bio je u istraženom prostoru Dravske depresije, gdje su povezani bušotinski podatci sa interpretacijom 2D i 3D refleksijske seizmike u svrhu opisa razvoja pojedinih taložnih okoliša. Na taj način je omogućena vremenska rekonstrukcija zbivanja tijekom ranog miocena.

Temeljem strukturne analize interpretiran je tektonski razvoj istraživanog prostora tijekom donjeg i srednjeg miocena. Načinjene su strukturne karte po podini panonskih naslaga (Rs7), po krovini donjomiocenskih naslaga (d) te karta debljina donjomiocenskih naslaga. Istraženi prostor ima obilježja asimetričnog rifta, tj. tektonske polugrabe omeđene na JZ strani normalnim, glavnim rubnim Dravskim rasjedom, a na SI nizom normalnih rasjeda, znatno plićih i kraćega pružanja. U istočnom, dubljem dijelu bazena, koji je ujedno i najdublji dio Dravske depresije, nalaze se jezerske klinoforme Gilbertove delte te dva paleovulkana i jedan razoreni vulkanski krater tipa maar.

Kartiranjem krovine donjomiocenskih naslaga (d) utvrđeno je da se na seizmičkim profilima rubnih bazenskih prostora taj stratigrafski horizont može prepoznati kao *onlap* površina, odnosno kao površina na koju bočno naliježu donjobadenske jezerske i/ili morske taložine. Na karotažnim krivuljama to je vidljivo kao nagla promjena trendova koja upućuje na diskordanciju. Oni, posebno na krivulji GR-a, odražavaju cikluse pokrupnjavanja i positnjavanja koji se češće izmjenjuju u starijim dijelovima donjomiocenskih sukcesija, dok u gornjim dijelovima prevladavaju ciklusi positnjavanja prema gore. To upućuje na to kako su

početni, intenzivni tektonski pokreti u ranom stadiju riftanja nastavljene općenito stabilnijim uvjetima u bazenu uz snižavanje kopnenoga reljefa.

Ključne riječi: donji miocen, kopneni litofacijesi, strukturna građa, Dravska depresija, Savska depresija, Slavonsko-srijemska depresija

EXTENDED ABSTRACT

The aim of this doctoral research was to expand the existing knowledge about the mechanisms of deposition of Lower Miocene deposits of the Moslavačka Gora Formation in the Drava Depression, the Vukovar Formation in the Slavonian-Srijem Depression and the Prečec Formation in the Sava Depression. By correlating and mapping these sediments, it was possible to determine their lateral and vertical distribution. Methods for setting the Lower - Middle Miocene boundary in the analyzed areas are described, and paleogeographic models are constructed that explain the deposition of these deposits.

In the first phase of the research, during the cabinet work, all available well core data and analytical data related to petrological, micropaleontological and palynological analyses were collected. After that, during field work in the Mramor Brdo core repository, the cores were examined macroscopically and textural-structural features such as grain size and shape, roundness, sorting, color, structure, stratification, lamination, deformation structures, vertical lithofacies changes and diagenetic changes were analyzed and described. Sedimentological characteristics of the core intervals on a total of 56 wells are described, with the largest number, i.e., 41 wells, from the Drava Depression, 7 wells from Slavonia-Srijem and 8 wells from the Sava Depression.

Lithofacies analyses revealed a total of 12 lithofacies, of which 9 were clastic: clast - supported breccias (Bc), matrix - supported breccias (Bmm), matrix - supported conglomerates (Gmm), massive clast - supporting conglomerates with freshwater microfossils (Gmc), laminated sandstones (Sl), massive sandstones (Sm), massive hematitized mudstones to siltstones (Fm), laminated dolomite, anhydrite and pelitic rocks (D) and pyroclastic and effusive rocks.

Lithofacies determinations, petrographic analyses and log curves of natural radioactivity (GR), resistance (R) and density (DEN) were used to make lithological columns and well correlation profiles.

Lithofacies are classified into continental sedimentary environments of alluvial fans, braided rivers, hydrologically closed (salina) lakes and hydrologically open lake. The

interpreted environments are assumed to have formed during the early Miocene and are covered by marine deposits of Paratethys.

The new lithostratigraphic members related to continental environments have been described, as the results of this research suggest that the Mosti and Čeralije Members are insufficient to fully describe the sequence of syn-rift deposits. These new Lower Miocene members include alluvial fan deposits and braided rivers (Drava Member), evaporite salina deposits (Gabajeva Greda Member), lake deposits (Orešac Member) and pyroclastic deposits (Bakić tuff).

It has been determined that the Lower Miocene lithofacies are the most diverse in the Drava Depression, and common to all three depressions is the development of alluvial environments in the conditions of the semiarid climate during the Otnangian and Carpathian.

In addition to tectonics and volcanism, the influence of climate on sedimentation during the early Miocene is very significant and is reflected in its influence on the intensity of erosion and the resulting yield of sediment that filled the basin. Thus, for example, reduced precipitation in a semiarid climate condition causes poor vegetation development that could slow down erosion, which favors rare but intense floods and the development of arid alluvial fan systems and braided rivers.

During the well correlation, unconformities were defined on log curves, then changes in the shapes and deflections of individual curves were analyzed. This gave an insight into the thickness and lateral distribution of lithological units.

The largest number of available well and seismic data was in the investigated area of the Drava Depression, where well data were associated with the interpretation of 2D and 3D reflection seismic in order to describe the development of individual sedimentary environments. This approach enabled a reconstruction of events during the early Miocene.

Based on the structural analysis of seismic data, the tectonic development of the investigated area during the Lower and Middle Miocene was interpreted.

The structural maps of the base of Pannonian (Rs7), top of the Lower Miocene sediments (d) and thickness map of the Lower Miocene are interpolated. It is concluded that the investigated area has the characteristics of an asymmetric rift, i.e., tectonic half-graben bounded on the SW side by the normal Drava fault, and on the NE by a series of much shallower and shorter normal faults. In the eastern, deeper part of the basin, which is also the deepest part of the Drava Depression, main features are lake clinofolds of the Gilbert delta, two paleovolcanoes and one destroyed volcanic crater of the maar type.

Mapping of the top of the Lower Miocene sediments (d) revealed that this surface represents onlap - surface overlain by Lower Badenian lake and/or marine deposits, that is visible on seismic sections of the marginal basin parts. On the log curves this surface is visible as an abrupt change in trends indicating unconformity. Log curve trends and patterns, especially on the GR curve, reflect the coarsening and fining upward cycles that alternate more frequently in the older parts of the Lower Miocene successions, while in the upper parts fining upward cycles predominate. This suggests that initial, intense tectonic movements in the early rifting stage continued with generally more stable conditions in the basin with a decrease in land relief.

Key words: Lower Miocene, continental litofacieses, structural settings, Drava Depression, Sava Depression, Slavonia-Srijem Depression

1. UVOD

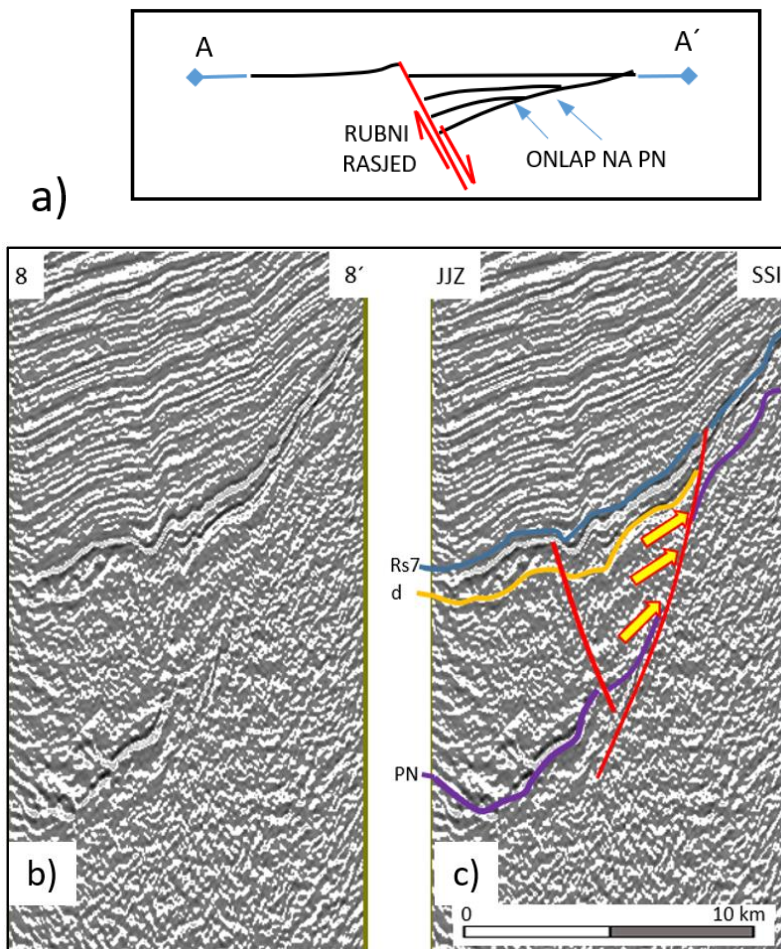
Taložine Vukovarske formacije u Slavonsko-srijemskoj depresiji, formacije Prečec u Savskoj depresiji, a posebno naslage člana Mosti formacije Moslavačka Gora u Dravskoj depresiji predstavljaju značajne ležišne stijene u Sjevernohrvatskom bazenu (skr. SHB), a posebno u Dravskoj depresiji (npr. VELIĆ et al., 2002, MALVIĆ, 2003). Pri tome su donjomiocenski klastiti najčešće dio masivnog ležišta koje može obuhvaćati badenske marinske, donjomiocenske kontinentalne klastične naslage te raspucane stijene podine neogena. Primjeri su brojni, npr. polje Đeletovci iz Slavonsko-srijemske depresije, polje Molve i mnoga druga polja iz Dravske depresije, te nekoliko polja Savske depresije (Šumećani, Bunjani, Kloštar). Udio donjomiocenskih stijena pri tome je promjenjiv, a na nekim poljima donjomiocenski hematizirani klastiti su glavne ležišne stijene, kao što je slučaj na polju Števkovica.

Taloženje slatkovodnih i morskih sedimenata se od ranog miocena do srednjeg badena odvijalo tijekom kontinentalnog riftanja u sin-riftnoj fazi razvoja SHB-a (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018). Kontinentalni riftni bazeni su izdužene tektonske depresije ograničene na jednoj ili objema stranama normalnim rasjedima koji zahvaćaju stariju podlogu, mogu biti duljine više desetaka km i nerijetko imaju višekilometarske skokove. Predstavljaju glavne ili rubne riftne rasjede s kompleksnim i varijabilim prostornim smještajem.

Promatrano na poprečnim profilima, rubni rasjedi mogu imati stubastu geometriju i nagib u istom smjeru, tvoreći tako asimetrične riftne bazene (WITHJACK et al., 2002). Također mogu biti usporedni, s konvergentnim smjerovima nagiba čineći tako simetrične riftne bazene ili mogu imati još kompleksniji odnos u slučaju kada se presijecaju. Većina riftnih bazena sadrži intrabazenske rasjede sa skokovima od više stotina metara i duljine desetke kilometara, a njihov razvoj je povezan s dominantnim sa smjerom ekstenzije. Tako pri ortogonalnoj ekstenziji nastaju intrabazenski normalni rasjedi usporedni s glavnim, rubnim normalnim rasjedom i okomiti na smjer maksimalne ekstenzije ili primjerice normalni rasjedi pod određenim kutem na rubne rasjede u slučaju kada je smjer maksimalne ekstenzije dijagonalan u odnosu na glavnu rubnu riftnu zonu (npr. CLIFTON et al., 2000, WITHJACK et al., 2002).

Razvoj riftnog bazena najčešće započinje nastankom niza odvojenih rasjednih segmenata bez međusobne interakcije, a koji se tijekom daljnjega bočnoga i okomitoga napredovanja spajaju. Bazen se pri tome produbljuje, produžuje i širi te se akomodacijski prostor povećava (GAWTHORPE & LEEDER, 2000). Posljedično, prostiranje i debljine

starijih i mlađih sin-riftnih naslaga mogu znatno varirati na način da se starije naslage prostiru na većim dubinama u centru inicijalno izoliranih rasjednih segmenata, dok mlađe sin-riftna naslage prekrivaju veće površine, pri tom tvoreći taložna tijela klinastog oblika, gledajući u poprečnom profilu na glavni, rubni rasjed (slika 1.1) te i divergirajući prema glavnim rubnim rasjedima (npr. LEEDER & GAWTHORPE, 1987; PROSSER, 1993; SHCLISCHE, 1995).



Slika 1.1: Geometrija sin-riftnih naslaga na poprečnom profilu (a); (prilagođeno prema WITHJACK et al, 2002 i SHCLISCHE, 1995) te na neinterpretiranom (b) i interpretiranom (c) seizmičkom profilu iz SI dijela Dravske depresije (položaj profila prikazan je na prilogu 2); Rs7 je podina panonskih naslaga, d je krovina donjomiocenskih naslaga, a PN je podina neogenskih naslaga

Litostratigrafski razvoj unutar ekstenzijskih bazena ovisi o kompleksnom međudjelovanju tektonskog spuštanja i izdizanja, vulkanizma, donosu sedimenta, eustazije, klime te geografskog položaja rifta (npr. LEEDER & GAWTHORPE, 1987; PROSSER, 1993; GAWTHORPE & LEEDER, 2000). Litostratigrafske značajke bazenskih sin-riftnih naslaga, ukoliko ne počinju marinskim naslagama, najčešće su karakterizirane tzv. tripartitnim razvojem i to isprva fluvijalnih facijesa, nakon kojih slijedi starvacija bazena s razvojem dubokomorskih ili jezerskih facijesa te na koncu ponovo fluvijalnih (npr. PROSSER, 1993), što ovisi o interakciji između donosa sedimenta, volumenu vode u bazenu i strukturno uvjetovanoga taložnoga prostora. Tako se jezersko taloženje može razviti kada akomodacijski prostor nadvlada donos sedimenta, hidrološki otvorena jezera nastaju u uvjetima kada volumen vode nadvlada kapacitet bazena, a hidrološki zatvorena kada je volumen vode manji od kapaciteta bazena (WITHJACK et al, 2002). Tripartitni litostratigrafski razvoj razvijen je i na prostoru SHB-a, gdje nakon taloženja aluvijalnih naslaga slijede eolske naslage, naslage taložene u salina okolišima te potom jezerski, a na kraju i marinski litofacijesi (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018), što je potvrđeno i ovim radom. Osim glavnim, rubnim normalnim rasjedima, sin-riftne naslage su u podini omeđene pred-riftnom diskordancijom, koja je u ovom radu označena „podinom neogena“ ili kraticom PN. U krovini sin-riftnih naslaga je određen post-riftni EK-marker Rs7, dok novouvedeni EK-marker „d“ predstavlja krovinu donjomiocenskih kopnenih naslaga.

Cilj ovog istraživanja je bio proširiti postojeće spoznaje o donjomiocenskim kontinentalnim naslagama u odabranim prostorima Slavonsko-srijemske, Savske i Dravske depresije. U radu su istražena njihova litofacijsna obilježja, debljine, okomiti i bočni trendovi te su na temelju tih podataka interpretirani taložni mehanizmi i okoliši, njihov slijed, utjecaj autigenih i alogenih čimbenika na taloženje te stratigrafski položaj. Kartirane su površine PN i d interpretacijom tih horizonata na 3D i 2D seizmici te su objedinjavanjem interpretacije bušotinskih i seizmičkih podataka rekonstruirane paleogeografske promjene. Pri tome su korištene jezgre iz ukupno 56 bušotina, petrografske i biostratigrafske analize, karotažne krivulje te 2D i 3D seizmika.

Najveći broj bušotina, ujedno i jezgrovanih intervala, koje su probušile cijeli sin-riftni slijed naslaga je u Dravskoj depresiji, dok ih je manji broj u Slavonsko-srijemskoj i Savskoj depresiji. Prostor Slavonsko-srijemske depresije je prekriven samo 2D seizmikom, za razliku od prostora odabranih za istraživanje u Savskoj i Dravskoj depresiji. Najveći broj analitičkih podataka iz donjomiocenskih intervala je u Dravskoj depresiji, kao i karotažnih krivulja, posebno prirodne radioaktivnosti. Očuvanost jezgara iz donjomiocenskih naslaga u svim

depresijama je vrlo varijabilna, a nešto je bolja u Dravskoj u odnosu na ostale dvije istraživane depresije. Općenito se može reći da su količina i kakvoća svih opisanih tipova podataka najbolji u odabranom prostoru Dravske depresije. U tom je prostoru litofacijsna analiza načinjena na 41 bušotini, interpretirani su horizonti PN (podina neogenskih naslaga) i d (krovina donjomiocenskih naslaga) na nekoliko volumena 3D seizmike i mreži 2D seizmike s ciljem prikaza razvoja taložih okoliša tijekom ranog miocena. Načinjene su dubinske strukturne karte po horizontima PN i d te karta debljina donjomiocenskih naslaga. Litofacijsna obilježja analiziranih naslaga u bušotinama iz Dravske depresije uspoređena su s analiziranim litofacijsima određenim u sedam bušotina iz Slavonsko-srijemske i osam bušotina iz Savske depresije. Ciljevi ovog doktorskog istraživanja donjomiocenskih kontinentalnih naslaga u navedenim odabranim prostorima SHB-a vezani su uz:

1. Proširenje postojećih spoznaja o mehanizmima taloženja donjomiocenskih naslaga.
2. Definiranje bočnog i okomitog prostiranja donjomiocenskih naslaga u strukturama gdje su prepoznate
3. Korelaciju te kartiranje tih taložina
4. Detaljan opis prelaska iz donjega u srednji miocen u istraženom prostoru
5. Određivanje jasnije, jednoznačnije metode postavljanja granice donji – srednji miocen u analiziranim prostorima
6. Definiranje novog, detaljnijeg i pouzdanog paleogeografskog modela koji pojašnjava taloženje donjomiocenskih naslaga, i
7. Detaljan opis taložnih okoliša u kojima su se odlagale donjomiocenske naslage.

2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

U razdoblju od samog početka prošlog stoljeća pa do danas objavljeni su brojni znanstveni i stručni radovi temeljeni na analizama podataka i rezultata istraživanja sinriftnih naslaga, time i naslaga donjeg miocena hrvatskoga dijela Panonskoga bazenskog sustava (skr. HPBS).

Evolucija HPBS-a i strukturno-tektonski odnosi bili su objekt mnogobrojnih istraživanja. Tako primjerice paleostrukturalne odnose zapadnog dijela Savske depresije opisuje KRANJEC (1972). Tektonske odnose na prostoru Slavonko – srijemske depresije istražuje HERNITZ (1980). PRELOGOVIĆ & VELIĆ (1992) koreliraju kvartarne naslage te istražuju tektonsku aktivnost istočnog dijela Dravske depresije. Strukturne promjene između oligocena i donjeg miocena, glavne ekstenzijske procese u donjem i srednjem miocenu te novo oblikovanje strukturnog sklopa uz dominaciju desnih transkurentnih rasjeda od gornjeg pliocena do danas opisuju PRELOGOVIĆ et al. (1995). Tri stadija razvoja JZ dijela Panonskog bazenskog sustava i to: početak ekstenzije (oligocen-rani miocen), glavni period ekstenzije (rani i srednji miocen) te period transpresije (pliocen i kvartar) razdvajaju PRELOGOVIĆ et al. (1998). Strukturne i tektonske odnose šireg područja naftnog polja Galovac – Pavljani u Dravskoj depresiji istražuje MALVIĆ (1998). Sin-riftnu fazu (otnang-srednji baden) te post-riftnu fazu (gornji baden-gornji pont), kroz tektonostratigrafski model SHB i sjeverne Bosne opisuje PAVELIĆ (2001). Evoluciju neogenskih naslaga i njihov ugljikovodični potencijal na prostoru HPBS-a istražuju LUČIĆ et al. (2001). VELIĆ et al. (2002) i SAFTIĆ et al. (2003) dijele neogenske naslage u tri megaciklusa drugog reda, međusobno odijeljena glavnim erozijskim diskordancijama. MALVIĆ (2003) daje primjere razvoja neogensko – kvartarnih struktura u Bjelovarskoj subdepresiji. PAVELIĆ (2005) unutar tri megaciklusa razvoja HPBS-a izdvaja i transgresivno-regresivne cikluse drugog reda i to kao rezultat interakcije slijedećih faktora: tektonskog izdizanja i subsidencije, globalnih i regionalnih promjena razina mora/jezera, termalne subsidencije, promjena klime te progradacije delti. Paleomagnetska obilježja neogenskih naslaga Hrvatske istražuju MÁRTON et al., (2002) zaključujući o rotaciji blokova suprotno od kazaljke na satu tijekom pliocena i kvartara. Regionalne tektonske faze neogena opisuju MALVIĆ & VELIĆ (2011). Datiranjem tufa s Kalnika MANDIĆ et al. (2012) utvrđuju istovremeni početak riftanja u južnom dijelu PBS-a i Dinaridskog jezerskog sustava, a trajanje jezerske sedimentacije procjenjuju najmanje do kraja ranog badena. Neotektonske i recentno aktivne rasjede Bilogorske zone, kao i njihov seizmogeni potencijal, istražuje MATOŠ (2014).

Starost piroklastičnih stijena na površinskim lokalitetima Sjevernohrvatskog bazena (SHB-a) te njihove okoliše taloženja istražuju MARKOVIĆ et al. (2021) te BRLEK et al. (2020).

Također, brojni radovi temeljeni na površinskim i podpovršinskim podacima usmjereni su na sedimentološka i stratigrafska istraživanja naslaga sin-riftne faze razvoja HPBS-a. **Površinska istraživanja donjomiocenskih naslaga** potječu s brojnih lokaliteta Kalnika, Medvednice i Slavonskih gora.

Najstarije slatkovodne naslage neogena Požeške gore GORJANOVIĆ - KRAMBERGER (1900) pripisuje oligocenu. Dio tih naslaga temeljem jezerske makrofaune i korelacije sa sličnim naslagama Medvednice i sjeverne Bosne KOCHANSKY-DEVIDÉ & SLIŠKOVIĆ (1978) pripisuju otnangu do karpata. Aluvijalno-jezerske donjomiocenske naslage južnih obronaka Medvednice taložene u sustavu prepletene rijeke u semiaridnim klimatskim uvjetima proučavaju PAVELIĆ et al. (1995, 2001), izdvajajući u donjem dijelu masivne konglomerate interpretirane kao riječni uzdužni prudovi, zatim laminirane pješčenjake odlagane kao prudni pokrovi. PAVELIĆ (1998) ističe da su se donjomiocenske naslage odlagale u dvije sukcesivne sedimentacijsko – tektonske faze: starijoj aluvijalnoj te mlađoj jezerskoj fazi i to različite vrste krupnoklastičnih sedimenata i vapnenci. Kontinuiranu sukcesiju od jezerskih do morskih naslaga trajanja od otnanga do badena na rubnom južnom području Panonskog bazena utvrđuju PAVELIĆ et al. (1998). Donjomiocenske aluvijalne sedimente Požeške gore istražuju PAVELIĆ & KOVAČIĆ (1999). Cikličnost naslaga Sjevernohrvatskog bazena istražuje PAVELIĆ (2005) te naglašava problem ranomiocenskog endemizma kod kronostratigrafske korelacije. Temeljem istraživanja bočatih ostrakoda na Požeškoj gori, HAJEK-TADESSE et al. (2009) zaključuju o marinskoj ingresiji u jezero tijekom mlađeg otnanga – starijeg karpata. KOVAČIĆ et al. (2011) opisuju donjomiocenske aluvijalno-jezerske pjeskovite siltite, pješčenjake i konglomerate Dilj gore, utvrđuju transport detritusa s juga, moguće s Motajice. PAVELIĆ (2013) opisuje karpatsko – badenske slatkovodne sedimente jugoistočnih padina Psunja koji su dio većeg slatkovodnog kompleksa koji gradi i središnji dio Požeške gore. PAVELIĆ et al. (2016) opisuju donjomiocensku aluvijalnu i eolsku fazu na prostoru Požeške gore. Pregled evolucije Sjevernohrvatskog bazena te njegove sedimentološke, stratigrafske i tektonske značajke objedinjuju PAVELIĆ & KOVAČIĆ (2018).

Podpovršinska istraživanja temeljena na bušotinskim podacima su primjerice: sedimentološke modele ležišnih stijena člana Mosti (konglomerati i breče) polja Ladislavci, Beničanci i Obod opisuje TIŠLJAR (1993). Litofacijese i okoliše taloženja naslaga područja Gola, Molvi, Kalinovca i Starog Gradca istražuje TADEJ (2011). Matriksom potporne brečokonglomerate s hematitom bogatim matriksom određuje kao taloge debritnih tokova koji

su taloženi u kontinentalnim uvjetima i to u okolišu aluvijalne lepeze ili u proksimalnim dijelovima sustava prepletene rijeke, vjerojatno u semiaridnim uvjetima. RUKAVINA (2021) istražuje potencijal uskladištenja ugljikovog dioksida u sin-riftnim naslagama donjeg i srednjeg miocena istočnog dijela Dravske depresije.

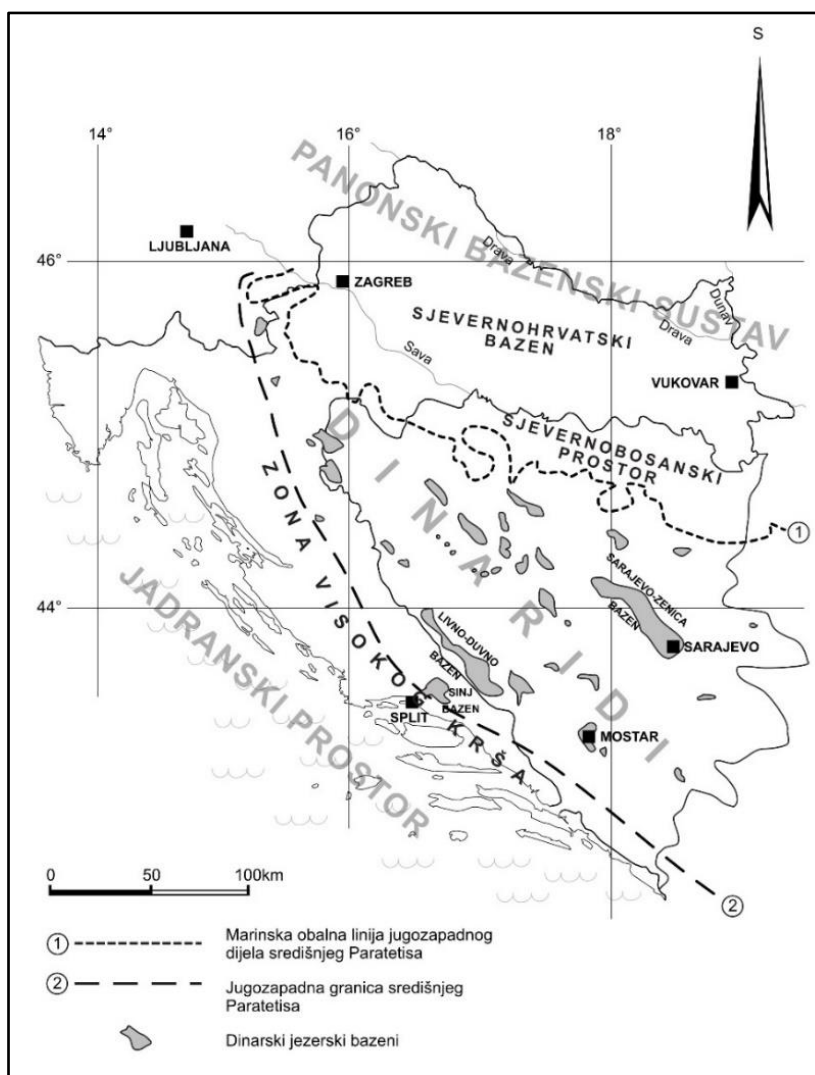
Među radove u kojima su **geološke varijable iz bušotinskih podataka analizirane statističkim i drugim metodama s ciljem definiranja ležišnih svojstava** naslaga spadaju primjerice: istraživanja HERNITZ et al. (2001) na primjerima polja Okoli (Savska depresija) i Ladislavci (Dravska depresija) prikazuju semivariogramske analize kao pogodan geostatistički alat za prikaz regionaliziranih varijabli sa svrhom predviđanja fizikalnih svojstava krupnoklastičnih ležišnih stijena. MALVIĆ (2006) proučava taložne okoliše polja Stari Gradac-Barcs Nyugat na osnovi karata dobivenih metodom krigiranja. Na primjeru naftnog polja Beničanci MALVIĆ & PRSKALO (2007) opisuju primjenu neuralnih mreža i seizmičkih atributa pri predviđanju šupljikavosti ležišnih stijena. Temeljem podataka bušotina polja Molve MALVIĆ & VELIĆ (2010) proučavaju odnos između efektivne debljine, proizvodnje plina i šupljikavosti u heterogenim ležištima člana Mosti.

Veliki dio geoloških podataka vezan je za **naftno-geološka istraživanja INA-Naftaplina te je dio arhive Ine d.d.** Tako primjerice PLETIKAPIĆ et al., (1964) proučava geološku građu i naftoplinonosnost Dravske depresije, a posebno odnose neogena i kvartara. ŠIMON (1968/1969) opisuje informativne litostratografske jedinice tercijarnog kompleksa u profilima dubokih bušotina na području Dravske potoline. HAJNŠEK (1971) opisuje tektonske odnose u neogenu i kvartaru na području Bilogore. ŠIMON (1980) istražuje taložni sustavi pješčenjačkih ležišta Sava-grupe naslaga mlađeg tercijara u HPBS-u. NAJDENOVSKI & HAJNŠEK (1982) razmatraju strukturne odnose Savske i Dravske depresije i opisuju njihovu granicu. JELASKA et al. (1983) proučavaju naslage člana Mosti analizom jezgara bušotina Dravske depresije te izdvajaju više litofacijesa karbonatnih i klastičnih naslaga. TIŠLJAR (1989) na temelju petrografskih analiza jezgara bušotina polja Molve izdvaja 8 litofacijesa. Geološke karte sjeverne Hrvatske od vrha Temelnog gorja do vrha Prečec formacije izrađuju PIKIJA et al. (1992). Miocenske naslage Dravske depresije zaključno sa sarmatom istražuju PIKIJA & ŠIKIĆ (1996). PAVELIĆ et al. (2010) opisuju tektonski model, mehanizme taloženja i taložni okoliš donjomiocenskih i srednjemiocenskih klastita područje plinskog polja Dravica – Zalata u središnjem i istočnom dijelu Dravske depresije.

3. PREGLED TEMELJNIH GEOLOŠKIH ODNOSA

3.1. PALEOGEOGRAFSKI POLOŽAJ SJEVERNOHRVATSKOG BAZENA

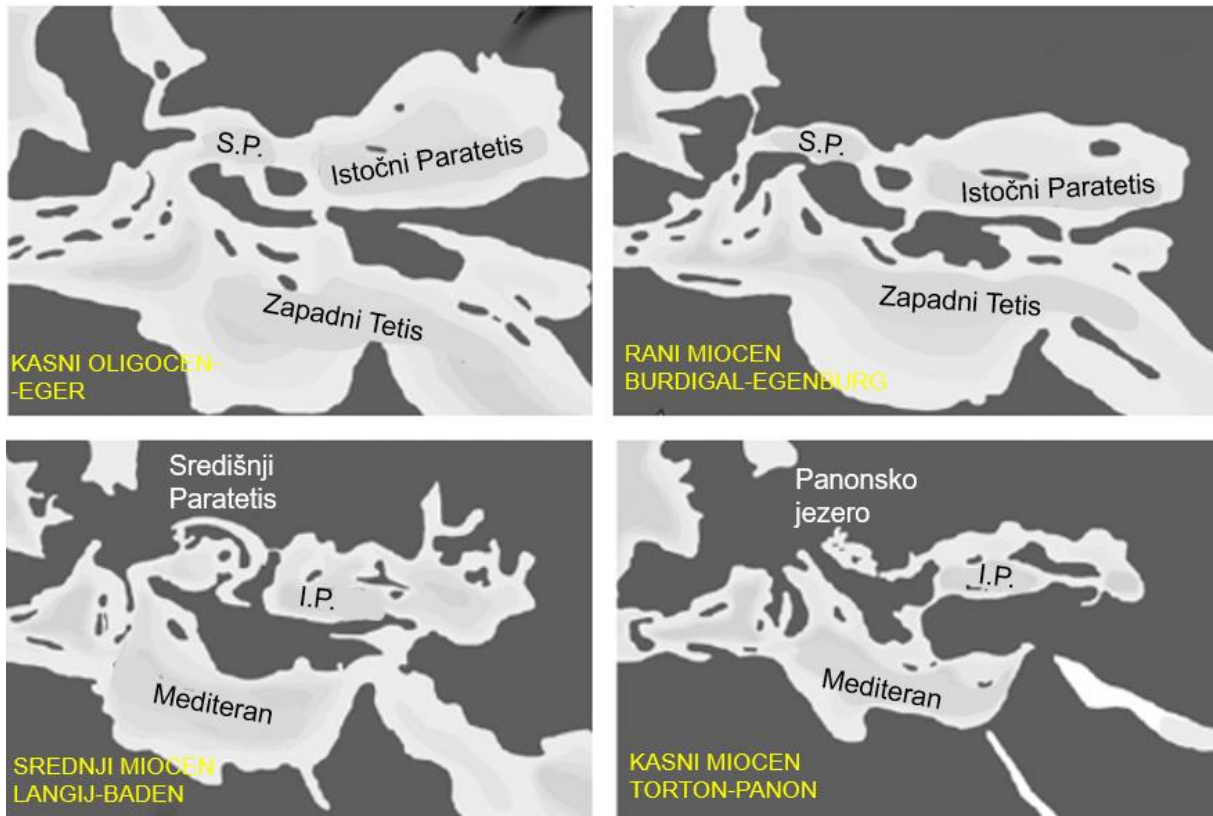
Paleogeografski, Sjevernohrvatski bazen (skr. SHB) je dio Panonskog bazenskog sustava (skr. PBS) koji pripada Središnjem Paratetisu i smješten je između Alpa, Karpata i Dinarida, prekriva južni rub Europske ploče te manjim dijelom dio Unutarnjih Dinarida (slika 3.1).



Slika 3.1: Položaj SHB-a i jugozapadna granica Paratetisa (prilagođeno prema PAVELIĆ, 2002)

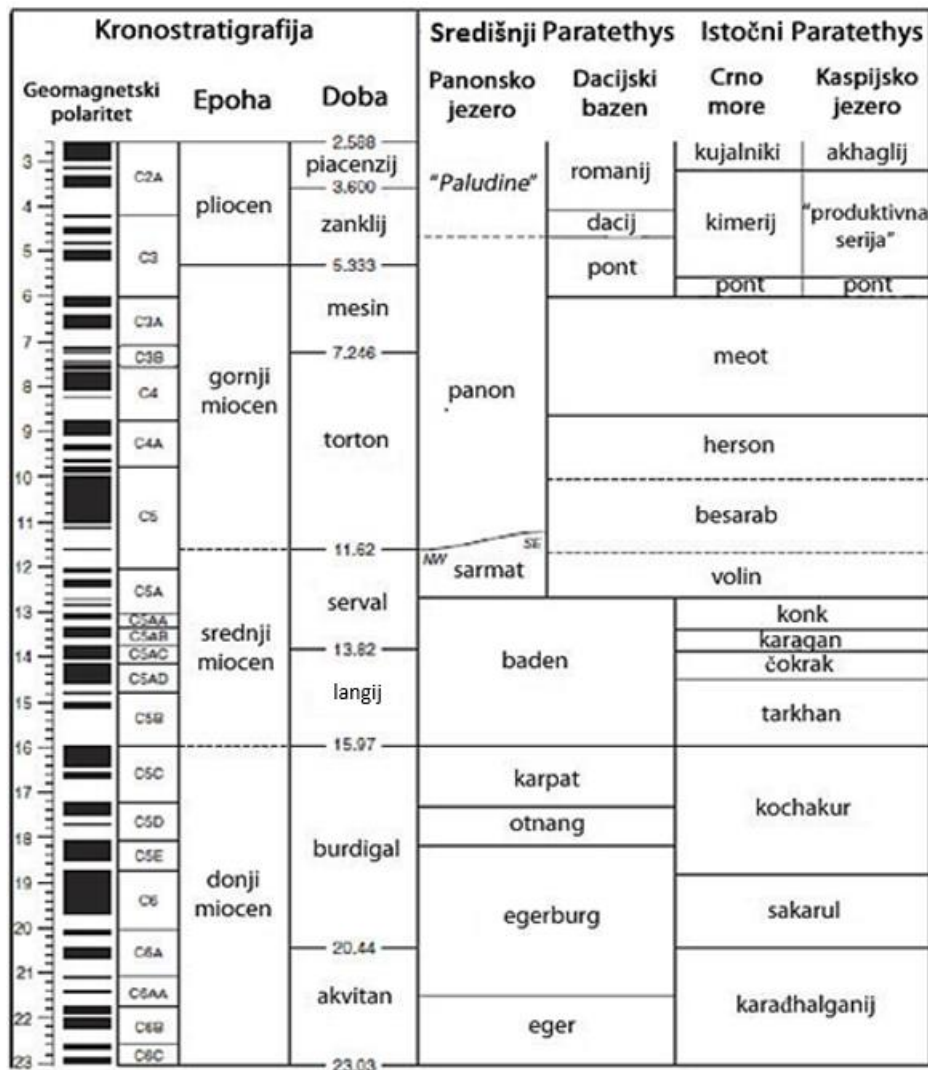
Naziv Paratetis definirao je LASKAREV (1924). Epikontinentalno more Paratetis stvaralo se od kasnog eocena - oligocena na prostoru od bazena Rhone u Francuskoj kao

zapadne granice do Transkaspijskog područja na istoku (npr. RÖGL, 1998, POPOV et al., 2004). Dijeli se na zapadni, središnji i istočni dio (RÖGL & STEININGER, 1983). Središnji Paratetis (slika 3.2) je do vremena sarmatske djelomične izolacije više puta gubio vezu s Mediteranom i Indo-Pacifikom.



Slika 3.2: Razvoj središnjeg Paratetisa od kasnog oligocena do panona; S.P.-Središnji paratetis, I.P.-Istočni Paratetis (prilagođeno prema HARZHAUSER & PILLER, 2007)

Tijekom miocena marinske su transgresije zahvaćale pojedine dijelove Središnjeg Paratetisa, dok su neka područja ostajala u emerziji (STEININGER & RÖGL, 1979, RÖGL, 1996, 1998, POPOV et al., 2004, PILLER et al., 2007, HARZHAUSER & PILLER, 2007, SANT et al., 2017; slika 3.2). Razdoblja izolacije utječu na razvijanje različitih ekosustava s endemskim vrstama te je stoga kronostratigrafska podjela unutar Paratetisa različita u njegovom istočnom i središnjem dijelu (slika 3.3).



Slika 3.3: Stratigrafska korelacija Središnjeg i Istočnog Paratetisa (prilagođeno prema NEUBAUER et al. 2015)

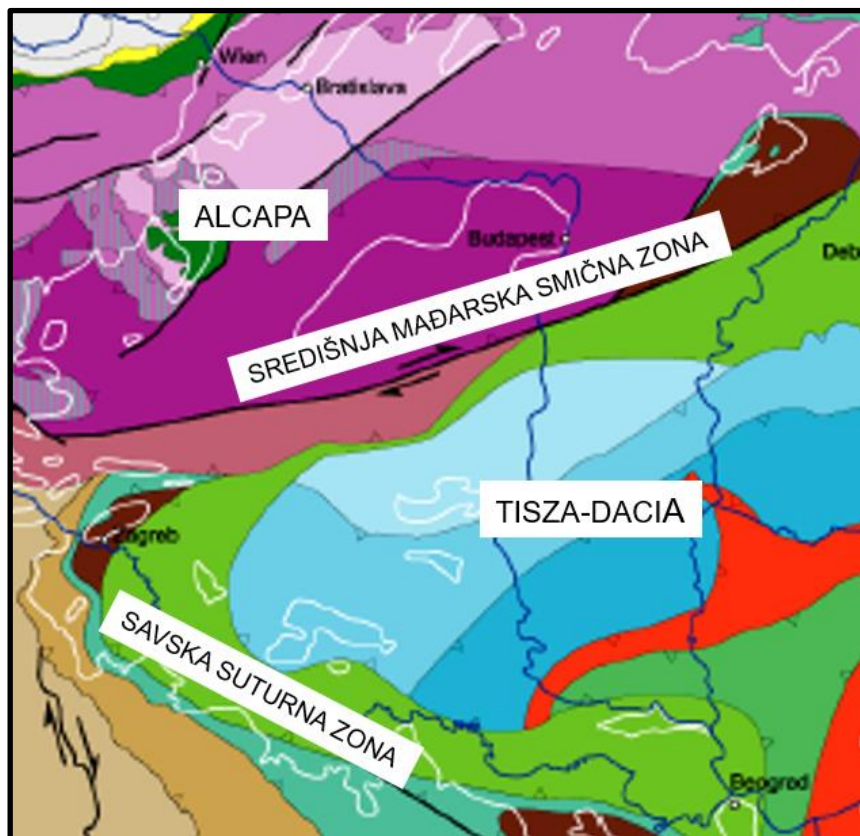
Veza s Mediteranom konačno nestaje u gornjem dijelu srednjeg badena, a s Indopacifikom početkom sarmata (npr. STEININGER et al., 1988). U panonu se uz regionalno termalno tonjenje razvija Panonsko jezero.

3.2. TEKTONSKI I SEDIMENTOLOŠKI RAZVOJ SJEVERNOHRVATSKOG BAZENA

Sjevernohrvatski bazen, (skr. SHB), prekriva gotovo čitavo područje sjeverne Hrvatske, osim sjeverozapadnog dijela, bazena Hrvatskog zagorja (skr. HZB). U sastavu SHB-a su: Dravska depresija (uključuje Bjelovarsku subdepresiju) na sjevernom rubu, Savska depresija (uključuje Karlovačku i Požešku subdepresiju) na južnom rubu, a na istočnom dijelu Slavonsko - srijemska depresija (PAVELIĆ, 1998). Depresije su omeđene gorama izdignutim tijekom

pliocena i kvartara koje čine: Papuk, Krndija, Psunj, Požeška gora i Dilj gora (Slavonske gore) te Moslavačka gora. Zapadni rub toga bazenskog sustava predstavlja tektonska zona pružanja zapad-istok uz sjeverni rub Ivanščice i Kalnika, a istočni je u Srijemu i nije točno definiran (PAVELIĆ, 2001). Granica između SHB i HZB određena je različitom donjo i srednjomiocenskom sedimentacijom. Dok je HZB u donjem miocenu već bio dio Paratetisa, prostor SHB-a je bio kopno (PAVELIĆ et al., 2003). Oba bazena spajaju se u jedinstveni taložni bazen marinskom transgresijom u srednjem badenu koja je obuhvatila taj cijeli prostor (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).

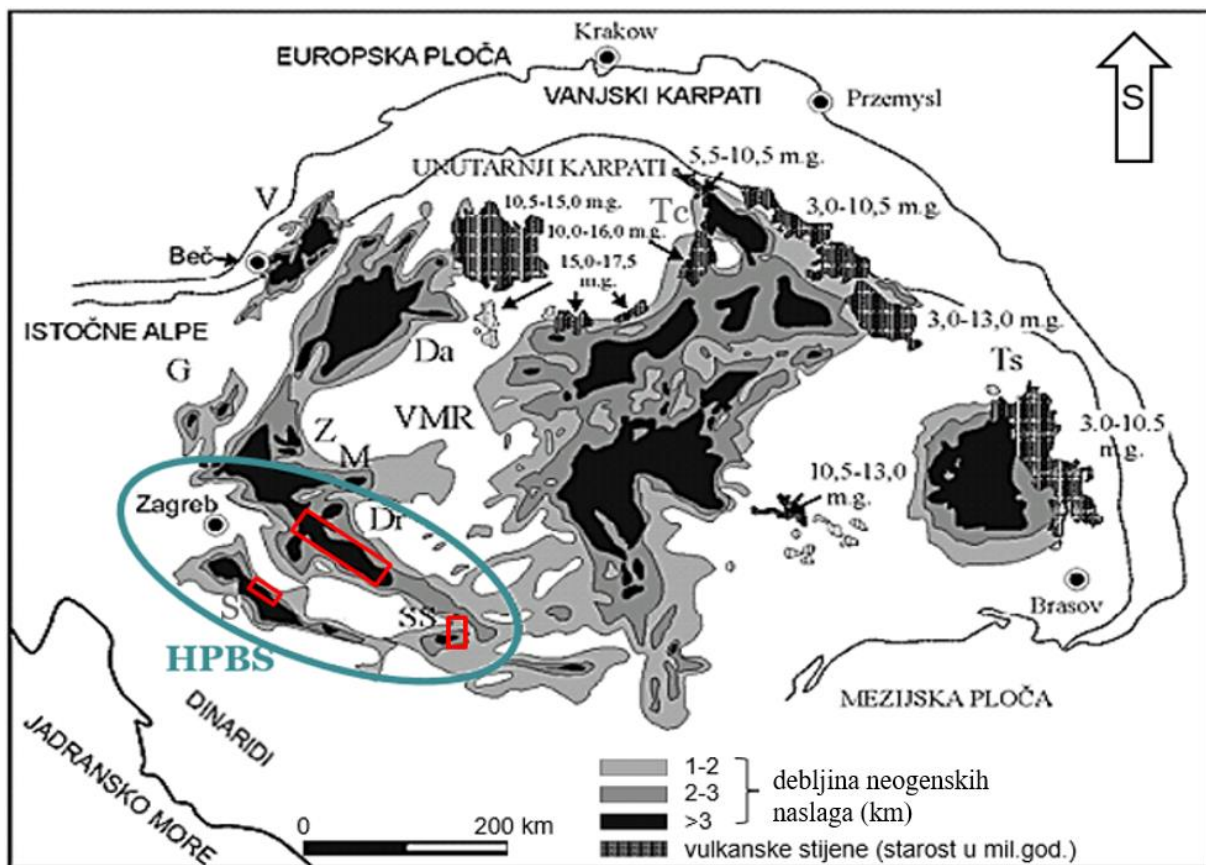
Postanak SHB-a vezan je uz stvaranje zalučnog (*back-arc*) Panonskog bazenskog sustava (PBS). Izdužene depresije i bazeni riftnog tipa koji sačinjavaju PBS, time i SHB, nastali su pasivnim kontinentalnim riftanjem. U podlozi neogenskih naslaga PBS-a rubno su smješteni orogeni pojasevi Unutarnjih Dinarida, Alpi i Karpata, a u središnjem dijelu tektonski megablokovi ALCAPA i Tisza-Dacia (BALLA et al., 1987; CSONTOS & NAGYMAROSY 1998; USTASZEVSKI et al., 2008) (slike 3.4 i 3.5).



Slika 3.4: Tektonski mega-blokovi podine neogena PBS-a (prema SCHMID et al., 2008)

U sjevernom dijelu Dinarida je Savska suturna zona s mega-blokom Tisza-Dacia u krovini te Unutarnjim Dinaridima u podini, koja od Medvednice prema SI prelazi u Središnju

mađarsku smičnu zonu (slika 3.4) uzduž koje se kroz razdoblje kasni oligocen-rani miocen odvijala bočna ekstruzija i translacija tektonskih blokova ALCAPA i Tisza-Dacia (CSONTOS & NAGYMAROSY 1998; USTASZEVSKI, 2008). Istvoreneno, u vršnom dijelu kore došlo je do izduženja (ekstenzije) uslijed normalnog rasjedanja (npr. HORVATH & ROYDEN, 1981; ROYDEN, 1988; TARI et al., 1992; TOMLJENović & CSONTOS, 2001). Na to ukazuje postojanje sinsedimentacijskih normalnih rasjeda, značajna debljina breča duž glavnih, rubnih depresijskih rasjeda, a zatim prvobitno aluvijalno taloženje koje je nastavljeno taloženjem u jezerskim okolišima na području sjeverne Hrvatske. Zabilježen je i eksplozivni sinsedimentacijski vulkanizam tijekom inicijalnog riftanja (HORVÁTH, 1995; PAVELIĆ, 2001).



Slika 3.5: Prostorni raspored glavnih neogenskih bazena u PBS-u (prilagođeno prema ROYDEN et al., 1983). Značenje kratica: HPBS-hrvatski dio PBS-a, Dr-Dravska depresija, S-Savska, SS-Slavonsko-srijemska, M-Murska, Z-Zala, G-Graz, Da-Dunavski bazen, V-Bečki bazen, Tc-Transkarpatski, Ts-Transilvanijski, VMR-Velika mađarska ravnica; crveni poligoni – prostori istraženi ovim radom.

Ekstenzija je u bazenima PBS-a vremenski dijakrona (npr. MATENCO & RADIVOJEVIĆ, 2012; RADIVOJEVIĆ & RUNDIĆ, 2016; BALÁZS, 2017). Počinje u

otnangu, ponegdje i ranije, i to najprije u vanjskim bazenima kao što su Bečki i Transkarpatski, a nastavlja se prema jugu. Strukturni stilovi su različiti u pojedinim bazenima, i kreću se od ekstenzijskih do transtenzijskih, kao što je Bečki bazen (ROYDEN, 1988). Ekstenzija jača u karpata kada nastupa period intenzivnog tonjenja i akumulacije sedimenata (RÖGL & STEININGER, 1983; RÖGL, 1998), nastavlja se kroz baden kada u srednjem badenu more prekriva prostor od Austrije do Rumunjske kada su Mediteran, Središnji Paratetis (PBS) i Indopacifik povezani, o čemu svjedoči zajednički fosilni sadržaj naslaga tih prostora (STEININGER et. al., 1988; HARZHAUSER & PILLER, 2007). U gornjem dijelu srednjeg badena dolazi do promjene facijesa (STEININGER et. al., 1988), prekida se veza s Mediteranom, a s Indopacifikom tijekom sarmata.

U depresijama SHB-a sin-riftna faza traje od otnanaga do srednjeg badena i obilježena je razvojem različitih kontinentalnih i morskih okoliša u ovisnosti o isprepletenom utjecaju normalnog rasjedanja, rotacije spuštenih rasjednutih blokova, vulkanizma, promjene klime od aridne do humidne te eustatskih promjena izraženih u marinskim transgresijama i regresijama. Tijekom otnanga i karpata talože se dominantno krupnozrnasti klastiti aluvijalnih lepeza, konglomerati i pješčenjaci prepletenih rijeka, eolske i naslage salina jezera: pelitne naslage, dolomiti, tufovi i tufiti (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018). Datiranjem piroklastita s Kalnika, koji je u izmjeni s aluvijalnim konglomeratima, dobivena je $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ starost od 18 mil. god. što odgovara otnangu (MANDIĆ et al., 2012; BRLEK et al., 2020). U ranom badenu talože se jezerske naslage koje lokalno sadrže sitnozrnaste močvarne naslage, rubno jezerske plitkovodne karbonate te dublje jezerske naslage lapora, šejlova, siltita proslojenih s pješčenjacima i rijetko konglomeratima. U gornjem dijelu ovih naslaga prisutni su mjestimice ciklusi pokrupnjavanja naviše koji ukazuju na progradaciju krupnozrnastih delti. Klima je bila humidna (PAVELIĆ et al., 2000; PAVELIĆ, 2001), a jezero je prekrivalo SHB (PAVELIĆ, 2001) ili djelove SHB-a (SAFTIĆ et al, 2003). Marinske naslage prekrivaju jezerske početkom srednjeg badena što je potvrđeno i datiranjem tufova iz jezerskih naslaga (MANDIĆ et al., 2012; MARKOVIĆ et al., 2021). Prema ranijim istraživanjima (LUČIĆ et al.; 2001, PAVELIĆ, 2001, 2005) morska transgresija u SHB-u započela je tijekom karpata, ali je naknadno na temelju biostratigrafskih analiza asocijacije nanoplanktona i foraminifera na dvama lokalitetima, jednog u području Medvednice, a drugog na Papuku (ĆORIĆ et al., 2009), zaključeno da sedimenti ranije određeni kao morski karpatski, a također i jezerski otnanški u stvari pripadaju donjem badenu. Istraživanjima uzoraka s Požeške gore, 1. badensku transgresiju u tom prostoru BRLEK et al. (2020) smještaju 0,35 mil. god. prije dotad pretpostavljene starosti od 15 mil. god., odnosno u

zonu NN4. U Savskoj depresiji su u donjem badenu vjerojatno postojali i marinski okoliši istovremeno sa slatkovodnim, jezerskim (BRLEK et al., 2020; MARKOVIĆ et al., 2021).

Granica srednji-gornji baden predstavlja granicu sin-riftnih naslaga taloženih tijekom tektonske subsidencije i poslijeriftnih naslaga taloženih tijekom toplinskoga spuštanja. Poslijeriftna faza traje od gornjeg badena do danas (PAVELIĆ, 2001). Prvi inverzijski događaj odvija se mjestimično krajem sarmata (HORVATH & TARI, 1999; TOMLJENOVIĆ & CSONTOS, 2001). Početkom pliocena počinje druga kompresijska faza koja je uzrokovala izdizanja blokova uz reverzne i okomite rasjede te inverziju bazena (PRELOGOVIĆ et al. 1995, HORVÁTH, 1995, HORVÁTH & CLOETINGH, 1996; PAVELIĆ, 2001; TOMLJENOVIĆ & CSONTOS, 2001, MATOŠ, 2014).

3.3. TALOŽNI MEGACIKLUSI, LITOSTRATIGRAFIJA I BIOSTRATIGRAFIJA

Neogensko-kvartarni slijed sedimenata HPBS-a može se podijeliti u tri taložna megaciklusa (slika 3.6; npr. VELIĆ et al. 2002, SAFTIĆ et al., 2003, VELIĆ, 2007, MALVIĆ & VELIĆ, 2011) od kojih svaki odgovara jednom megaciklusu promjene relativne razine vode, kada prvo dolazi do postupnog porasta, a zatim do razmjerno naglog pada relativne razine vode.

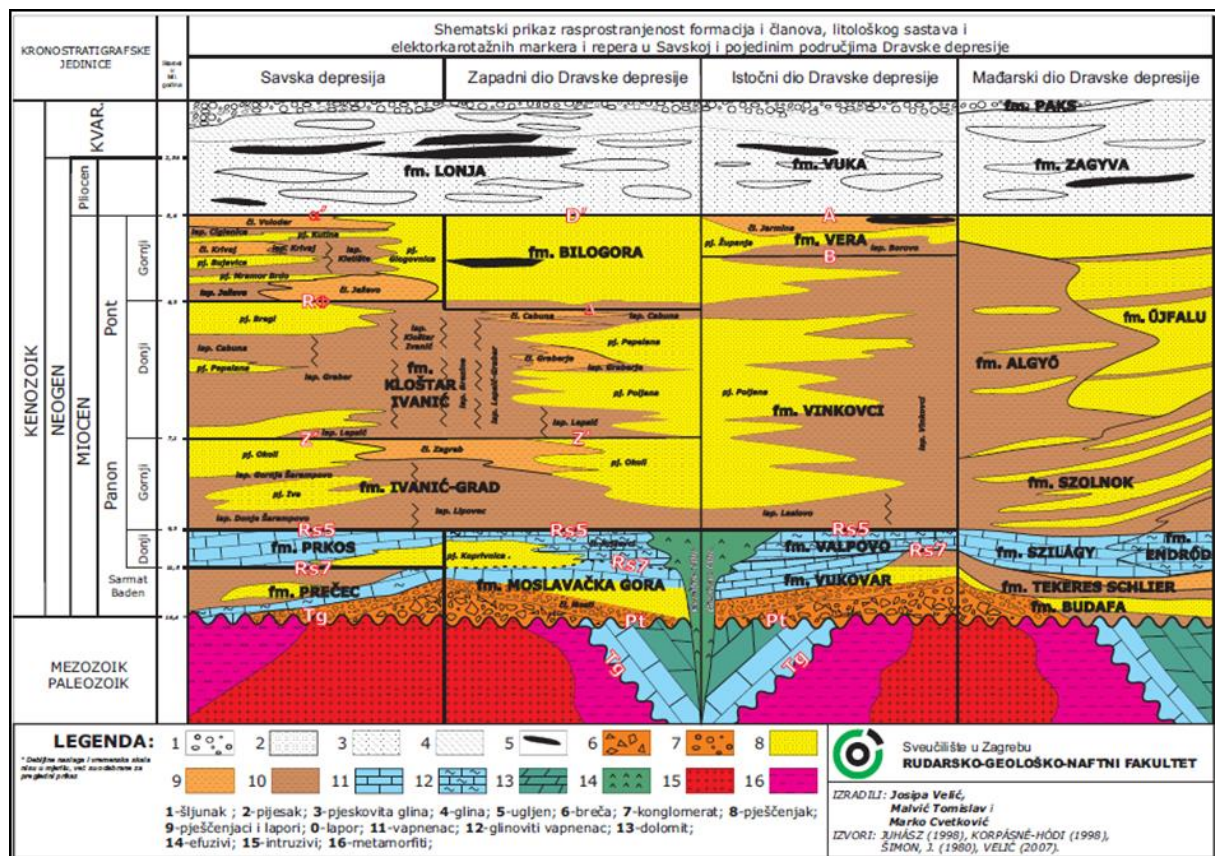
I MEGACIKLUS				II MEGACIKLUS				III MEGACIKLUS											
starost u milijunima godina																			
19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
otnang		karpat	baden			sarmat		panon		pont		dacij, romanij			pleistocen, holocen				
								rani		kasni		rani		kasni					
moguća djelomična ekstenzija		prva transtenzijska faza				prva transpresijska faza		druga transtenzijska faza				druga transpresijska faza							
		lokalno trošenje stijena s kopna i mehanizam donosa aluvijalnim lepezama				oplićavanje i smanjenje saliniteta		udaljeni klastični izvor materijala i mehanizam donosa turbiditnim strujama				završno strukturno formiranje, migracija ugljikovodika, kontinentalni okoliši							

Slika 3.6: Regionalne tektonske faze tijekom neogena u HPBS-u (prilagođeno prema MALVIĆ & VELIĆ, 2011)

Prvi megaciklus traje kroz donji i srednji miocen i vezan je uz sin-riftnu tektoniku i ranu poslije-riftnu fazu razvoja HPBS-a (slika 3.6). Ovaj taložni megaciklus uključuje formaciju Prečec u Savskoj depresiji, formaciju Vukovar u istočnom dijelu Dravske i u Slavonsko-Srijemskoj depresiji, formaciju Moslavačka gora u zapadnom dijelu Dravske depresije te formaciju Murska Sobota u Murskoj depresiji, osim njezinog vršnog dijela (MALVIĆ & VELIĆ, 2011).

Drugi taložni megaciklus vezan je uz poslijeriftno termalno spuštanje PBS-a, započinje kratkotrajnom kompresijom, odnosno 1. transpresijom (MALVIĆ & VELIĆ, 2011) u sarmatu i donjem panonu te se ponovno nastavlja termalnim spuštanjem u gornjem panonu i donjem pontu. Obuhvaća naslage grupe Sava iz Savske depresije i zapadnog dijela Dravske depresije (formacije Ivanić Grad, Kloštar Ivanić i Široko Polje/Bilogora), formacije Vinkovci i Vera u istočnom dijelu Dravske i Slavonsko-Srijemskoj depresiji te formacije Lendava i donji dio formacije Mura u Murskoj depresiji.

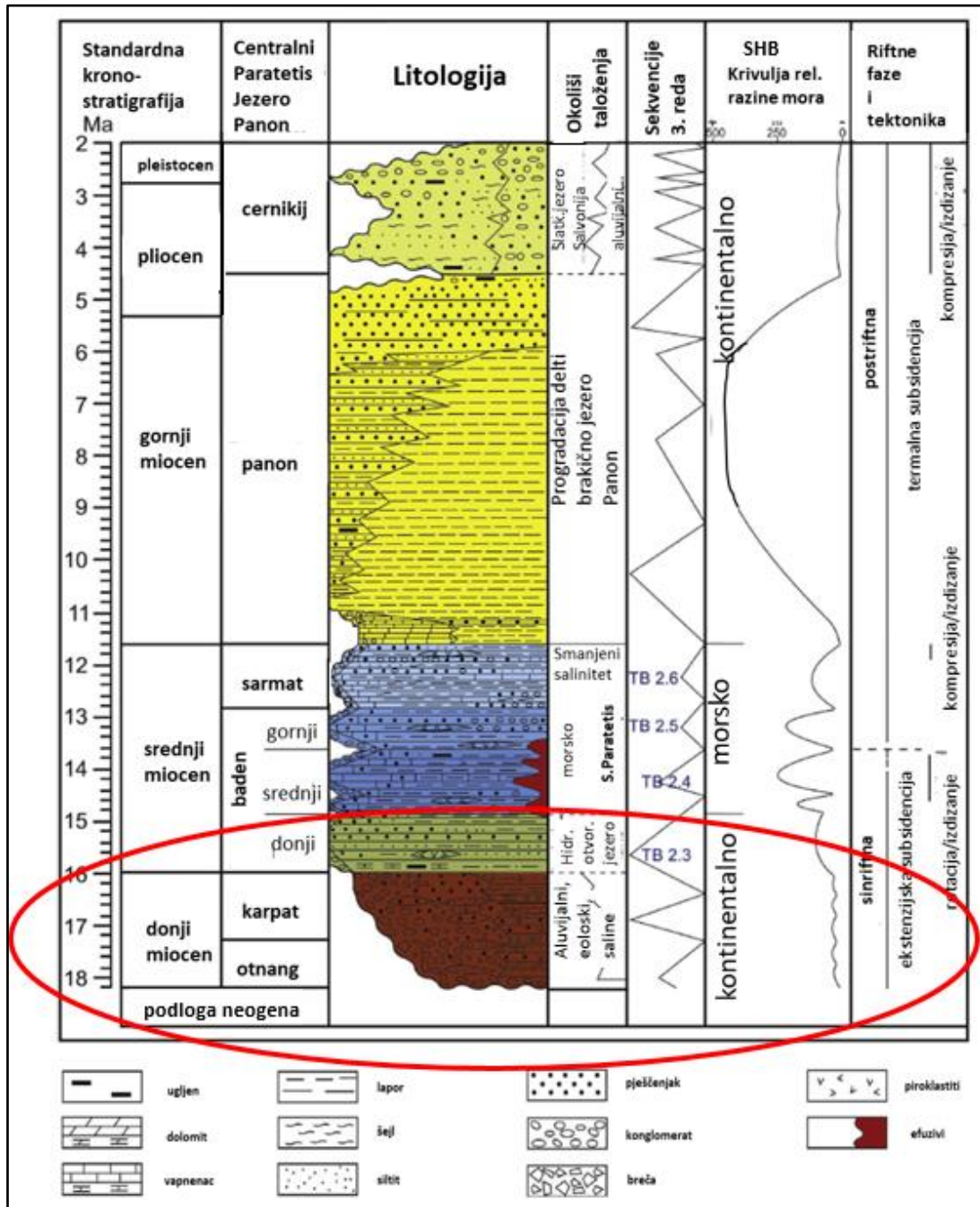
Treći taložni megaciklus je odraz kompresije (odnosno 2. transpresije) u neotektonskoj fazi, tj. u pliocenu i kvartaru. Obuhvaća formacije Lonja u Savskoj i zapadnom dijelu Dravske depresije, Vuka u istočnom dijelu Dravske i Slavonsko-Srijemskoj depresiji te Mura u Murskoj depresiji (slika 3.7).



Slika 3.7: Usporedba litostratigrafskih jedinica u Hrvatskoj i Mađarskoj (MALVIĆ & CVETKOVIĆ, 2013)

Objedinjavanjem rezultata dosadašnjih stratigrafskih, sedimentoloških i tektonskih istraživanja načinjen je shematski geološki stup Sjevernohrvatskog bazena (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018; slika 3.8) na kojem su prikazani regionalni katovi Središnjeg Paratetisa

prema PILLER et al. (2007), MANDIĆ et al. (2015) i NEUBAUER et al. (2015), tektonske faze razvoja bazena su prema PAVELIĆ (2001), sekvencije 3. reda su prema HARDENBOL et al. (1998) i srednjobadenska transgresija je prema ĆORIĆ et al. (2009). Krivulja promjene razine mora je prema PAVELIĆ et al. (1998), VRSALJKO et al. (2006), PEZELJ et al. (2007) i ĆORIĆ et al. (2009), a krivulja promjene razine vode Panonskog jezera je načinjena temeljem paleoekoloških značajki i mehanizama taloženja prema VRSALJKO et al. (2003).



Slika 3.8: Sedimentološki i stratigrafski shematski stup SHB-a (prilagodeno prema PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018), zaokruženo crvenim su naslage koje su predmet ovog rada

Stratigrafska nomenklatura kontinentalnih naslaga donjeg miocena (slike 3.8 i 3.9) te prva marinska transgresija predmet su znanstvenog interesa još od XIX. stoljeća. Tako su primjerice jezerske naslage Medvednice isprva pripisivane oligocenu (slika 3.9), a prve marinske starijem mediteranu (PAVELIĆ, 2015).

OKOLIŠ	GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (1908)	KOCHANSKY (1944)	ŠIKIĆ (1968)	KOCHANSKY -DEVIDÉ & SLIŠKOVIĆ (1978)	KOCHANSKY -DEVIDÉ (1979)	ĆORIĆ et al. (2009)
MARINSKI	II MEDITERAN	TORTON	KASNI TORTON			
		HELVET, "SCHLIER"	RANI TORTON			
	STARIJI MEDITERAN	BURDIGAL	KARPAT (KASNI HELVET)			
SLATKOVODNI	KASNI OLIGOCEN		HELVET s.str. (RANI HELVET)	OTNANG	OTNANG	RANI BADEN

Slika 3.9. Promjene stratigrafske korelacije donjeg i srednjeg miocena HPBS-a (prilagođeno prema ĆORIĆ et al., 2009)

Stratigrafija donjeg miocena značajno je promijenjena tijekom istraživanja prvih miocenskih morskih naslaga otkrivenih na Medvednici i na Papuku (ĆORIĆ et al., 2009), pri čemu se prva miocenska morska transgresija smješta u središnji stariji baden. Prema tome su i starije miocenske kontinentalne naslage, koje predstavljaju objekt ovog istraživanja, svrstane u otnang i karpatski (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018). Ipak, noviji rezultati pokazuju da su u Savskoj depresiji u donjem badenu vjerojatno postojali i marinski okoliši istovremeni sa slatkovodnim, jezerskim okolišima (BRLEK et al., 2020; MARKOVIĆ et al., 2021).

4. METODE ISTRAŽIVANJA I OBRADJE BUŠOTINSKIH I GEOFIZIČKIH PODATAKA

Na prostoru SHB-a izbušeno je, prema podacima iz baze podataka Ine, oko 3000 kanala istraživačkih, razradnih i proizvodnih bušotina. U prvoj fazi istraživanja tijekom kabinetskog rada bilo je potrebno prikupiti sve dostupne podatke o jezgrama, praćenju bušotina te analitičke podatke koji se odnose na petrološke, mikropaleontološke i palinološke odredbe uzoraka iz jezgara i/ili sa sita. Analitičke odredbe (petrološke analize izbruska iz jezgara, mikropaleontološke i palinološke analize) rađene su najvećim dijelom u Ini te dio njih u Hrvatskom geološkom institutu i na RGN fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Nakon pregleda arhive bušotinskih podataka ovdje su izdvojene bušotine s jezgrovanim intervalima za koje postoji vjerojatnost da ih čine donjomiocenske naslage, a prema kriterijima opisa istraženih (slika 3.8) analognih površinskih naslaga (npr. PAVELIĆ, 1998; PIKIJA & ŠIKIĆ, 1996; PAVELIĆ et al., 1995, 2000, ĆORIĆ et al., 2009; a pregledno u PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).

Nakon kabinetskog rada, uslijedio je terenski rad u skladištu jezgara Mramor Brdo. Jezgre su pregledane makroskopski, analizirane su i opisane teksturno-strukturne značajke kao što su veličina i oblik zrna, zaobljenost, sortiranost, odnos zrna i veziva, boja, struktura, slojevitost, laminacija, deformacijske strukture, okomite promjene litofacijesa te dijagenetske promjene.

Kriteriji prema kojima je interpretiran stratigrafski slijed istraženih kontinentalnih naslaga (slika 3.8) su sljedeći: nefosiliferne, često hematitizirane siliciklastične naslage različite granulacije te evaporitne stijene svrstane su u otnang-karpat; piroklastične stijene koje se nalaze u obliku proslojaka u njima, također su interpretirane kao otnanško-karpatske; nefosiliferni lapori zajedno s efuzivnim stijenama koje proslojavaju te krupno klastične naslage sa slatkovodnom mikrofaunom svrstani su u donjobadenske jezerske stijene. U krovini svih navedenih naslaga su, prema odredbama mikrofaune, badenske morske naslage.

Pri opisu klastičnih naslaga korištena je skala veličine zrna prema WENTWORTH-u (1933) i prema BLAIR & McPHERSON-u (1999), prema kojima se naslage pšefita s veličinom prema duljini zrna od 2-4 mm, 4-64 mm, 64-256 mm te 256-4096 mm dijele na granule, valutice, oblutke i blokove (TUCKER, 2008). S obzirom na odnos klasta i matriksa razlikuju se pšefiti s klastnom potporom, kod kojih postoji međuzrnski dodir te oni s matriksnom

potporom. Prema obliku klasta, psefiti se dijele na konglomerate, koje čine većinom poluzaobljeni do dobro zaobljeni klasti te breče, koje čine uglati i polouglati klasti, iako granica između breča i konglomerata ne mora uvijek biti jasna, već između ovih dvaju tipova postoje međusobni prijelazi (TIŠLJAR, 1994). Prema sastavu se mogu razlikovati polimiktni konglomerati (ili breče) s valuticama tj. klastima više vrsta stijena i monomiktni koji sadrže samo jednu vrstu.

Podjela pješčenjaka je prema klasifikaciji PETTIJOHN et al. (1972), koja je načinjena prema međusobnom udjelu kvarca, odlomaka stijena, feldspata i matriksa. Pri tomu čisti pješčenjaci ili areniti sadrže <15 % matriksa, a nečisti pješčenjaci ili grauvske >15 % matriksa.

Sortiranost označava stupanj jednoličnosti zrna po veličini, a izražava se u 5 kategorija prema MÜLLER (1967) i to kao vrlo dobra, dobra, srednja, slaba i vrlo loša, pri čemu je sediment lošije sortiran sadrži li zrna sa velikim rasponom od najmanjih do najvećih i obrnuto, bolja sortiranost je kod sedimenata koji sadrže zrna sličnijih dimenzija (TIŠLJAR, 1994). Zaobljavanje zrna je posljedica habanja, međusobnog trenja i struganja zrna pri transportu. Zaobljenost zrna predstavlja odnos između vrhova i bridova prema prema polumjeru najvećeg upisanog kruga u zrno, a za sedimentološka istraživanja se najčešće koristi grafička usporedba 5 skupina zrna (uglata, poluuglata, poluzaobljena, zaobljena i vrlo dobro zaobljena zrna) prema KRUMBEIN & SLOSS (1963).

Za pelitne stijene korištena je klasifikacija prema POTTER et al. (1980), koja dijeli pelite prema međusobnim odnosima udjela gline i silta, stupnju litifikacije i teksturnim značajkama na prahovnjake, muljnjake i glinjake (TIŠLJAR, 1994).

Pri opisu piroklastičnih stijena, u koje se ubrajaju stijene s više od 25% sastojaka vulkanskog podrijetla, korištena je klasifikacija prema SCHMID (1981) koja temeljem veličine fragmenata i čestica dijeli konsolidirane piroklastite na tuf, lapilni tuf te aglomerat ili piroklastične breče. Prema udjelu vulkanskog stakla, kristaloklasta i litoklasta tufovi su podijeljeni na vitroklastične, kristaloklastične i litoklastične s međusobnim prijelazima između tih krajnjih članova. Neovisno o mjestu postanka magmatskih stijena (intruzivne, efuzivne, piroklastične) koristi se podjela prema sadržaju SiO_2 na kisele stijene s > 63 tež. % SiO_2 , neutralne s 52–63 tež. % SiO_2 , bazične s 45–52 tež. % SiO_2 te ultrabazične s <45 tež. % SiO_2 pa se na taj način tufovi prema petrokemijskom tipu magme iz koje potječe dijele dalje na riolitne, trahitne, andezitne, dacitne i bazaltne tufove.

Analize mikrofaune korištene su prvenstveno za izdvajanje morskih naslaga krovine donjeg miocena, budući da su očekivano sterilne u crvenim kopnenim klastitima, a u jezerskim dubljevodnim laporima su pronađeni rijetki ostrakodi te u proksimalnim djelovima jezera botriokokusi i druge alge.

Nakon opisa jezgara korištenjem navedenih klasifikacija, načinjeni su geološki stupovi bušotina uz upotrebu postojećih petrografskih, kemijskih, geokemijskih i biostratigrafskih podataka preuzetih iz arhive Ine, podataka o geološkom praćenju bušotina te upotrebom tzv. litoloških karotažnih krivulja (prirodna radioaktivnost - GR, spontani potencijal - SP, otpornost - R, gustoća - DEN) na kojima su izdvojeni ciklusi pokrupnjavanja i positnjavanja prema gore. U naftogeloškoj praksi se upotrebljava niz karotažnih mjerenja koja se uz analize uzoraka dobivenih jezgrovanjem te uzoraka sa sita zajednički koriste za rekonstrukciju geoloških stupova te korelaciju litofacijesa (MALVIĆ & VELIĆ, 2008).

Nakon odredbe litofacijesa, na krivuljama su tražena obilježja koja imaju geološki značaj, kao što su granice, trendovi krupnoće zrna, nagle promjene vrijednosti, odnosno otkloni krivulje. Nagle promjene u vrijednostima krivulja osobito su važne za sedimentološke rekonstrukcije, budući da mogu potjecati od erozijskih granica, ploha plavljenja i strukturnih promjena, a posebno od diskordancija i rasjeda (MARJANAC, 2008*). U ovom radu su korištene krivulje koje su bile dostupne na najvećem broju bušotina, a to su: GR, R, DEN i SP.

GR (API) je krivulja prirodne radioaktivnosti stijena, a odnosi se na sadržaj radioaktivnih elemenata urana, torija i kalija u stijeni. Povećanu prirodnu radioaktivnost imaju kisele i neutralne magmatske te metamorfne stijene, dok bazične magmatske stijene imaju nisku radioaktivnost. Među sedimentnim stijenama visoki GR imaju pelitne stijene niskoenergetskih okoliša kao što su lapori, koji sadrže veći udio U, Th i K pojedinačno ili u spojevima, za razliku od psamita i psefita visokoenergetskih okoliša sa znatno manjim vrijednostima. Spektralni GR pokazuje doprinos svakog od izotopa, primjerice visoki GR koji potječe od U može se odnositi na prisutnost organske tvari u taložinama, a K i Th na tuf. Pri interpretaciji litologije je potreban oprez, budući da i pješčenjaci s visokim sadržajem glaukonita imaju visoki GR, a u krupnozrnastim naslagama povišeni GR može potjecati od klasta pelita i tufova. Tufovi i lapori generalno pokazuju povišene vrijednosti GR, pri čemu se za njihovo razlikovanje može koristiti krivulja ukupne gustoće, čije su vrijednosti niže u tufovima. Veća zastupljenost radioaktivnih elemenata u pelitima u odnosu na psamite posredno omogućava tumačenje promjena u veličini zrna sedimentnih stijena te time i ciklusa pokrupnjavanja i positnjavanja.

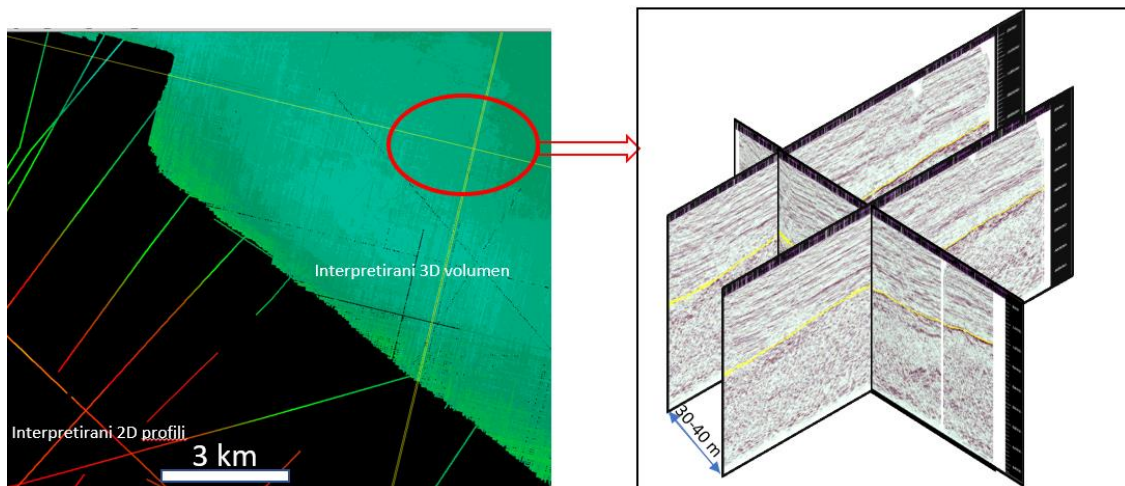
SP (mV) je krivulja spontanog potencijala koja prikazuje razliku potencijala između elektrode u bušotini i na površini. Ovisi o salinitetu sljne vode u odnosu na salinitet isplake

na način da do miješanja formacijske vode i isplake dolazi u šupljikavoj stijeni ionskom filtracijom. Budući da salinitet formacijskog fluida tj. vode potječe uglavnom od NaCl, potencijal membrane nastaje između negativno nabijene otopine s viškom aniona i koncentrirane otopine s viškom kationa. Jači ionski tok je kod ionske izmjene između kanala bušotine i slojne vode. Obje pojave važne su kod odredbe propusnih i nepropusnih slojeva, posebno kod izmjena pješčenjaka i lapora.

R (Ωm) je krivulja električne otpornosti koja prikazuje podatke o električnoj vodljivosti naslaga zasićenih fluidom. Služi za određivanje litologije i vrste zasićenja. Slojna voda sadržava ione otopljenih mineralnih soli, pa dobro provodi struju, bolje od slatke vode ili nafte, a posebice bolje od plina. Visoke vrijednosti mogu ukazivati na ispunjenost pornog prostora plinom ili naftom. Pojedine vrste stijena možemo razlikovati po karakterističnom otporu, primjerice sol, anhidrit, gips, vapnenac i dolomit.

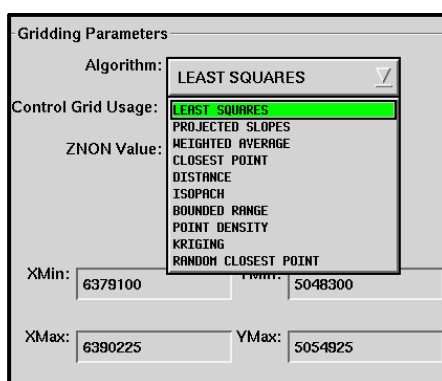
DEN (g/cm^3) je krivulja kompenzirane gustoće stijene, a odnosi se na gustoću stijene zasićenog fluidom. Primjenjuje se pri procjeni šupljikavosti, a posredno i za određivanje zona natpritisaka, te procjenu udjela organske tvari u matičnim stijenama. Iznos raspršenja poslanoga zračenja ukazuje na gustoću atomske građe stijene s fluidom, tj. posredno na njezinu gustoću.

Uz uporabu karotaže, analizirana je te interpretirana dostupna seizmika. Strukturnom analizom 2D i 3D seizmike interpretiran je tektonski razvoj istraživanog prostora tijekom donjeg i srednjeg miocena. U prostoru Dravske depresije kartirana je površina od ukupno 1960 km^2 . Seizmičkom interpretacijom 2D i 3D refleksijskih profila načinjene su dubinske karte po podini panonskih naslaga (Rs7) i po krovini donjomiocenskih naslaga (d), kartirani su rasjedi aktivni u sin-riftnoj fazi razvoja depresije te su opisane glavne strukture. Među bušotinama Dravske depresije istraživanima ovim radom, 28 ima snimljen zakon brzina. Mjereni zakoni brzina te postojeći sintetski seizmogrami iz baze podataka Ine korišteni su za povezivanje seizmičkih i bušotinskih podataka te konstrukciju modela brzina. Nakon što su horizonti interpretirani u vremenskoj domeni (slika 4.1), načinjena je pretvorba u dubinsku domenu pomoću modela brzina te su načinjene dubinske strukturne karte.



Slika 4.1: Razlike u gustoći seizmičkih podataka: dok udaljenosti između 2D profila variraju od 1-2 km i više (slika lijevo), razmak između 3D profila je od 30-40 m (na slici desno, detalj jednog od interpretiranih 3D volumena iz Dravske depresije)

Kako bi se postigla veća preciznost u kartiranju, a time i u kasnijoj paleogeografskoj rekonstrukciji donjomiocenskih okoliša taloženja, interpretirani su svaki uzdužni i svaki poprečni seizmički profil, a budući da je njihova prosječna međusobna udaljenost 30-40 m (slika 4.1, desno; žute linije na profilima predstavljaju interpretirani horizont, ovdje Rs7), na taj način je dobivena gusta mreža kartiranih horizonata Rs7 i d. Kod izrade strukturnih karata moguće je koristiti više algoritama koje nudi korišteni programski paket pa je odabran jedan od najčešće korištenih algoritama interpolacije u praksi tvrtke u kojoj je ovo istraživanje načinjeno, a to je metoda najmanjih kvadrata (*least squares*) (slika 4.2).



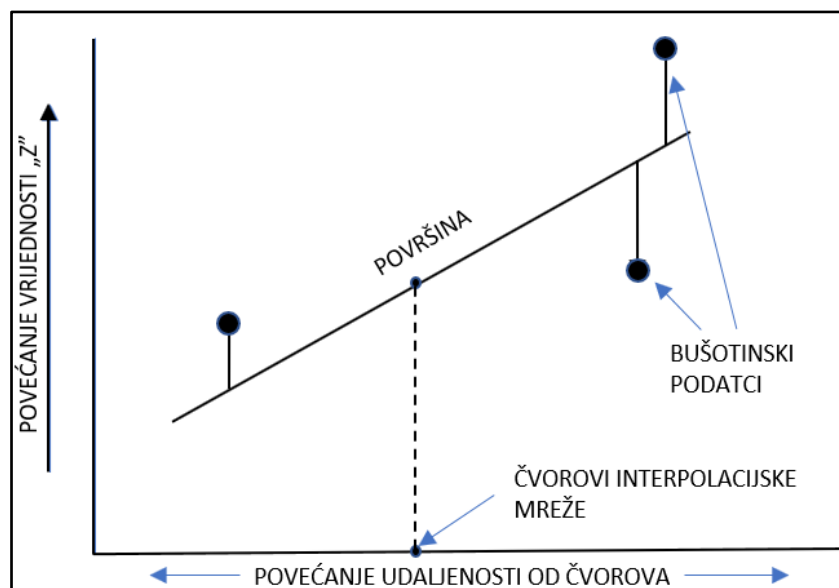
Slika 4.2: Algoritmi za izradu interpolacijskih mreža u programu Z-map

Pri odabiru interpolacijskog algoritma korištene su spoznaje o (a) algoritmima koji su već korišteni prilikom istraživanja u HPBS-u te (b) preporuke proizvođača softvera.

Dosadašnjim istraživanjima u kojima su korišteni bušotinski podatci u prostorima HPBS-a (npr. IVŠINOVIĆ & MALVIĆ (2020), MALVIĆ et al. (2020)) uspješno su testirani različiti jednostavniji matematički algoritmi za interpolaciju. Iako nije testirana u tim radovima, i ovdje korištena metoda najmanjih kvadrata svrstava se u takve interpolacijske algoritme.

Preporuke proizvođača softvera odnose se na primjene različitih metoda u ovisnosti o gustoći i vrsti podataka koji se interpoliraju, odnosno odabire se metoda koja najbolje odgovara karakteristikama podataka i specifičnoj primjeni. Tako se primjerice za izradu strukturnih karata koriste metode koje podržavaju rasjede, u ovom slučaju metoda najmanjih kvadrata. Kvalitativna procjena preciznosti strukturnih karata u konačnici se procijenila prema podudaranju s bušotinskim podacima.

Kroz proces oblikovanja interpolacijskoga prostora, tj. 2D mreže (engl. *grid*), se prostorno raspoređeni podatci, tj. bušotinski i seizmički podatci koji najčešće nisu pravilno raspoređeni, interpolacijom svode i na točke u čvorovima interpolacijske mreže (engl. *grid nodes*), koji imaju pravilan raspored. Algoritam najmanjih kvadrata problem interpolacije svodi na problem linearne regresije (slika 4.3).



Slika 4.3: Interpolacija algoritmom najmanjih kvadrata

Vrijednost „Z“ može biti npr. dubina, nadmorska visina ili debljina. Ovom metodom su kroz prostor spajani seizmički podatci, prethodno usklađeni s bušotinskim podacima. Niz mjerenih podataka uvijek može biti aproksimiran polinom n-toga stupnja, odnosno krivuljom,

te se stoga se interpolacija uglavnom svodi na uporabu krivulja prvoga ili druga stupnja, poput pravca, parabole ili hiperbole.

Tako metoda najmanjih kvadrata koristi pravac (slika 4.3) koji najbolje aproksimira mjerenje vrijednosti prikazane u koordinatnom sustavu. Ako se pretpostavi kako odstupanje mjerenih točaka predstavlja mjerenu pogrješku, onda pravac koji obuhvaća najmanje ukupne pogrješke od svih mjerenih točaka će najbolje aproksimirati procjenu na mjestima gdje mjerenja ne postoje, uz pretpostavku kako trend na uzorkovanim mjestima opisuje i trend na neuzorkovanim, ali u istom istraživačkom/interpolacijskom prostoru (npr. MALVIĆ et al., 2020). Naravno da takva pretpostavka ima svojih nedostataka, a najveći je da mjerene točke ne sadrže takvu pogrješku, već eventualno mjernu, no ispravno je pretpostaviti kako pravac koji najbolje povezuje sve mjerene vrijednosti daje određene podatke i o neuzorkovanim čvorištima mreže. Takva „slaba prostorna pretpostavka“ udovoljava kriterijima matematičke rigoroznosti skupini metoda koje zovemo matematički jednostavnije interpolacijske metode i ne uključuju bilo kakvu prostornu analizu ili je ona rađena samo na temelju jednoga podatka koji ne uzima sve prostorne elemente (smjer anizotropije, položaj podatka u odnosu neku os poput sjever-jug, udaljenost od točke procjene).

Također uvođenje pojma mjerne pogrješke također za veliki broj mjerenja, koja imaju i svojstvo regionalne slučajne varijable, podrazumijeva kako će ta pogrješka biti raspoređena po Gaussovoj distribuciji te je moguće pronaći pravac na kojem će ona biti najmanja (slika 4.3, jednadžba 4.1).

$$D = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b))^2 \quad (4.1)$$

Gdje su:

x_i, y_i – prostorne koordinate mjerene „*i-te*“ točke,

a – nagib pravca,

b – odsječak koji pravac određuje na ordinati,

D – zbroj kvadrata svih odstupanja „*n*“ točaka od pravca, minimum.

Opisana metoda pripada u skupinu jednostavnijih matematičkih algoritama za interpolaciju (kao jednoj od sljedećih skupina: ručna interpolacija/triangulacija, zonalna procjena, matematički jednostavniji algoritmi, matematički napredniji algoritmi). Može se usporediti s nekim ranijim matematičkim interpolacijama načinjenim u prostoru SHB-a, poput IVŠINOVIĆ & MALVIĆ (2020) ili MALVIĆ et al. (2020), iako su karte prikazane u ovomu radu jedinstvene po površini koja je interpolirana (tj. karte su najvećega regionalnoga ranga).

Sama metoda najmanjih kvadrata, kao jednostavna linearna metoda, može biti uspoređena s nekoliko drugih sličnih, ali ne istovrsnih algoritama. Svima je zajedničko da se povećanjem udaljenosti od mjesta procjene utjecaj mjerenih podataka različito valorizira ili ponderira. Dok je metoda najmanjih kvadrata relativno neosjetljiva na udaljenost, sve dok su podatci unutar kružnice/elipsoida prostorne zavisnosti, za razliku od nje možda najčešće korištena metoda jednostavnije matematičke procjene u SHB-u, inverzna udaljenost (npr. BALIĆ et al., 2008; MALVIĆ, 2008; LY et al. 2011), udaljenost uzima kao jaki parametar (jednadžba 4.2).

$$Z_{iu} = \frac{\frac{z_1}{d_1^p} + \frac{z_2}{d_2^p} + \dots + \frac{z_n}{d_n^p}}{\frac{1}{d_1^p} + \frac{1}{d_2^p} + \dots + \frac{1}{d_n^p}} \quad (4.2)$$

Gdje su:

Z_{iu} – interpolirana (prethodno nepoznata) vrijednost;

d_n – udaljenost od „n-tog“ mjerenja;

p – eksponent ponderiranja udaljenosti;

z_i – izmjerena (poznata) vrijednost na „n-tom“ smjestaštu.

Sama ta metoda, poput niza drugih, ima različite prilagodbe podacima koji se njome kartiraju. Tako je nedavno, po prvi put, na dubinskim podacima iz Savske depresije uporabljena prilagođena Shepardova metoda (*Modified Shepard Method, MSM*, jednadžba 4.3) s ciljem da se ublaže lokalni efekti kod kartiranja maloga broja podataka (MALVIĆ et al., 2020), odnosno pojave poput efekta leptira ili pojave kružnih „struktura“. Sama metoda također je razvijena i za velike skupove, no raspršenih podataka (npr. RENKA, 1988), no i razmatrane su njezine prilagodbe (BASSO et al., 1999).

$$F(x, y) = \frac{\sum_{k=1}^n W_k(x, y) \times Q_k(x, y)}{\sum_{i=1}^n W_i(x, y)} \quad (4.3)$$

Gdje su:

F – prilagođena Shepardova funkcija,

W – relativne težine (težinski koeficijenti),

Q_k – bivarijatna kvadratna funkcija,

x, y – koordinate mjerenih vrijednosti,

n – broj mjerenih podataka.

Postoje i druge matematički jednostavnije metode koje se koriste u HPBS-u, primjerice metoda inverzne udaljenosti i pokretne sredine.

Kod metode inverzne udaljenosti na vrijednost varijable koja se procjenjuje najviše utječu najbliže izmjerene vrijednosti. Utjecaj svake točke je inverzno proporcionalan udaljenosti između te točke i lokacije na kojoj se vrijednost procjenjuje, a broj točaka uključenih u procjenu određen je polumjerom kružnice opisane oko te lokacije. Rezultat ovisi o vrijednosti eksponenta udaljenosti, najčešće je ta vrijednost empirijski odabrana kao 2 jer je tada račun najjednostavniji (MALVIĆ & ĐUREKOVIĆ, 2003; BALIĆ et al., 2008). Ova metoda se često koristi kao alternativa geostatističkim postupcima.

Metoda pokretne sredine uzima vrijednost pojedine točke mreže kao srednju vrijednost podataka izmjerenih unutar određenog područja. Točka procjene nalazi se u središtu elipsoida ili kružnice, a svi izmjereni podatci unutar tog područja ulaze u njenu procjenu. Ovdje postoji potreba za definiranjem najmanjeg broja podataka koji se može uzeti u obzir kod osrednjavanja vrijednosti. Ako je broj podataka unutar elipsoida ili kružnice manji od graničnoga, vrijednost točke neće biti procijenjena (npr. BALIĆ et al., 2008).

Kod odabira svake metode interpolacije postoji obveza taj odabir opravdati kao najprimjereniji ili barem odabir koji je u skupini najboljih za dobivanje reprezentativnoga prostornoga prikaza. Tako je i u ovom radu odabrana metoda najmanjih kvadrata, kao pristup koji se najčešće (ili često) koristi kod prikaza geoloških varijabli u tvrtki u kojoj je disertaciji nastala. Zbog obima istraživanja i dugotrajnoga prikupljanja podataka iz kojih su interpretirani strukturnih i taložnih podatci težište nije stavljeno na kartiranje istoga ulaznoga skupa nizom metoda. Također i broj ulaznih podataka dobivenih seizmičkom interpretacijom bio je vrlo veliki, uz malu udaljenost između tako dobivenih „čvrstih” vrijednosti, a cilj je bio regionalan prikaz, tako da je ocijenjeno kako sam odabir metode ne bi utjecao na regionalne strukturne oblike, tj. njihov oblik i prostiranje.

Međutim, odabir metode najmanjih kvadrata načinjen je i izučavanjem odabranih radova u kojima je ta metoda izravno uspoređena s drugim vrlo često korištenim algoritmom u HPBS-u – krigiranjem. Tako su PERSIANO et al. (2021) usporedili upravo te dvije metode kod izučavanja poplavljenih površina. Autori su prvo metodom Monte Carla povećali broj (umjetnih) podataka u područjima s povijesnim zapisima, a zatim u tim istim područjima predvidjeli poplave općim algoritmom najmanjih kvadrata i top-krigiranja. Na kraju su dobivena rješenja usporedili dvama tehnikama kros-validacije – relativne pristranosti (engl. *relative bias* / RBIAS; jednadžba 4.4) te korijenom srednje kvadratne normalizirane pogreške (engl. *root mean square normalized error* / RMSNE, jednadžba 4.5).

$$RBIAS = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{x_{est_i} - x_i}{x_i} \right) \quad (4.4)$$

$$RMNSE = \sqrt{\left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \left(\frac{x_{est_i} - x_i}{x_i} \right)^2 \right]} \quad (4.5)$$

Gdje su:

- N - broj podataka
- x_{est_i} - procijenjena vrijednost na smjestištu „i”
- x_i - izmjerena vrijednost na smjestištu „i”

Te dvije kros-validacijske mjere osigurale su procjenu pogriješke bez obzira na veličinu drenažnih prostora u svakom promatranom slijevu. Autori su zaključili kako obje metode su rezultirale vrlo sličnim rješenjima, kako deskriptivnim tako i numeričkim te se obje mogu ravnopravno koristiti za prikaz i predviđanje godišnjih poplava. Također, postojanje kros-korelacije kod više analiziranih varijabli (a ne samo jednostavne regresije u ovisnosti o površini drenažnoga područja) obje metode iskazuju dobra rješenja, posebno kod previđanja budućih događaja. To je bilo očekivano kod krigiranja koje se temelji na prostornoj korelaciji, ali je također pokazalo da i jednostavniji algoritam najmanjih kvadrata može takve pojave uvažiti i prikazati, posebno u slučaju regionalnih pojava (a time i simplificiranih).

Nadalje, PAN (1995) je u svome magistarskom radu načinio usporedbu istih interpolacijskih metoda u svrhu optimizacije proizvodnje ugljikovodika. Njihovu uporabu predstavio je kao protutežu uporabi čistih simulacija dajući primjer s 5 ležišnih varijabli koje mogu svaka poprimiti 10 vrijednosti, što čini ukupno 10**5 pojedinačnih simulacija. Ovisno o programskom paketu takav zadatak može utrošiti znatan broj dana, te je preporučio da se on zamijeni, ako je moguće, multivarijantnom interpolacijom „čvrstih podataka” dobivenih iz odabranog, znatno manjeg broja simulacija. Kao dva praktična takva algoritma izdvojeni su najmanji kvadrati i krigiranje, posebno za slučajeve kada se istovremeno promatraju tri ili više ležišne varijable.

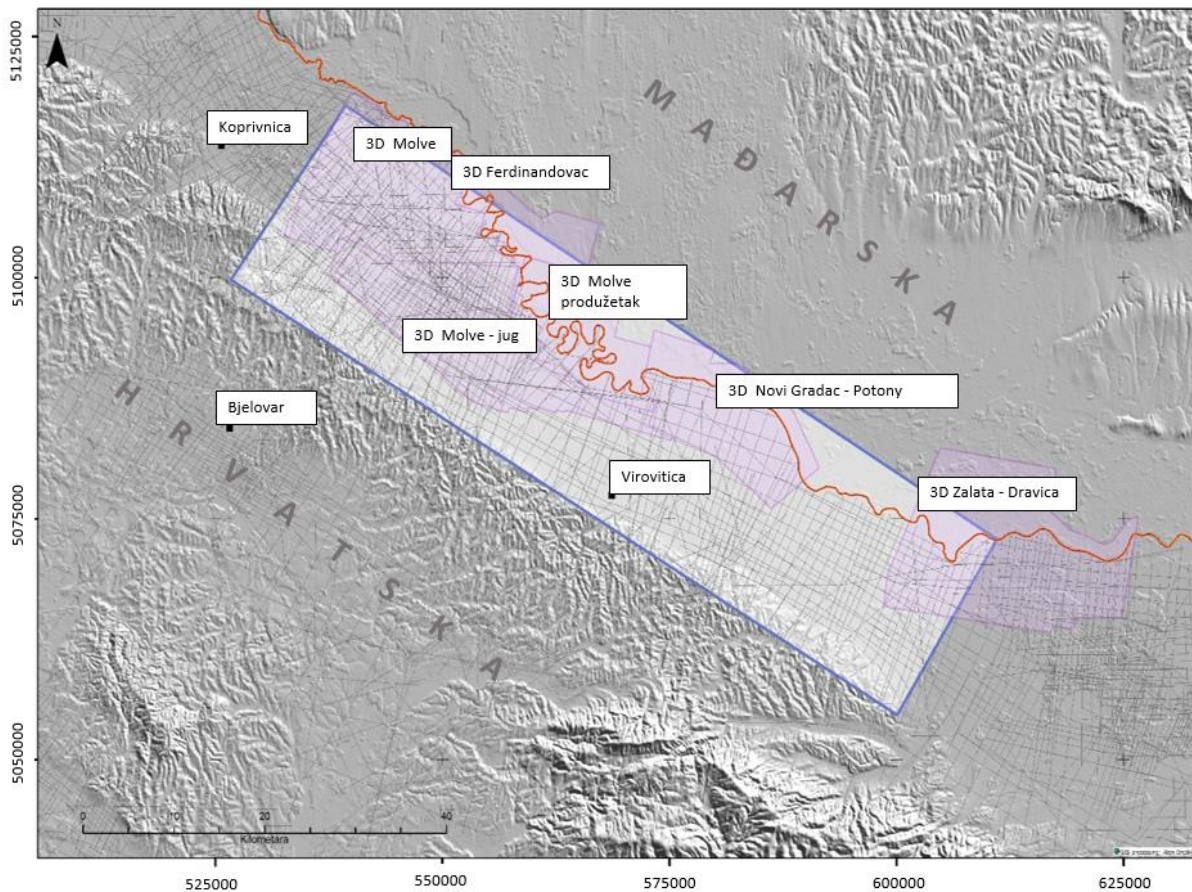
Oba algoritma pružaju dobar uvid u regionalne oblike ili temeljne strukture na kartama, izbjegavajući ocrtati „lažne” lokalne minimume/maksimume, dok se zaglađivanje postiže odabirom većega stupnja regresijskog polinoma (autor je koristio 2 u oba slučaja kako bi izbjegao pojavu prevelikih reziduala). U oba slučaja, očekivano, rezultati najviše ovise o broju podataka i njihovom prostornom smještaju. Treba imati na umu kako su procjene rađene u homogenom ležištu, što približava rješenja dobivena drugačijim metodama. Ipak, autor je iskazao „osjećaj” kako se krigiranje vjerojatno nešto bolje približava optimalnom rješenju, ali oba skupa karata, prije konačnog odabira jednoga od njih, treba podvrgnuti validaciji kroz

simulacije. Stoga se može zaključiti kako su oba pristupa rezultirala vrlo sličnim, i uporabljivim, kartama.

Ako se ponovno promotri problem kartiranja u ovoj disertaciji, s obzirom na veliki ulazni broj podataka dobivenih izravnom interpretacijom profila međusobno udaljenih u prostoru 30-40 m, na površini od približno 80x25 km uporabljeni algoritam najmanjih kvadrata može se smatrati dovoljno pouzdanim za ocrtavanje regionalnih i temeljnih struktura na razini interpretiranih površina PN i d.

Postoji još niz algoritama koji bi se mogli primijeniti kod vrlo malih ili iznimno velikih skupova podataka, a čije testiranje će možda biti obavljeno u budućnosti. U ovom istraživanju metoda najmanjih kvadrata, zbog velike gustoće podataka, prvenstveno seizmičkih, dala je vrlo dobre rezultate, kako u koraku izradbe pravilne mreže (200x200 m) iz nepravilnoga rasporeda seizmičkih profila i bušotina, tako i same interpolacije takve mreže. Nakon pretvaranja vremenskih u dubinske karte primjenom odabranog modela brzina, načinjena je kvalitativna procjena preciznosti strukturnih karata, pri čemu je ostvareno dobro podudaranje s bušotinskim podacima.

Zaključno, strukturno-tektonski sklop istraživanog područja te razvoj sin-riftnih naslaga prikazan je korištenjem dubinskih strukturnih karata po podini neogenskih naslaga (PN), po krovini donjomiocenskih naslaga (d), horizontalnih presjeka te regionalnih geoloških profila. Osim regionalnih profila u dubinskoj domeni dužine 22-80 km (jedan uzdužni i tri poprečna profila), načinjeno je i više profila u vremenskoj domeni na kilometarskoj skali s ciljem prikaza lokalnih strukturnih obilježja (aluvijalne lepeze, vulkani, donjobadenske jezerske klinoforme i dr.) te jedan palinspastički profil. Konstruirane su i paleogeografske skice mogućih taložnih okoliša razvijenih u pretpostavljenim donjomiocenskim kopnenim i donjobadenskim jezerskim okolišima. Interpretirani prostor Dravske depresije prekriven je mrežom 2D i 3D seizmičkih profila (slika 4.4).



Slika 4.4: Položajna karta istraživanog prostora s naznačenim poligonima 3D seizmike (ružičasti poligoni). Prostor između naznačenih poligona 3D seizmike prekrivaju 2D seizmički refleksijski profili (prikazano sivim linijama).

2D seizmički profili snimljeni su 1967. – 1997. godine. Njihova razlučivost, time i pogodnost za interpretaciju horizonata i rasjeda, je vrlo širokog raspona, što odgovara različitim tehničkim mogućnostima kod snimanja i obrade podataka. U razdoblju od 1997. do 2015. godine snimljeno je nekoliko 3D volumena: Ferdinandovac, Molve, Molve Jug i Molve Jug produžetak (Stari Gradac), Novi Gradac-Potony i Zalata-Dravica. Strukturnom analizom 2D i 3D seizmike interpretiran je tektonski razvoj istraživanog prostora tijekom ranog i srednjeg miocena.

5. REZULTATI

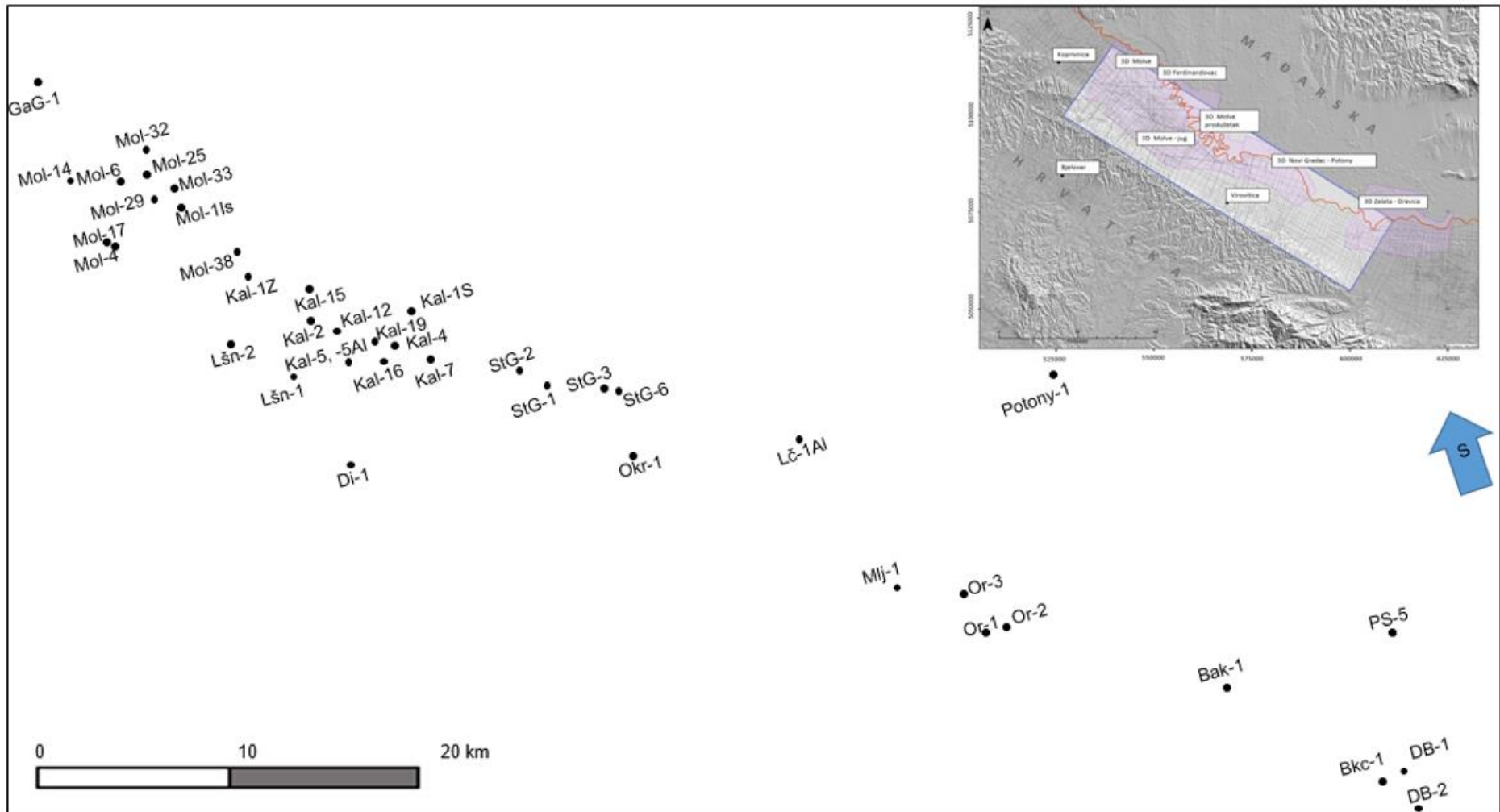
Rezultati koji su ostvareni u okviru ovog doktorskog rada mogu se svrstati u dvije skupine:

- (1) Rezultati analize jezgara iz bušotina te
- (2) Rezultati interpretacije 2D i 3D refleksijske seizmike.

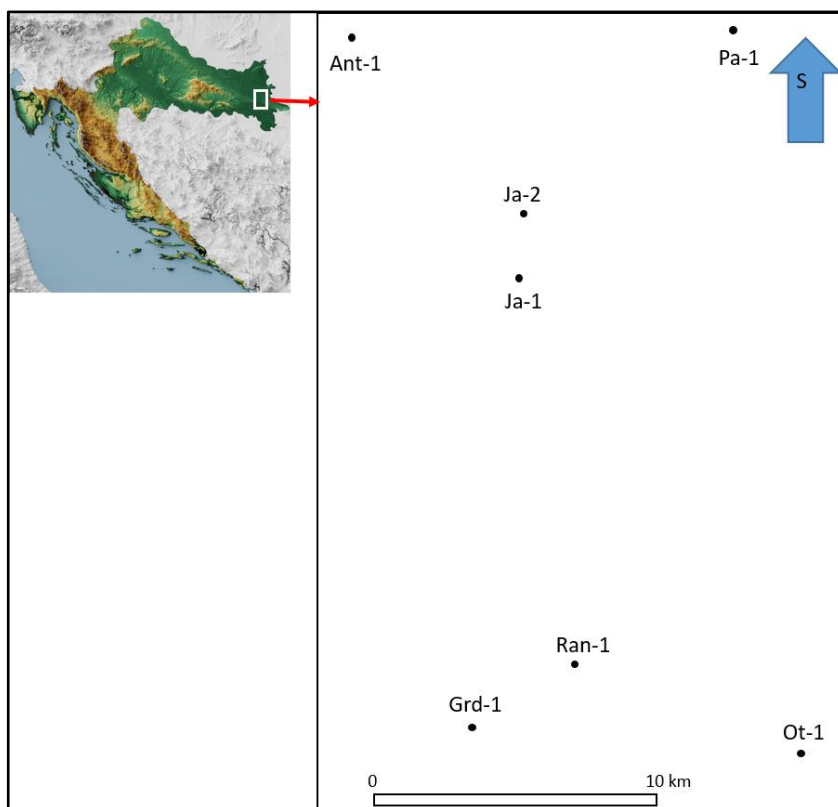
Zajedničko korištenje tih rezultata omogućilo je prostorno – vremensku rekonstrukciju zbivanja tijekom ranog miocena.

5.1. OPISI JEZGARA, PETROGRAFSKE ANALIZE, MIKROPALEONTOLOŠKE ANALIZE I STAROST

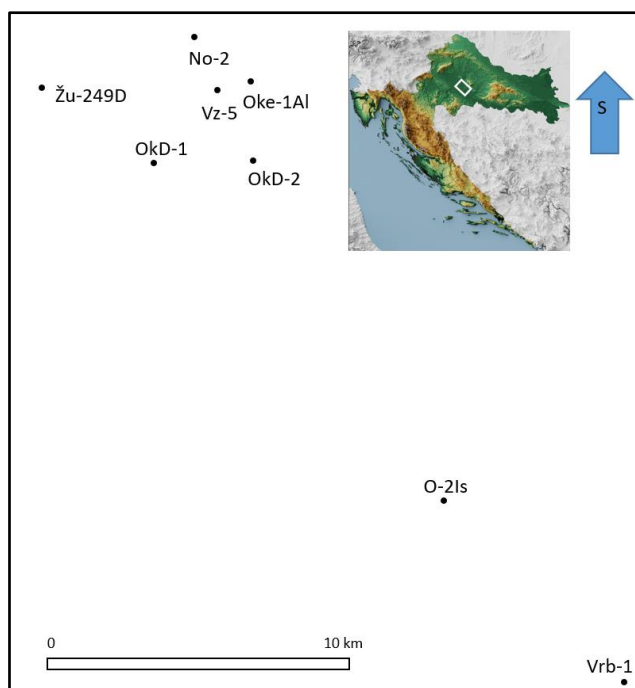
U ovom potpoglavlju su prikazani opisi makroskopskih strukturno-teksturnih obilježja jezgrovanih intervala na ukupno 56 bušotina, od kojih je 41 bušotina iz Dravske depresije (slika 5.1), sedam iz Slavonsko-srijemske (slika 5.2) i osam bušotina iz Savske depresije (slika 5.3).



Slika 5.1: Položajna karta bušotina istraženih ovim radom u prostoru Dravske depresije



Slika 5.2: Položajna karta bušotina istraženih ovim radom u prostoru Slavsko-srijemske depresije



Slika 5.3: Položajna karta bušotina istraženih ovim radom u prostoru Savske depresije

Opisima strukturno-teksturnih obilježja jezgara pridruženi su postojeći podatci petrografskih i mikropaleontoloških analiza. Analitički podatci preuzeti iz arhive Ine u tekstu su označeni zvjezdicom (*). Popis svih istraženih bušotina s jezgrovanim intervalima nalazi se u tablici 5.1, u kojoj su plavo označene bušotine za koje je opis preuzet iz arhive Ine, a crnim one koje su ponovo makroskopski pregledane i opisane. Za svaku bušotinu je načinjen geološki stup s prikazom litologije, položaja jezgara, karotažnih krivulja, ciklusa positnjavanja i pokrupnjavanja te pretpostavljene starosti naslaga. Stratigrafska granica podine panonskih naslaga označena je oznakom Rs7, stratigrafska granica krovine donjomiocenskih naslaga oznakom d, a stratigrafska granica podine neogenskih naslaga oznakom PN.

Tablica 5.1: Popis svih interpretiranih bušotina s jezgrovanim intervalima

BUŠOTINA	JEZGRE
DRAVSKA DEPRESIJA	
Gabajeva Greda-1 (GaG-1)	3868-3872 m (J-11) 3765-3771 m (J-10)
Molve-6 (Mol-6)	3758,5 - 3761,0 m (J-4)
Molve-29 (Mol-29)	3490-3515,4 m (J-33-37) 3344-3490 m (J-10-32) 3340 - 3344 m (J-10)
Molve-1 istok (Mol-1Is)	3519,1-3520,6 m (J-11) 3517-3519 m (J-9) 3390 m (košara) 3378,5-3380,5 m (J-8)
Molve-17 (Mol-17)	3510-3514 m (J-3) 3422,5m (B-3)
Molve-4 (Mol-4)	3706-3707,3 m (J-6) 3454-3455 m (J-5) 3410-3411,6 m (J-4)
Molve-14 (Mol-14)	3324-3325 m (J-1)
Molve-36 (Mol-36)	3439-3440 m (pauk) 3410 m (košara)

Molve-25 (Mol-25)	3667-3672 m (J-3) 3502,0-3502,6 m (pauk)
Molve-33 (Mol-33)	3700-3703 m (J-3) 3452,0-3461,0 m (J-2)
Molve-38 (Mol-38)	3594 - 3600 m (J-2)
Leščan-2 (Lšn-2)	3963-3967 m (J-4)
Leščan-1 (Lšn-1)	4559-4562 m (J-15) 4525-4527,5 m (J-14) 4474-4478 m (J-13) 4471-4473,5 m (J-12) 4179-4184 m (J-11) 4096-4099 m (J-10) 3976,53981 m (J-9)
Dinjevac-1 (Di-1)	5500-5508 m (J-15) 5294-5296,5 m (J-14) 5130-5132 m (J-13) 5013-5015 m (J-12) 4835-5037 m (J-11) 4598-4600 m (J-10) 4448-4451 m (J-9) 4205-4207 m (J-8) 4049-4051 m (J-7) 3879-3881 m (J-6) 3796-3799,5 m (J-5)
Kalinovac- 1Z (Kal – 1Z)	3814-3816 m (J-6) 3729-3733 m (J-5) 3590-3594 m (J-3)
Kalinovac- 15 (Kal – 15)	3459,8-3466 m (J-3) 3453,1-3459,8 m (J-2) 3448-3453 m (J-1)
Kalinovac-2 (Kal-2)	3367-3370 m (J-3) 3202,79-3306 m (J-2)
Kalinovac- 12 (Kal – 12)	3478-3486,3 m (J-6) 3316,5-3326,0 m (J-5) 3295-3316,5 m (J-4-2)
Kalinovac-5 (Kal – 5)	3711-3713 m (J-6) 3557,0-3559,0 m (J-5) 3508,0-3512,0 m (J-4)

Kalinovac-5 Alfa (Kal-5al)	4036-4038,2 m (J-2) 3833-3835 m (J-1)
Kalinovac- 19 (Kal – 19)	3385,0-3394,0 m (J-2) 3330,0-3334,0 m (J-1)
Kalinovac-16 (Kal-16)	3363,0-3371,0 m (J-2)
Kalinovac- (Kal – 4)	3364,0-3366,5 m (J-3)
Kalinovac-1S (Kal-1S)	4101,0-4103,0 m (J-5) 3901-3903 m (J-4)
Kalinovac-7 (Kal-7)	3407,0-3411,0 m (J-5) 3397,0-3406,0 m (J-3) 3388,0-3396,5 m (J-2) 3387,0-3388,0 m (J-1)
Stari Gradac-2 (StG-2)	3688,0-3692,0 m (J-3)
Stari Gradac-1 (StG-1)	3667,0-3669,3 m (J-10) 3605,5-3609,0 m (J-9)
Stari Gradac-3 (StG-3)	3686,0-3688,0 m (J-4) 3645,0-3648,0 m (J-3)
Stari Gradac-6 (StG-6)	3554,5-3561,5 m (J-1)
Okrugljača-1 (Okr-1)	4339 (pauk) 4205-4208 m (J-11) 3736-3741 m (J-10)
Lončaruša-1 alfa (Lč-1al)	4372-4373,5 m (J-10) 4365-4366,5 m (J-9)
Miljanovićevo-1 (Mlj-1)	5456-5457 m (J-12) 5405-5407 m (J-11) 5337-5338,5 m (J-10) 5232-5234 m (J-9) 4943-4943,5 m (J-8) 4527-4530 m (J-7) 4462-4465 m (J-6)
Orešac-3 (Or-3)	4250-4255 m (J-7) 4148-4152 m (J-6) 4064-4068,5 m (J-5)

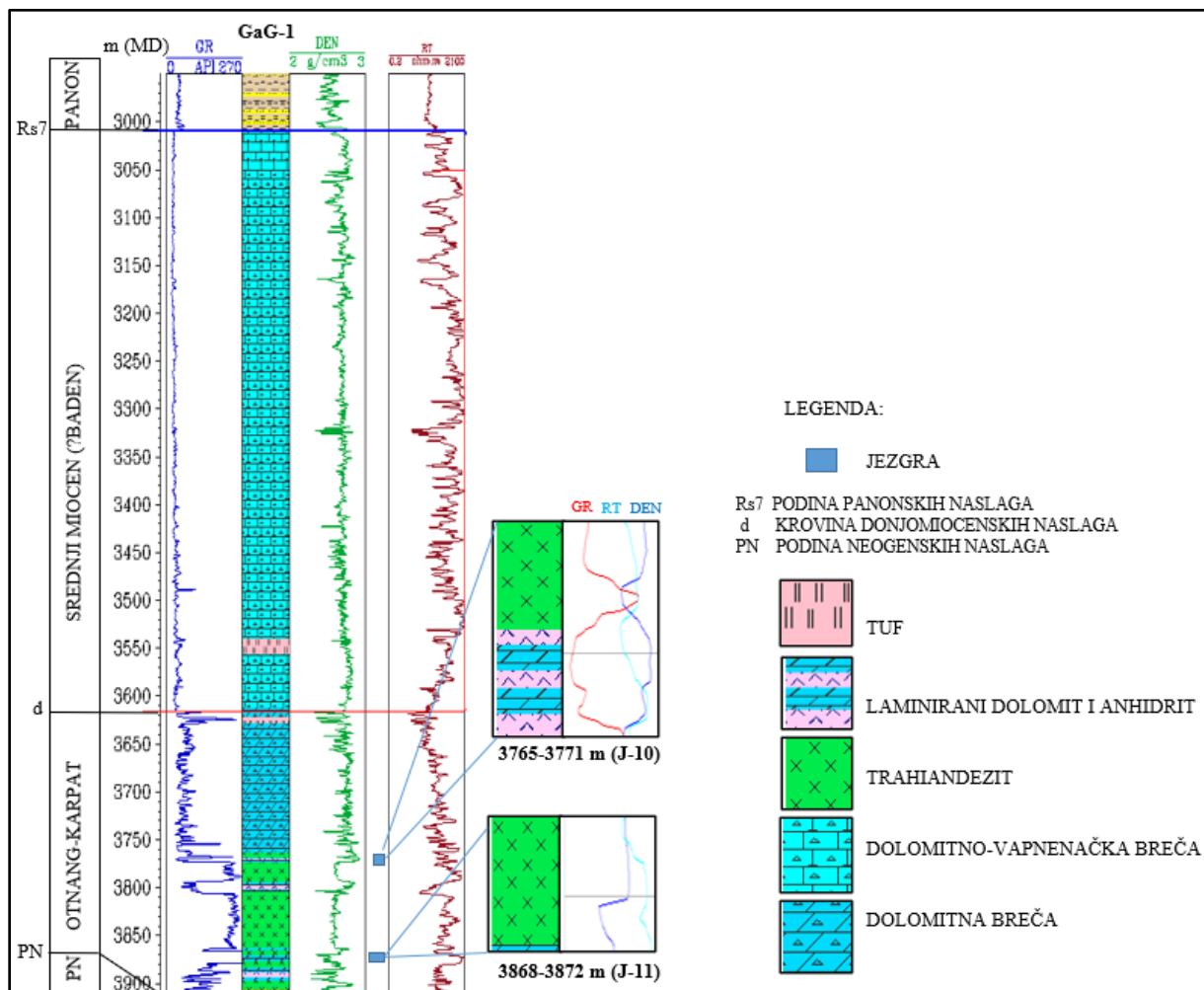
Orešac-1 (Or-1)	4740-4742m (J-12) 4532-4534,5 m (J-11) 4364-4369m (J-10) 4281-4284 (J-9) 4199-4200 (J-8) 3999-3-3999 (J-7)
Orešac-2 (Or-2)	5358-5362 m (J-11) 5137-5141 m (J-10) 5004-5010 m (J-9) 4755-4756 m (J-8) 4615-4617 m (J-7) 4481-4484 m (J-6) 4111-4115 m (J-5)
Potony-1	3383-3389 m (J-1)
Bakić-1 (Bak-1)	4872-4873 m (J-7) 4673-4675 m (J-6) 4425-4427,5 m (J-5) 4203-4205 m (J-4) 3968-3970 m (J-3) 3926-3929,5 m (J-2)
Bukovica-1 (Bkc-1)	4100,5-4101 m (J-12, pauk) 3766-3767 m (J-9) 3701-3703 m (J-8)
Donja Bukovica-1 (DB-1)	4494-4496 m (J-10) 4332-4334,5 m (J-9) 4062-4064,5 m (J-8) 3813-3814,5 m (J-7) 3787-3789,5 m (J-6) 3664,5-3665,7 m (J-5) 3598-3600 m (J-4)
Donja Bukovica-2 (DB-2)	3650-3653 m (J-3)
Podravska Slatina-5 (PS-5)	4605-4606 m (J-9) 4338-4339 m (J-8) 4115-4115,2 m (pauk) 4017 m (košara) 4005-4007 m (J-6)
SLAVONSKO-SRIJEMSKA DEPRESIJA	
Antin-1 (Ant-1)	1595-1598 m (J-3)

Jarmina-1 (Ja-1)	1025,6-1417,2 m (J-21)
Jarmina-2 (Ja-2)	1785-1786 m (J-5) 1361-1363 m (J-4) 946-950 m (J-3) 871-874 m (J-2) 823-825 m (J-1)
Pačetin-1-1 (Pa-1)	1600-1602 m (J-9) 1475-1481 m (J-8) 1351-1353,4 m (J-7) 1223-1231 m (J-6) 1196-1202 m (J-5) 1080,7-1085,4 m (J-4) 1075,4-1080,7 m (J-3)
Gradište-1 (Grd-1)	1900-1902 m (J-3)
Ranisavlje-1 (Ran-1)	2138-2144 m (J-3) 2013-2016 m (J-2)
Otok-1 (Ot-1)	2586-2590 m (J-5) 2320,3-2323,6 m (J-4) 2032-2035 m (J-3)
SAVSKA DEPRESIJA	
Novoselec-2 (No-2)	2211-2213,5 m (J-7) 2095-2101 m (J-6)
Vežišće-5 (Vz-5)	2105-2113 m (J-5)
Okešinec-1 Alfa (Oke-1 Al)	2154-2157,2 m (J-5) 2083-2086 m (J-4) 2081-2083,5 m (J-3)
Žutica-249 Duboka -1 (Žu-249 D)	3020-3023 m (J-6) 2984-2987 m (J-5) 2848-2851 m (J-4)
Okoli Duboka -1 (OkD-1)	2879-2881 m (J-4)
Okoli Duboka -2 (OkD-2)	2507-2510 m (J-2) 2335-2343 m (J-1)
Osekovo-2 Istok (O-2 Is)	2974-2977 m (J-5) 2851-2853 m (J-4)

Vrbak-1 (Vrb-1)	3318-3319 m (J-8) 3134-3136 m (J-7)

5.1.1. Gabajeva Greda-1 (GaG-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila kvarcrite podine neogena na 3911 iznad kojih su prema geološkom praćenju i petrografskim analizama (TADEJ, 1990*) utvrđene evaporitne, efuzivne i klastične naslage člana Mosti (slika 5.4). Naslage su nefosiliferne, osim vršnih 42 m gdje su utvrđeni biokalkareniti i biokalkruditi srednjeg miocena, vjerojatno badena (TADEJ & VLAHOVIĆ, 1990*).



Slika 5.4: Geološki stup i jezgre 10 i 11 bušotine GaG-1

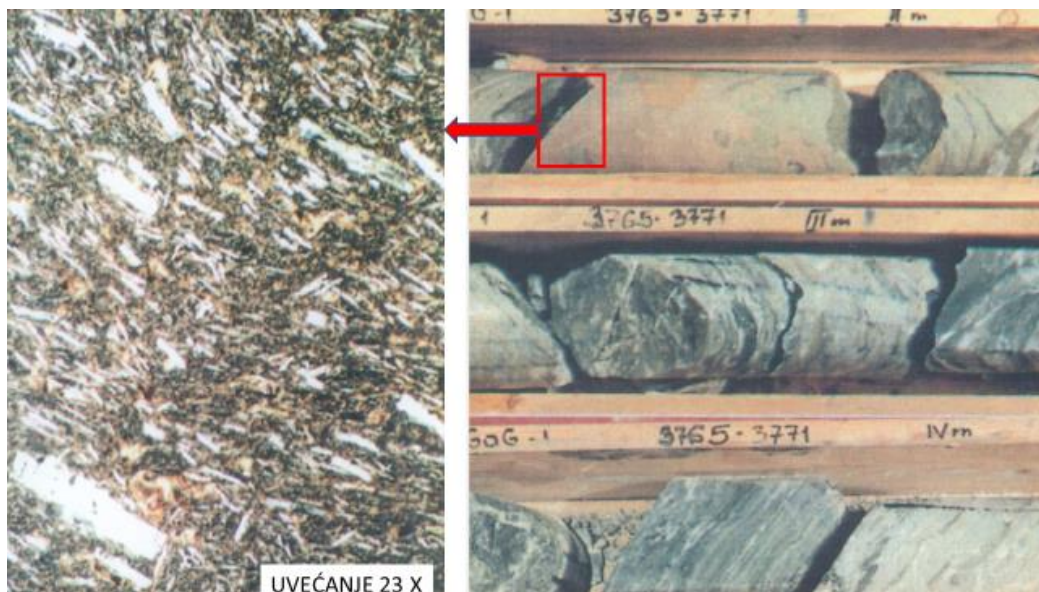
3868-3872 m (J-11)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 4 m dobiveno je 2,3 m jezgre, većim dijelom u komadićima od 5-6 cm te nekoliko većih duljine 10-15 cm. Jezgra je **trahiandezit**, masivan, svijetlo sivi do crvenkasto sivi.

Mikroskopski opis: U izbruscima se vidi trahitska tekstura. Fenokristali feldspata su uklopljeni u matriks izgrađen od izmijenjenog stakla i subparalelno poredanih mikrolita plagioklasa. Mjestimično se vidi hematitizacija.

3765-3771 m (J-10)

Makroskopski opis: Jezgrom je dobiven **trahiandezit** te **laminirani dolomit i anhidrit**. U donjih 3,5 m stijena se sastoji od centimetarskih proslojaka i češće milimetarskih lamina tamno sivog, mjestimično rastrganog dolomita te svjetlo sivkastog anhidrita (slika 5.5 desno). Proslojci i lamine mjestimično su povijene i deformirane. Vide se nodule duljine 1-3 cm te brojne žilice i pukotinice te stijena mjestimično djeluje brečoliko. Gornjih 2,5 m jezgre stijena je trahiandezit, svijetlo sivi do crvenkasto sivi, masivne teksture kao i u jezgri 11.



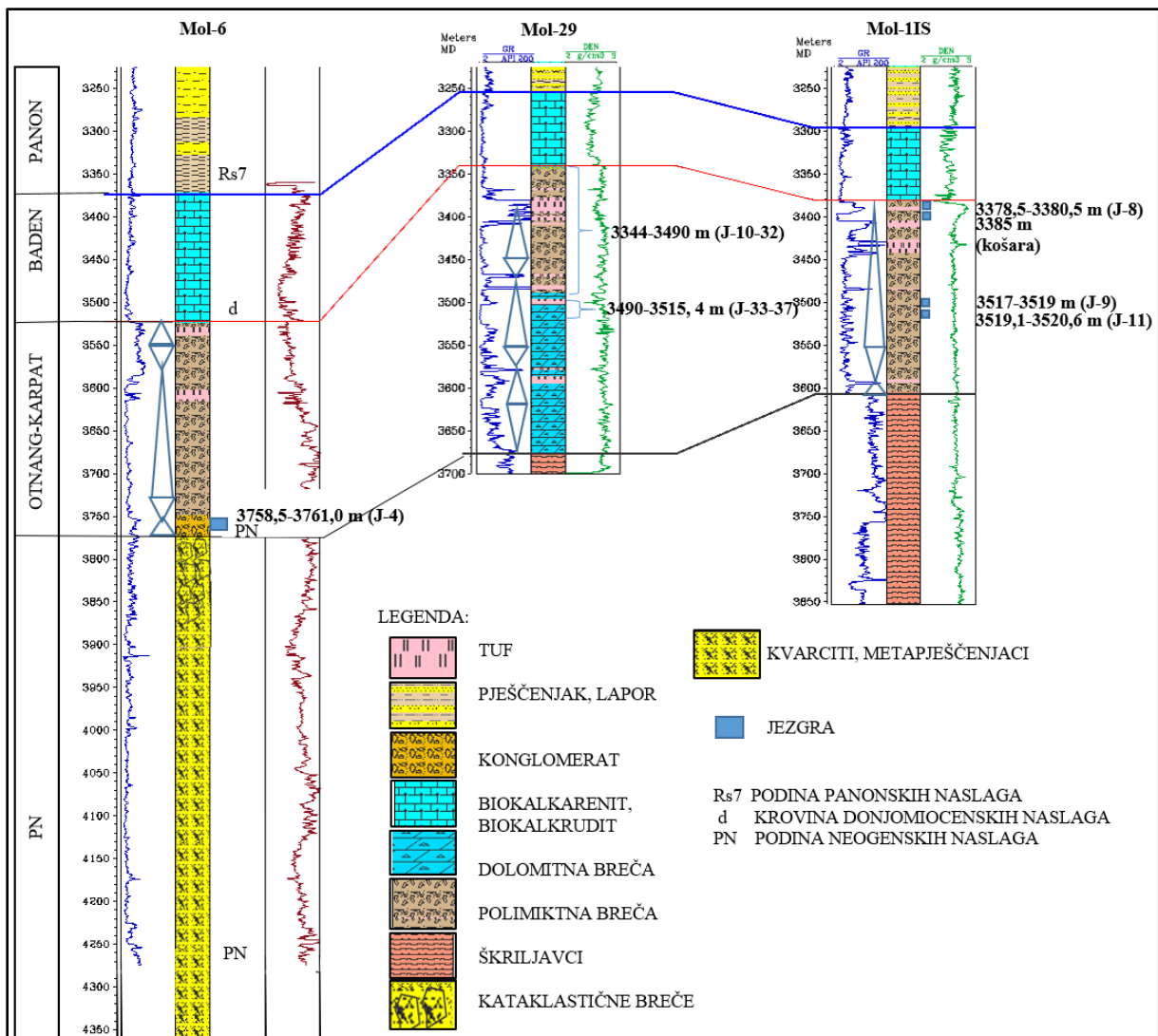
Slika 5.5: GaG-1 J-10, fenokristali feldspata u matriksu od izmijenjenog stakla (lijevo), trahiandezit iz 2. m jezgre te laminirani dolomit i anhidrit iz 3. i 4. m jezgre (desno)

Mikroskopski opis: Dolomit je ranodijagenetski, kriptokristalaste građe. Osnovna dolomikritna masa mjestimično je potisnuta anhidritom u obliku gnijezda i nodula. Rijetko se zapaža pseudomorfoza gipsa po anhidritu. Osim ranodijagenetskog, u pukotinama i šupljinama ponegdje je prisutan i sekundarni zrnasti kasnodijagenetski dolomit.

U izbrusku trahandezita iz 2. m (slika 5.5 lijevo) vidi se trahitska tekstura s fenokristalima feldspata u matriksu od izmijenjenog stakla, kao i u nižoj jezgri J-11. Mjestimično je prisutna hematizacija. Kemijskom analizom uzoraka iz gornjih 2,5 m jezgre utvrđeno je 62% SiO₂.

5.1.2. Molve-6 (Mol-6)

Bušotina je prema geološkom praćenju i petrografskim analizama (MATIŠIN & MALJAK, 1978*, TIŠLJAR, 1989*, VRAGOVIĆ, 1990*) probušila član Mosti na 3520 m, a kataklastične kvarcitarne breče i metapješčenjake podine neogena na 3770 m te u njima dosegla konačnu dubinu od 4360 m (slika 5.6). Krovinu člana Mosti čine biokalkareniti i biokalkruditi badena (KALAC & ŠIKIĆ, 1978*).



Slika 5.6: Korelacijski profil bušotina Mol-6, -29 i – IIS s jezgrovanim intervalima

3758,5 - 3761,0 m (J-4)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 2,5 m dobiveno je ukupno manje od 0,5 m jezgre u više fragmenata. Stijena je **polimiktni konglomerat** koji se sastoji od loše sortiranih poluzaobljenih do poluuglatih valutica duljine 2-14 mm i pješčenjačkog veziva.

Mikroskopski opis: U izbruscima se vide valutice mikrita, ranodijagenetskih i kasnodijagenetskih dolomita te kvarcnih pješčenjaka. Prisutna su i zrna kvarca te siliciklastičnog detritusa dimenzija sitnog pijeska i silta do gline. Vezivo je mjestimično hematitizirano, a sastoji se od agregata zrnastog i mikroznastog kalcita uz primjese gline.

5.1.3. Molve-29 (Mol-29)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila kvarc-sericitske škriljavce podine neogena na 3677 m. Kontinuirano jezgrovanje ukupne dužine 260 m izvršeno je od 3255,4-3515,4 m te su petrografskim analizama (TIŠLJAR & VRAGOVIĆ, 1989*, VRAGOVIĆ & RAŠKAJ, 1990*) utvrđene klastične i piroklastične naslage člana Mosti (slika 5.6). Vršnih 85 m člana su badenski biokalkareniti i biokalkruditi.

3490-3515, 4 m (J-33-37)

Makroskopski opis: Dobivena je **breča** koja sadrži uglate klaste duljine oko 1 cm, rjeđe do 3 cm u sitnozrnastom matriksu.

Mikroskopski opis: Klasti breče su mikrokristalasti kasnodijagenetski dolomiti. Među fragmentima su tanke razdrobljene zone ili kataklastični vijenci mikrokristalastog, ponegdje i kriptokristalastog, dolomita koji je jače ili slabije onečišćen gustom masom organske tvari. Vezivo je sitnozrnasto dolomitno s brojnim pukotinicama ispunjenima ferokalcitnim cementom te s nakupinama kvarca. Duž razdrobljenih i raspucanih zona vidi se piritizacija u obliku gnijezda i agregata pirita.

3344-3490 m (J-10-32)

Makroskopski opis: Jezgra je **polimiktna breča s proslojcima tufa**. Breča je loše sortirana, klastima potporna, s varijabilnim udjelom sitnozrnastog dolomitnog i glinovito siltoznog matriksa. Klasti breče su duljine od 1-6 cm, ponegdje i veći od 10 cm. U vršnom dijelu jezgre sadrži korozivne šupljine s mehanički istaloženim dolomitnim sedimentom, kalkretne kore i više generacija ispunjavanja kaverni terestričkim karbonatnim cjedinama (spelotemskim

korama). Zelenkasto-sivi izmijenjeni tufovi su od 3500-3370 m deblji ili tanji proslojci te klasti breče.

Mikroskopski opis: Klasti se sastoje od kriptokristalastih dolomita s horizontalnom laminacijom, kvarcita, grauvaknih pješčenjaka, pjeskovitih siltita, tufova i efuziva. Pješčenjaci se odlikuju varijabilnim količinama glinovito-sericitnog i siltoznog matriksa te zrnima kvarca, kvarcita, rjeđe feldspata. Piroklastični sedimenti (tufovi) analizirani su iz slijedećih intervala: 3401,6-3406,6 m, 3392,6-3401,6m, 3378,6-3392,6 m te 3370,33. U uzorcima s dubine 3401,6-3406,6 m vidi se brečasta struktura za koju se ne može pouzdano odrediti je li nastala autokataklazom stvrdnjavajuće lave ili aglomeracijom vrućeg piroklastičnog materijala dimenzija pepela do sitnih lapila. U manje izmijenjenim uzorcima zapažaju se relikti fluidalne trahitske teksture. Produkt izmjene osnove najčešće je kriptokristalasti agregat klorita i kvarca (kalcedona) s više ili manje karbonata. Prema reliktnim porfirnim strukturama, izraženoj brečastoj strukturi i odsustvu primarnog kvarca, moguće je da se radi o hidrotermalno izmijenjenom piroklastitu andezitskog sastava. Uzorci iz intervala 3392,6-3401,6 m su u odnosu na prethodni interval znatno jače hidrotermalno izmijenjeni pa su reliktna teksture (fluidalne, pilotaksitske, trahitske) samo mjestimično sačuvane. U uzorcima iz intervala 3378,6-3392,6 m su i fragmenti hidrotermalno izmijenjenih efuziva.

3340 - 3344 m (J-10)

Makroskopski opis: Stijena je **polimiktni konglomerat**, klast potporan, s poluzaobljenim valuticama, a vezivo je dolomitično-glinovito-pješčenjačko-siltozno. Od dna prema vrhu intervala vidi se positnjavanje i povećanje stupnja zaobljenosti valutica te povećanje udjela veziva u odnosu na valutice.

Mikroskopski opis: Valutice se sastoje od kataklastičnih dolomitnih breča, ranodijagenetskih i kasnodijagenetskih dolomita te tufova. Vezivo je siliciklastični detritus dimenzija silta i sitnog pijeska. Prsline i pukotine zapunjava ferokalcitni cement koji često potiskuje vezivo. Prisutne su šupljine otapanja, a značajna je i prslinska šupljikavost. Rjeđe se vide pore koje nisu potpuno ispunjene cementom tj. intergranularna šupljikavost.

5.1.4. Molve-1 istok (Mol-1Is)

Bušotina je prema geološkom praćenju i petrografskim analizama jezgara (STANIĆ, 1985*, RAŠKAJ & TADEJ, 1988*) nabušila kvarc-sericitske škriljavce podine neogena na 3608 m u kojima je i završila na dubini od 3853 m (slika 5.6). Jezgrovanje bušotinskih intervala

između 3519-3328 m bilo je obilježeno tehničkim poteškoćama, tako da jezgre 10 i 7 nisu dobivene, a jezgrama 11, 9 i 8 su dobiveni samo fragmenti duljine nekoliko cm. Vršni dio člana Mosti debljine 79 m su marinske naslage, tj. biokalkareniti badena (VLAHOVIĆ, 1988*).

3519,1-3520,6 m (J-11), 3517-3519 m (J-9) i 3378,5-3380,5 m (J-8)

Makroskopski opis: Dobiveni su fragmenti **tufa**. U navedenim jezgrama sačuvano je nekoliko fragmenata duljine 3-9 cm, stijena je sivo-zelenkasta, sastoji se pretežno od kvarca, mjestimično se vide tanke pukotine. Prema geološkom praćenju uzorci su klasti breče.

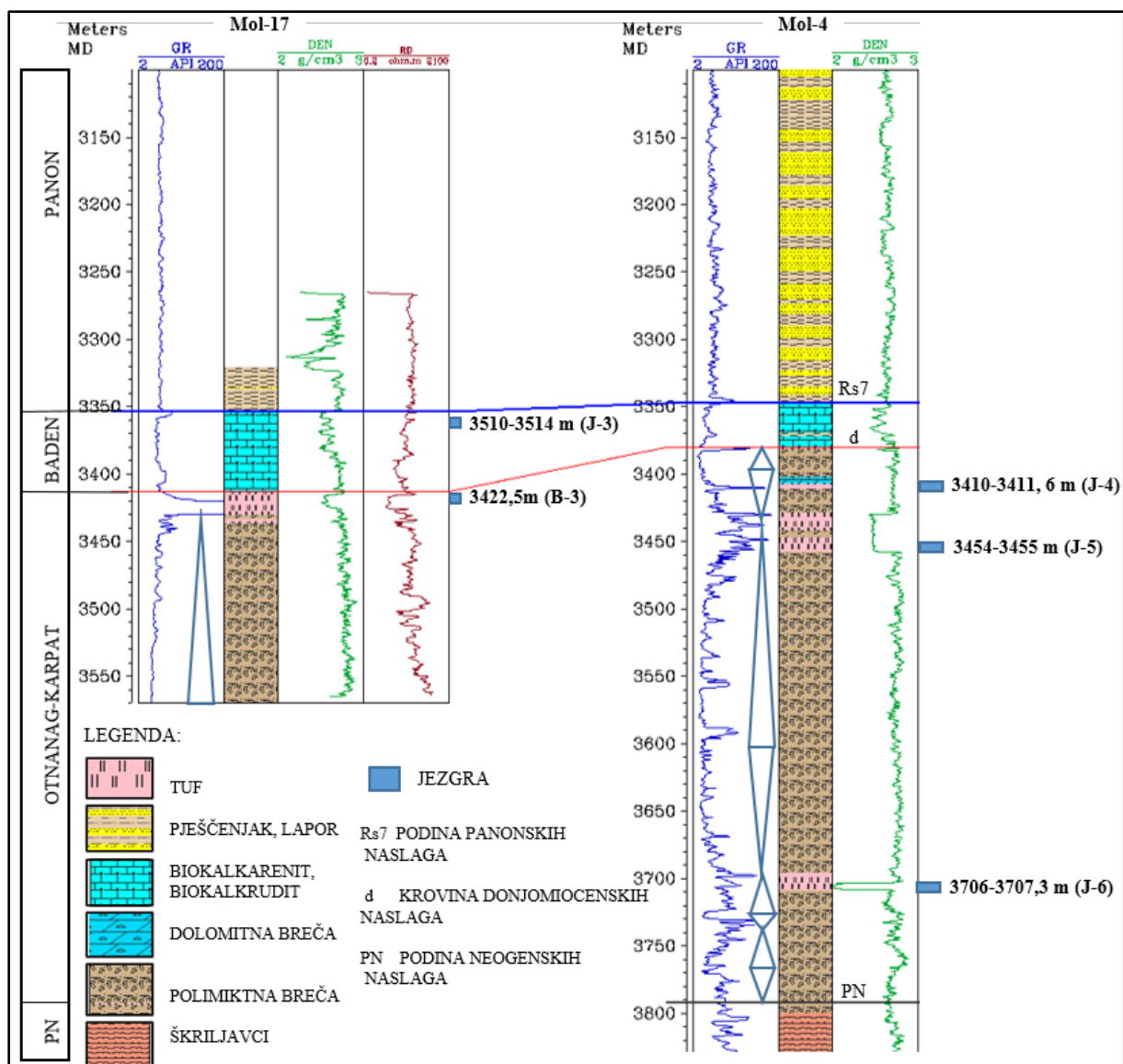
3385 m (košara)

Makroskopski opis: Instrumentacijom je dobivena **polimiktna breča**.

Mikroskopski opis: Klaste breče čine dolomit, siltozni šejl, kvarcit i/ili metaarenit i pješčenjak tipa kvarc-feldspatske grauvake.

5.1.5. Molve-17 (Mol-17)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i petrografskim analizama (TIŠLJAR, 1989*, TADEJ, 2010*) ostala u članu Mosti te dosegla konačnu dubinu na 3570 m (slika 5.7). Jezgra 2 nije dobivena, no u intervalu od 3481-3417,5 m izvađeno je 5 bočnih jezgara. U krovini člana Mosti probušeno je 32 m badenskih biokalkarenita (BRODARIĆ, 1985*).



Slika 5.7: Korelacijski profil bušotina Mol-17 i -4 s jezgrovanim intervalima

3510-3514 m (J-3)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 4 m dobiveno je 0,4 m jezgre u komadima od 2-15 cm. Stijena je **dolomitna breča**. Tamnosivi fragmenti dolomita su nepravilno raspucani.

Mikroskopski opis: Stijena je izgrađena od fragmenata ranodijagenetskih i kasnodijagenetskih dolomita obilježja opisanih na Mol-4 (jezgre 3,4 i 5). Nema vidljivih značajki kataklastičnih deformacija, tj. predstavlja klastični sediment.

3422,5m (B-3), bočna jezgra

Makroskopski opis: Sivi **tufitični pješčenjak** (PARLOV, 1985*)

5.1.6. Molve-4 (Mol-4)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (MALJAK & MATIŠIN, 1978*; ŠČAVNIČAR, 1987*; VRAGOVIĆ & RAŠKAJ, 1990*) nabušila škriljavce podine neogena na 3792 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 5005 m. Na škriljavcima se talože kontinentalne naslage donjeg miocena (slika 5.7). Najbliži dio člana nije jezgrovan, no nalazi foraminifera u uzocima sa sita s dubine 3360 m (ŠIKIĆ, 1977*) smještaju taj interval u marinski miocen, vjerojatno baden.

3706-3707,3 m (J-6)

Makroskopski opis: Jezgra je tamnosiva **polimiktna breča s proslojcima tufa** i tamnosivim, gotovo crnim glinovito – karbonatnim vezivom.

Mikroskopski opis: Klasti breče sadrže mikrokristalasti do kriptokristalasti ranodijagenetski dolomit i pješčenjak. Klasti krupnozrnastog pješčenjaka su ispucani i razdrobljeni. Pelitske (sericitsko – muskovitne) komponente je malo u odnosu na karbonatnu koja ispunjava brojne pukotine u stijeni. Prsline i šupljine ispunjava anhidrit. U izbruscima iz tufova osnova je afanitska masa, kriptokristalasta, gotovo izotropna ili slabo izotropna, s reliktima vitroklasta. U njoj leže krupna, magmatskom resorpcijom zaobljena kvarcna zrna, od kojih su neka zdrobljena i rekristalizirana. Prisutni su i angularni piroklasti kvarca.

3454-3455 m (J-5)

Makroskopski opis: Od bušenih 1,5 m dobiveno je 1,2 m jezre u fragmentima. Jezgra je **polimiktna breča s proslojcima tufa**.

Mikroskopski opis: Stijena sadrži veći dio klasta dolomita, nešto manje kvarcnog pješčenjaka te fragmente tufa. Klasti sitnozrnastog dolomita sadrže brojne pukotinicice ispunjene ferokalcitnim i dolomitnim cementom.

3410-3411, 6 m (J-4)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 1,6 m sačuvano je manje od 1m u fragmentima duljine 8-10 cm, rjeđe do 15 cm. Jezgra loše sortirana **polimiktna breča**. U donjih 0,5 m breča je klastima potporna, vide se uglati do rjeđe poluzaobljeni klasti duljine od 1-5 cm u sitnozrnastom vezivu (slika 5.8 lijevo). U gornjih 0,5 m jezgre (slika 5.8 desno gore) breča je matriksom potporna, klasti su većinom uglati, rjeđe poluzaobljeni. Duljina im je od 0,5-4 cm, a u pojedinim fragmentima vidi se fluidalna tekstura (slika 5.8 desno dolje).



Slika 5.8: Mol-4 J-4, loše sortirana polimiktna breča; fragment fluidalne teksture (uvećani detalj dolje desno)

Mikroskopski opis: Prema litofacijsnim, genetskim i dijagenetskim značajkama ove breče odgovaraju prethodno opisanim intervalima jezgara 5 i 6, tj. prevladavaju klasti sitnozrnastog dolomita nad klastima pješčenjaka.

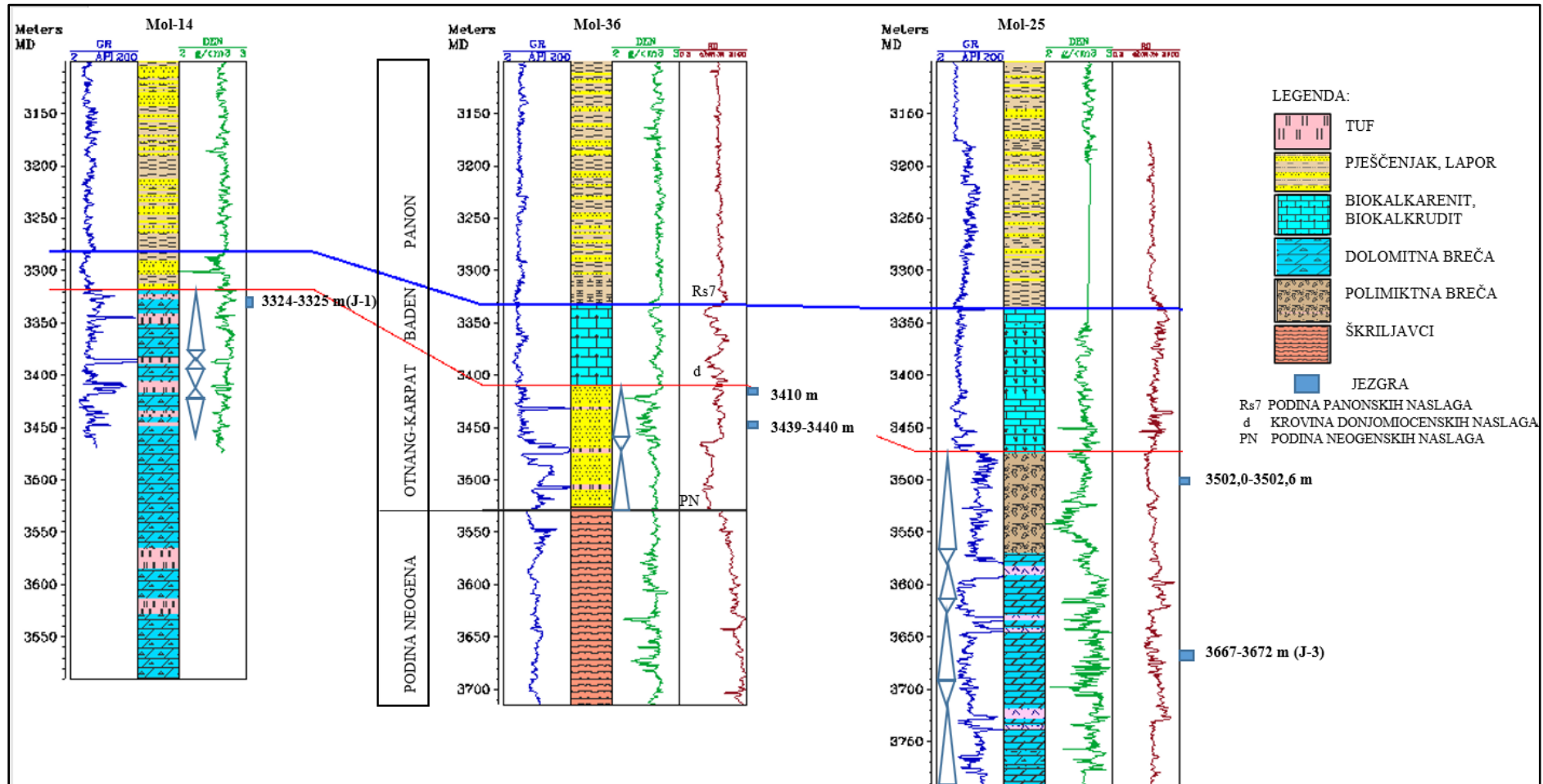
5.1.7. Molve-14 (Mol-14)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (SOKOLOVIĆ, 1981*, TIŠLJAR, 1989*, VRAGOVIĆ, 1990*) dosegla konačnu dubinu od 3690 m u krupnoklastičnim naslagama člana Mosti (slika 5.9).

3324-3325 m (J-1)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima duljine od 5-15 cm. Stijena je klastima potporna **dolomitna breča s proslojcima tufa**. Sivo-zelenkasti proslojci i /ili klasti tufova vide se u fragmentima gornjih 0,5 m jezgre.

Mikroskopski opis: Klasti breče pripadaju mikrokristalastim do kriptokristalastim ranodijagenetskim dolomitima koji su silificirani i bitumenizirani. Vezivo je glinovito. Tuf je hidotermalno izmijenjeni vulkanski aglomerat promjenljive strukture, sericit je mjestimično neorijentiran, ponegdje potiskivan karbonatom koji se javlja u obliku srednjezrnastog agregata.



Slika 5.9: Korelacijski profil bušotina Mol-14, -36 i -25 s jezgrovanim intervalima

5.1.8. Molve-36 (Mol-36)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (IVANIČEK & SOKOLOVIĆ, 1989*) nabušila gnajs podine neogena na 3629 m te dosegla konačnu dubinu od 3792 m. Na podlozi neogena talože se pješčenjaci s tufovima pretpostavljene otnaške starosti (slika 5.9). U krovinskom dijelu člana Mosti je jezgrovan badenski (VLAHOVIĆ, 1989*) biokalkarenit do biokalkrudit.

3439-3440 m (hidraulički pauk)

Makroskopski opis: Srednjeznasti masivni **pješčenjak**, sivi, mjestimično zelenkasti i crvenkasti.

Mikroskopski opis: Pješčenjak je sublitoarenit do litoarenit, izgrađen od gusto pakiranog detritusa u kvarc-sericit-kloritskom vezivu. Vezivo je mjestimično potiskivano karbonatom. Mineralni sastav litoarenita je slijedeći: kvarc, malo feldspata (mikroklin) i malo tinjaca (biotit, muskovit) te akcesorno cirkon. Među česticama stijena uočeni su: kvarcit, čert i hematizirani i kloritizirani fragmenti piroklastita.

3410 m (instrumentacija tzv. košarom)

Makroskopski opis: Sivozelenkasti masivni **pješčenjak**.

Mikroskopski opis: Pješčenjak je sublitoarenit gusto pakiranog detritusa s mono i polikristalnim kvarcnim zrnima, malo feldspata i čestica kvarcita s klorit-sericitskim vezivom.

5.1.9. Molve-25 (Mol-25)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (RAŠKAJ, 1988*, IVANIČEK, 1996*) završila u naslagama člana Mosti na 3792 m (slika 5.9). U krovini člana su badenski biokalkruditi (VLAHOVIĆ, 1988*).

3667-3672 m (J-3)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima duljine 5-20 cm, a manji dio je zdrobljen. Dobiven je **laminirani dolomit i anhidrit**. Stijena se sastoji od proslojaka i lamina tamno sivog dolomita te bijelog do svjetlo sivog anhidrita (slika 5.10). Proslojci i lamine su mjestimično povijene i deformirane. Vide se nodule duljine 1-4 cm i tanke pukotine.



Slika 5.10: Mol-25 J-4 3., 4. i 5. m, laminirani dolomit i anhidrit

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćeni ranodijagenetski anhidritizirani dolomit mikrokristalaste stukture te glinovite lamine ilit-sericitnog mineralnog sastava.

Palinologija: Utvrđeno je nekoliko primjeraka dinocisti, bisakatnog peluda i zelenih algi (*Botryococcus braunii*, *Dinoflagellata* gen. et sp. indet. te fosilni pelud *Bissacites*). Većina palinomorfi je degradirana i teško raspoznatljiva. U palinofacijesu su također uočeni razmjerno brojni ostaci višeg bilja kao što su veliki i oksidirani klasti lignohumina što ukazuje na terestrički utjecaj, a zelena alga *Botryococcus braunii* karakteristična je u slatkovodnim i brakičnim sredinama Paratethysa (KRIZMANIĆ, 1996*)

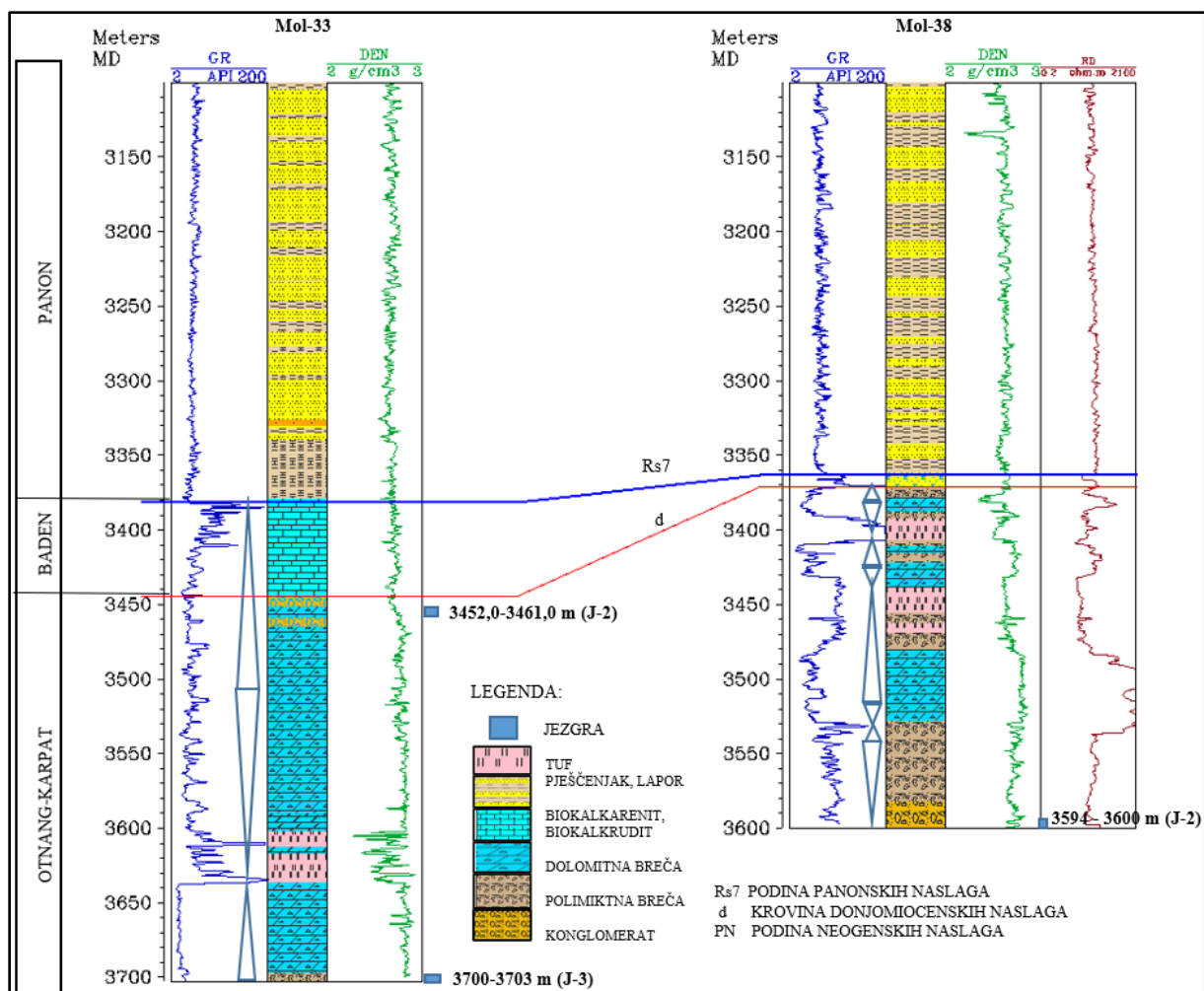
3502,0-3502,6 m (hidraulički pauk)

Makroskopski opis: **Polimiktna breča**, klastima potporna, crvenosiva do sivozelena s pješčenjačkim vezivom.

Mikroskopski opis: U izbruscima su prisutni fragmenti tufa, škriljavaca, gnajsa i kvarcita. Pješčenjačko vezivo sastoji se od zrna kvarca, sericita, muskovita i klorita.

5.1.10. Molve-33 (Mol-33)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja završila u dolomitnim brečama člana Mosti (slika 5.11) na 3703m. Prema petrografskim analizama (RAŠKAJ, 1989*; TADEJ, 1989*), u gornjih 79 m probušeni su badenski biokalkareniti (BRODARIĆ, 1989*).



Slika 5.11: Korelacijski profil bušotina Mol-33 i -38 s jezgrovanim intervalima

3700-3703 m (J-3)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 3 m dobiveno je 2,3 m jezgre u fragmentima duljine od 10-40 cm. Stijena je **polimiktna breča**, masivna, s uglatim klastima i crvenkastim pješčenjačkim vezivom.

Mikroskopski opis: Breča se sastoji većinom od klasta dolomita i podređeno tufova. U izbruscima su uočeni fragmenti kasnodijagenetskih dolomita, djelomično rekristaliziranih, horizontalno laminiranih ranodijagenetskih dolomita te fragmenti devitificiranog vulkanskog stakla. Vulkansko staklo se u izbruscima iz isplake počinje javljati od 3600 m.

3452,0-3461,0 m (J-2)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 9 m dobiveno je 4 m jezgre u komadima duljine od 30-40 cm, a pojedini djelovi jezgre su zdrobljeni u fragmente duljine od 1-5 cm. Dobivena je **breča i**

konglomerat. Tekstura je masivna. Breča i konglomerat su klast-potporni, loše sortirani, a veličina klasta i valutica je od 1-20 – tak cm. Vezivo je pješčenjačko – glinovito, mjestimično hematitizirano. U fragmentima nižeg dijela jezgre tj. iz 3. i 4. m prevladavaju uglati klasti, dok u prva 2 m prevladavaju poluzaobljene do dobro zaobljene valutice s pješčenjačkim vezivom. *Mikroskopski opis:* U izbruscima iz nižeg dijela jezgre su klasti mikrokristalastih i srednjekristalastih dolomita s dolomitnim vezivom s primjesama željeznih oksida. Izbruscima iz višeg dijela jezgre su zahvaćene valutice ranodijagenetskog i kasnodijagenetskog dolomita, dolomikrit, dolomitna breča, te sitnozrnasto pješčenjačko-dolomitno vezivo.

5.1.11. Molve-38 (Mol-38)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (IVANIČEK & SOKOLOVIĆ, 2001*) dosegla konačnu dubinu u nefosilifernim kontinentalnim naslagama člana Mosti na 3600 m (slika 5.11). Vršnih 8 m člana su kalkarenacejski pješčenjaci s kršjem badenskih mikrofosila (MILETIĆ, 2001*).

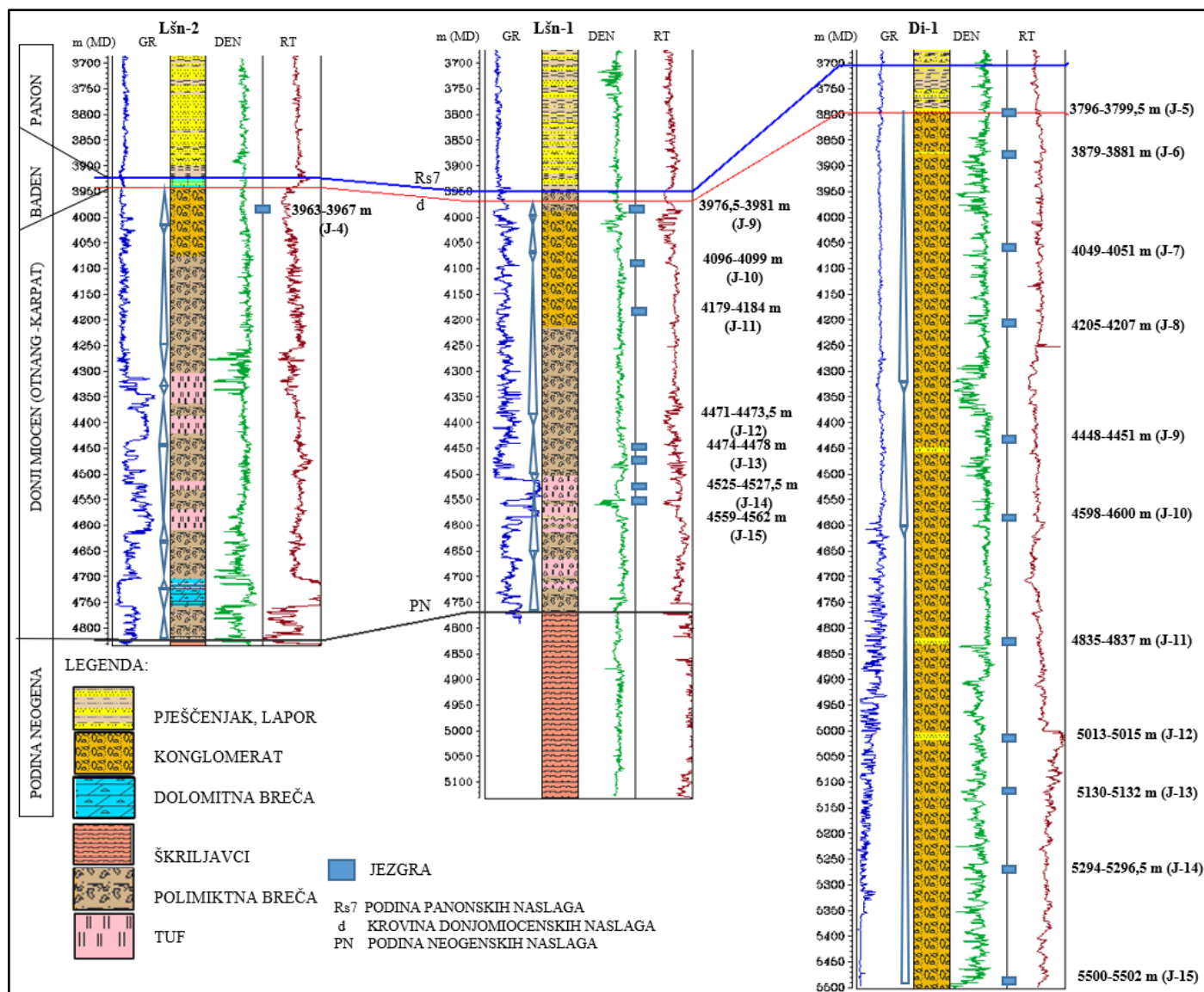
3594 - 3600 m (J-2)

Makroskopski opis: **Polimiktni konglomerat**, masivan, matriks potporni, loše sortiran, sastavljen od poluzaobljenih do poluuglatih valutica prevladavajuće duljine 1- 4 cm, a mjestimično preko 10 cm s varijabilnom količinom sitnozrnastog pješčenjačkog veziva. Stijena je dosta raspucana.

Mikroskopski opis: Jezgra sadrži valutice različitih tipova stijena među kojima prevladavaju dolomiti, a rjeđe škriljavci i pješčenjaci. Dolomiti su anhidritizirani, mjestimično se vidi dolomitni i gipsno-anhidritni cement.

5.1.12. Leščan-2 (Lšn-2)

Prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama, (LUČIĆ et al., 1993*) bušotina je probušila član Mosti na 3924 m, škriljavce podine neogena na 4825 m te ostvarila konačnu dubinu od 4835 m (slika 5.12) .



Slika 5.12: Korelacijski profil bušotina Lšn-2, -1 i Di-1 s jezgrovanim intervalima

3963-3967 m (J-4)

Makroskopski opis: Jezgra je u fragmentima veličine 10-20 cm, dok je niži dio zdrobljen u sitne fragmente. Stijena je **polimiktni konglomerat**, klastima potporan, srednje do dobro sortirani, s dobro zaobljenim do pouzaobljenim valuticama prevladavajuće duljine 0,5-1 cm, iako ih mjestimično ima duljine 4-7 cm (slika 5.13) . U većem dijelu fragmenata jezgre stijena je masivna, no donjih 15-tak cm 4. i 1. m se vidi normalna gradacija od valutičastih do granulastih konglomerata. Vezivo je pješčenjačko – glinovito. U najgornjih 20-ak cm primjećuje se slabija zaobljenost valutica.



Slika 5.13: Lšn-2, fragment polimiktnog konglomerata iz 1.m J-4

Mikroskopski opis: U izbruscima su fragmenti različitih strukturnih i genetskih tipova dolomita i sitnozrnastog karbonatnog matriksa. Fragmenti su dosta tektonski raspucani i ponovo cementirani krupnokristalastim dolomitom.

Mikropaleontologija: u nekima od dolomitnih valutica uočeni su mikrofosili mezozojske starosti (trijas?): *Spiroculina* sp. ili *Quinqueloculina* sp., *Glomospira* sp., *Glomospirella* sp. i relikti alga, ?*Meandrospira* sp. ,dok je vezivo potpuno nefosiliferno (STANKOVIĆ, 1993*).

5.1.13. Lešćan-1 (Lšn-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (PILJUROVIĆ, NOVOSEL-ŠKORIĆ & RAŠKAJ, 1989*) probušila član Mosti na 3951 m te

nabušila kvarc-tinjčaste škriljavce podine neogena na 4770 m u kojima je i dosegla konačnu dubinu od 5133 m (slika 5.12).

4559-4562 m (J-15)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima duline 10-15 cm. Stijena je **lapilni tuf do aglomerat**. Stijena je masivna, staklasta, tamno siva do svjetlije siva, slabo vezana, trošna, klasti su slabo zaobljeni i povezani sitnozrnastim vezivom.

Mikroskopski opis: Struktura stijene je psefitsko psamitska. Fragmenti su izgrađeni od kristalovitričnih tufova, a rijetko su prisutni i fragmenti kvarcita, škriljavci te ponegdje kristali feldspata. U izbrusku iz 2. m vidljiva je staklasta struktura i paralelna tekstura. Iz mase se izdvajaju lećasti agregati sericita, a podređeno kvarca. Matriks je vitrični, djelomično rekristaliziran, a mjestimično se vide zone sericitizacije i muskovitizacije.

4525-4527,5 m (J-14)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima duljine 5-15 cm. Dobiven je **kristalovitrični tuf**, masivne, staklaste teksture, sivkasto zeleni s crvenkastim nijansama (slika 5.14), hematitiziran i kloritiziran.



Slika 5.14: Lšn-1, hematitizirani tuf, fragment iz J-14

Mikroskopski opis: U izbruscima stijena pokazuje pretežno psamitsku strukturu s nešto malo krupnijih psefitskih zrna. Sortiranost je loša. Tekstura je homogena. U osnovi se nalaze

fragmenti staklastih tufova, rjeđe feldspati i odlomci silificiranih feldspata. Matriks je staklo koje je djelomično rekristalizirano. Uzorci su hematizirani. Vulkansko staklo je mjestimično rekristalizirano i prešlo je u zeolit.

4474-4478 m (J-13)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima duljine 10-ak cm. Stijena je **polimiktna breča**, crvenkasta, klastima do matriksom potporna, sadrži uglate klaste duljine 0,2-2 cm te glinoviti matriks.

Mikroskopski opis: Klaste breče čine pjeskoviti dolomit, vapnenačka breča i sparit. Vezivo stijene je izgrađeno od kvarca, mikrokristalastog kalcita i minerala glina, rekristalizirano je i limonitizirano.

4471-4473,5 m (J-12)

Makroskopski opis: Dobiveno je 0,4 m jezgre u fragmentima duljine 1-6 cm. Stijena je crvenkasta **breča**, klastima potporna, s klastima duljine 0,2-6 cm i glinovitim vezivom.

Mikroskopski opis: Klasi breče su krupnokristalinični kasnodijagenetski dolomit te dolomitizirani fragmenati sa sačuvanim pelsparitskim formama. Matriks je limonitiziran, sadrži mikrokristalasti kalcit, minerale gline i sericita, romboedre dolomita te muskovit.

4179-4184 m (J-11)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 60 % jezgre u komadima od 1-40 cm. Stijena je **polimiktni konglomerat** (slika 5.15), klastima potporan, masivan, slabo sortiran, sa zaobljenim valuticama duljine najčešće između 1 i 3 cm, rjeđe do 10 cm.



Slika 5.15: Lšn-1 J-11 fragment polimiktnog konglomerata iz 3.m jezgre

Mikroskopski opis: U konglomeratu su valutice karbonatnih stijena, kvarca, andezita te kvarc-tinjčastog škriljavca. Izbruskom iz fragmenta 4. m je zahvaćen dijelom rekristalizirani srednjeznasti dolomitni agregat, a od terigenog detritusa određeni su: kvarc, fragmenti tufa, spilita, feldspata, kvarciti te fragmenti izmijenjenog i rekristaliziranog vapnenca. Vezivo je dolomitno s primjesama gline. Drugim izbruskom iz 4. m dobiven je fragment andezita porfirne strukture te fluidalne paralelne teksture. Javljaju se izduženi prizmatski kristali feldspata. Plagioklasi su jako zamućeni. Od akcesornih teških minerala uočen je apatit, a sekundarni sastojak je leukoksen. Uzorcima iz 1. m zahvaćeni su fragmenti bazalt andezita: stijena je kriptokristalna s malo štapićastih feldspata, homogene i mandulaste teksture. Uočene su nodule zeolita ili kalcedona te žile sekundarnog kalcita u staklastoj izotropnoj osnovi.

4096-4099 m (J-10)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima od nekoliko cm do 50-tak cm. Dobiven je **polimiktни konglomerat i andezit**. Glavninu fragmenta jezgre čini slabo sortirani, masivni, klast potporni konglomerat s valuticama 1-15 cm i s pješčenjačkim vezivom. U 2. m je veći fragment andezita, duljine 40-ak cm.

Mikroskopski opis: U konglomeratu su valutice dolomita, kvarc-tinjčastog pješčenjaka, andezita i metamorfita. Vezivo je kvarcno sericitsko, mjestimično cementirano karbonatom.

3976,5-3981 m (J-9)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima duljine od 30 cm, dok je najniži dio razdrobljen. Stijena je **polimiktни konglomerat**, slabo sortiran, sadrži pouzaobljene do poluuuglate valutice duljine 1-10 cm u pješčenjačkom vezivu.

Mikroskopski opis: Valutice konglomerata čine vapnenci, dolomiti, efuzivi, tufovi i kvarciti. Vezivo je pješčenjačko, tipa litoarenita. Litoklastični tuf zahvaćen uzorkom iz 3. m pokazuje srednjeznastu strukturu, u sastavu detritusa su kvarc, feldspati, čestice stijena i muskovit. Vezivo je sericitno – glinovito i izmijenjeno vulkansko staklo. U izbruscima iz vitrokristaloklastičnih tufova zahvaćenih uzorcima iz 1. m je podjednaka količina zamućenih sericitiziranih feldspata i subangularnog kvarca, a podređeno klorita. Matriksa je malo, zamućen je, skoro izotropan i djelomično rekristaliziran.

5.1.14. Dinjevac-1 (Di-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (SOKOLOVIĆ, 1982*) nabušila član Mosti na te u njemu dosegla konačnu dubinu od 5502 m (slika 5.12).



Slika 5.16: Di-1, jezgre 9-15

5500-5502 m (J-15)

Makroskopski opis: Dobiveno je 0,5 m jezgre koja je matriksom potporni **polimiktni konglomerat**, loše sortiran, s poluzaobljenim valuticama duljine od 1-4 cm u obilatom tamno crvenom sitnozrnastom matriksu (slike 5.16, 5.17).

Mikroskopski opis: U izbruscima su prisutne valutice različitih tipova stijena: škriljavci bogati tinjcima, kvarcit, erupitivi, pješčenjak, piroklastit te raznobojni kvarc. Vezivo je hematitizirano, čini ga sitnozrnasti agregat kvarca i sericita.



Slika 5.17: Di-1 J-15, polimiktni konglomerat s hematiziranim vezivom

5294-5296,5 m (J-14)

Makroskopski opis: Sačuvan je fragment manji od 10 cm koji je **polimiktni konglomerat** vrlo sličan opisanome prethodnom J-15. Konglomerat je matriksom potporan, loše sortiran, s poluzaobljenim valuticama duljine 0,2-1 cm u pješčenjačkom vezivu.

Mikroskopski opis: Valutice su škriljavci bogati tinjcima, kvarcit, erupitivi, pješčenjak, piroklastit te raznobojni kvarc. Vezivo je kvarc sericitsko, hematizirano.

5130-5132 m (J-13)

Makroskopski opis: Dobiveno je 0,3 m jezgre kojom je zahvaćen klastima potporni **polimiktni konglomerat i pješčenjak**. Donjih 10-ak cm jezgre je krupnozrnasti kvarc – tinjčasti pješčenjak, a ostatak jezgre čini loše sortirani crvenkasto smeđi konglomerat s valuticama dimenzija 2-10 cm.

Mikroskopski opis: Kao i kod jezgara 15 i 14, u sastavu valutica su škriljavci, kvarcit, efuziv, pješčenjak, piroklastit te raznobojni kvarc, a vezivo je kvarc sericitsko, hematizirano.

5013-5015 m (J-12)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 1m fragmenata jezgre koja je **pješčenjak**, masivni, krupnozrnasti, sivi do tamno sivi, kvarcni, mjestimično tinjčasti.

Mikroskopski opis: Izbruskom je zahvaćena grauvaka. Glavni minerali su: kvarc, plagioklasi, muskovit te čestice stijena (karbonata, kvarcita, čerta). Vezivo je klorit sericitsko.

4835-4837 m (J-11)

Makroskopski opis: Dobiveno je 30 cm jezgre. Zahvaćeni su **polimiktni konglomerat i pješčenjak**. Dobro vezani kvarcni pješčenjak je u donjih 15 cm, a gornjih 15 cm je konglomerat heterogenog sastava.

Mikroskopski opis: Izruscima je zahvaćena grauvaka. Glavni minerali su: kvarc, plagioklasi, muskovit, kalcit te čestice stijena (karbonati, kvarciti, čert). Vezivo je klorit sericitsko.

4598-4600 m (J-10)

Makroskopski opis: Dobiveno je 0,5 m jezgre koja je **polimiktni konglomerat**, matriksom potporan (slika 5.18), s poluzaobljenim valuticama duljine od 1-4 cm u obilatom tamno crvenom sitnozrnastom matriksu.



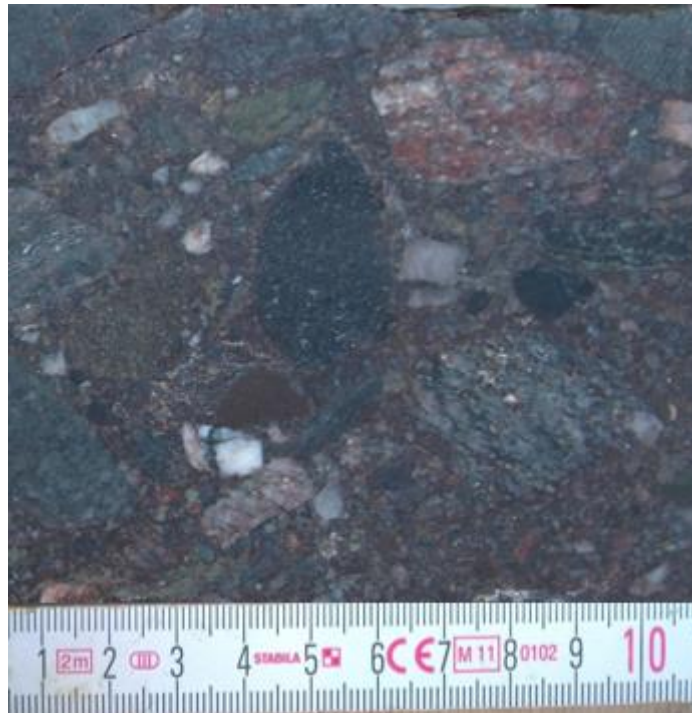
Slika 5.18: Di-1 ostatak J-10, matriksom potporni konglomerat s hematitiziranim vezivom

Mikroskopski opis: Izruscima su zahvaćene valutice kvarc – tinjčastog pješčenjaka, kvarcita, škriljavaca, piroklastita te minerali kvarca, plagioklasa i muskovita. Vezivo je kvarc sericitsko, hematitizirano.

4448-4451 m (J-9)

Makroskopski opis: Dobiveno je 1,3 m jezgre u fragmentima veličine 10-20 cm. Dobiven je **polimiktni konglomerat i pješčenjak**. U fragmentima donjih 50 cm konglomerat je klastima potporan (slika 5.19), slabo sortiran, s valuticama duljine od 0,5-4 cm, rjeđe preko 5 cm. Mjestimično se vidi positnjavanje od krupno valutičastog prema granulastom konglomeratu. Fragmenti središnjih 0,5 m jezgre su tamno crveni krupnozrnasti pješčenjaci. U dijelu fragmenata vidi se postupno positnjavanje od srednje valutičastog konglomerata duljine

valutica oko 1cm prema granulastom konglomeratu i krupnozrnastom pješčenjaku. Ostatak fragmenata su krupnozrnasti crvenkasti pješčenjaci koji su mjestimično konglomeratični.



Slika 5.19: Di-1 J-9, fragment polimiktnog konglomerata iz donjeg dijela jezgre

4205-4207 m (J-8)

Makroskopski opis: Jezgrovanjem je od 2 m dobiveno nekoliko fragmenata (slika 5.20) duljine od 5-10 cm koji su **polimiktni konglomerat**, klastima potporni, slabo sortiran, s dobro zaobljenim valuticama duljine uglavnom oko 0,5 cm, iako ima i većih (do 5 cm).



Slika 5.20: Di-1 J-8, polimiktne, klastični potporni konglomerat

4049-4051 m (J-7)

Makroskopski opis: Dobiveno je 0,5 m jezgre u komadima duljine od 5-10 cm. Jezgra je **polimiktne konglomerat**, klastični potporni, loše sortirani, s dobro zaobljenim valuticama duljine od 0,2-10 cm.

3879-3881 m (J-6)

Makroskopski opis: Dobiveno je 10 - 15cm **pješčenjaka i konglomerata** sive do zelenkasto sive boje. Klastični potporni konglomerat sadrži valutice duljine 1-5 cm. Pješčenjak je krupnozrnasti, kvarc- tinjčast.

Mikroskopski opis: U izbruscima iz konglomerata su zrna različitih dimenzija, od arenitskih do ruditskih, a sastoje se od kvarca, čestica stijena (kvarcit, škriljavci, eruptiv, karbonati), plagioklasa i muskovita. Vezivo je sericitsko.

3796-3799,5 m (J-5)

Makroskopski opis: Dobiveno je ukupno oko 0,5 m jezgre (slika 5.21). Dobivena je **matriksom potporna breča, polimiktne konglomerat, siltozni lapor i pješčenjak**. Donji dio 3. m čini matriksom potporna breča s poluuglatim klastični duljine 0,5-6 cm, a pješčenjačko-glinovitog veziva ima više od 50 %. Gornji dio 3. m i 2. m čini polimiktne konglomerat, matriksom potporan, sadrži poluzaobljene valutice duljine od nekoliko mm do 4 cm. Siltozni lapor i pješčenjak su u 5 cm-skome preostalom fragmentu iz 1. m jezgre.



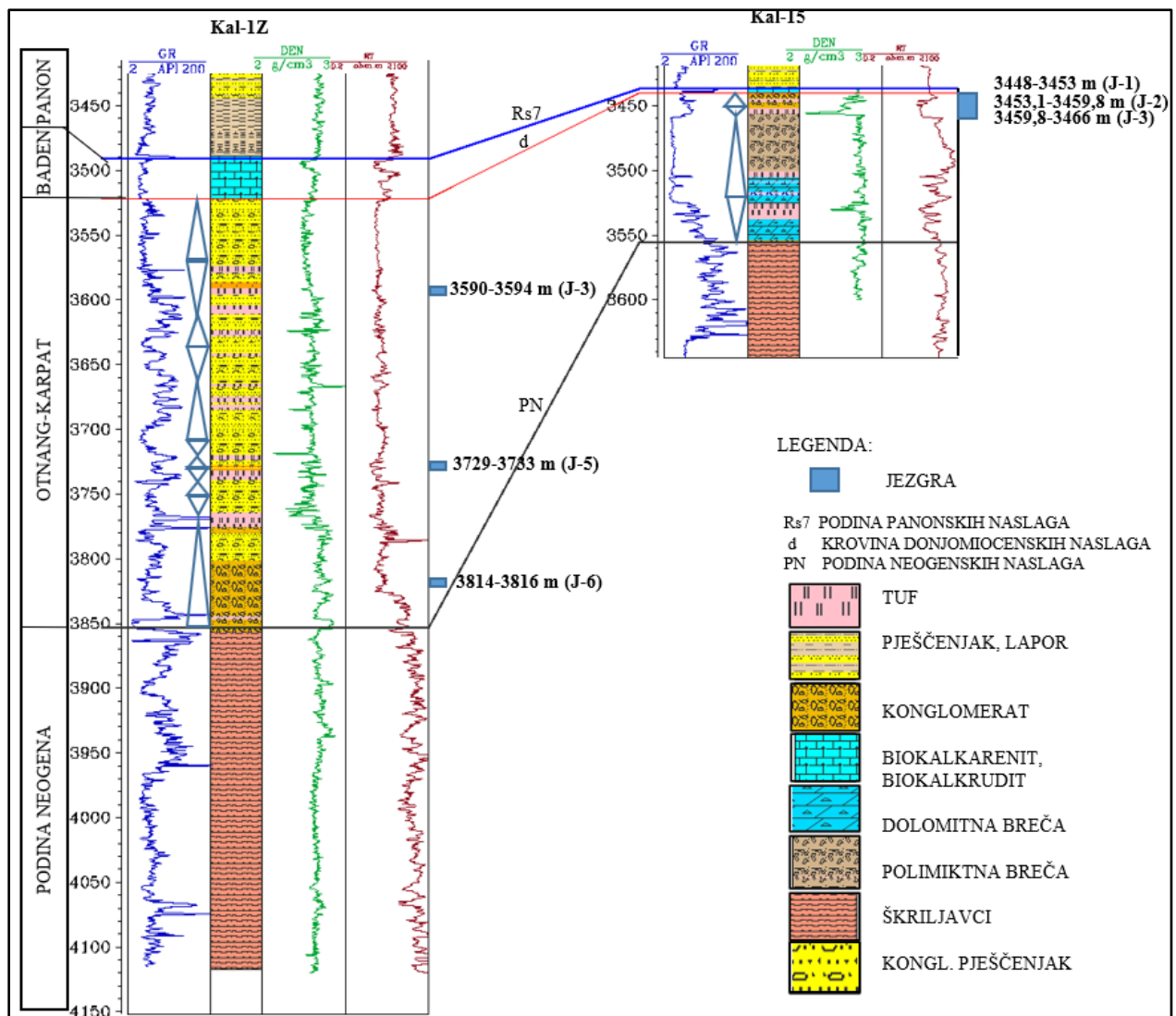
Slika 5.21: Di-1 J-5, ostaci 1., 2. i 3. m jezgre

Mikropaleontologija: Globigerina sp., Globigerinoides sp., Orbulina universa D'ORBIGNY, Textularia sp. (BRODARIĆ, 1983).*

*Starost (vršni dio): **baden***

5.1.15. Kalinovac- 1Z (Kal – 1Z)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila kvarc muskovitske škriljavce podine neogena na 3854 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 4120 m. Prema petrografskim analizama (MESIĆ, 1981*; TIŠLJAR, 1990*) iznad podine neogena utvrđene su klastične naslage člana Mosti (slika 5.22). Gornjih 31 m člana su badenski biokalkareniti (ŠIKIĆ & BRODARIĆ, 1981*).



Slika 5.22: Korelacijski profil bušotina Kal-1Z i Kal-15 s jezgrovanim intervalima

3814-3816 m (J-6)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima duljine 1-40 cm. Stijena je polimiktini **konglomerat**, klast potporni, izgrađen od dobro zaobljenih valutica do mjestimično uglatih klasta duljine zrna od 1- 4 mm u pješčenjačko – dolomitičnom vezivu.

Mikroskopski opis: U izbruscima je dominantni mineral dolomit, uočeni su i fragmenti kvarca, kvarcita i čerta. Pjeskovita primjesa sastoji se od kvarca, feldspata i odlomaka stijena.

3729-3733 m (J-5)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 4 m preostalo je oko 0,9 m jezgre (slika 5.23) kojom je dobiven **muljnjak** i **pješčenjak**. U donjih 60-ak cm je masivni crvenkasti muljnjak s mjestimičnim ovalnim nodulama sivo-zelene boje. Crvenkasto – sivkasti sitnozrnasti pješčenjak čini gornjih 30-ak cm jezgre.



Slika 5.23: Kal-1Z, fragmenti hematitiziranog muljnjaka i pješčenjaka iz J-5

Mikroskopski opis: Izbrusak je zahvatio sitnozrnasti, dobro sortirani pješčenjak, sastavljen od uglastih do poluzaobljenih zrnaca kvarca, rjeđe odlomaka kvarcita i škriljavca. Vrlo rijetko se pojavljuju listići muskovita i biotita te odlomci devitrificirane vulkanske stijene koja se sastoji od kriptokristalastog kvarca. U intergranularnim porama zrna nalazi se vrlo sitni, listićavi sericitni matriks, grudice hematita i limonit.

3590-3594 m (J-3)

Makroskopski opis: Preostalo je 20-ak fragmenata duljine 2-10 cm. Jezgrom su dobiveni **muljnjak**, **pješčenjak** i **tuf** (slika 5.24). U fragmentima 1. m jezgre vidi se tamno crveni masivni muljnjak i rjeđe sitnozrnasti laminirani pješčenjak. Muljnjak sadrži sivkaste nodule duljine 1-6 cm. Svijetlo sivkasti do svijetlo zelenkasti piroklastit sa sivim i zelenkastim uklopcima, srednje zaobljenim, duljine od 1 mm do 5 cm i brojnim šupljinicama je u 2. m jezgre.



Slika 5.24: Kal-1Z J-3, fragmenti hematiziranog muljnjaka i pješčenjaka iz 1. m jezgre te fragment tufa iz 2. m jezgre

Mikroskopski opis: Izbrusak je zahvatio pješčenjački dio jezgre. Pješčenjak je grauvaka, sastoji se od kvarca, rjeđe odlomaka kvarcita i škriljavca te malo muskovita i klorita. Obilno sericitsko vezivo je hematizirano.

5.1.16. Kalinovac- 15 (Kal – 15)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila škriljavce podine neogena na 3556 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 3645 m (slika 5.22). Prema petrografskim analizama (TIŠLJAR, 1990*) iznad podine neogena utvrđene su klastične naslage člana Mosti

3459,8-3466 m (J-3)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 1 m jezgre u komadima duljine 1-27 cm. Stijena je **polimiktna breča**, masivna, klastima potporna, koja sadrži uglate i rjeđe poluzaobljene klaste duljine oko 1 cm. Vezivo je dolomitično i glinovito.

Mikroskopski opis: Breča sadrži većinom dolomitne klaste, a podređeno se javljaju klasti kvarcita. Izbruscima su zahvaćeni klasti kvarcita, dolomita i sitnozrnasti dolomitni matriks. Dolomitni fragmenti su mikrokristalasti, s prslinama i pukotinama zapunjenima kriptokristalastim dolomitom.

3453,1-3459,8 m (J-2)

Makroskopski opis: Jezgra je zdrobljena u komade veličine 0,5-35 cm. Stijena je **polimiktna breča**, masivna, klastima potporna. Vezivo je pješčenjačko i glinovito.

Mikroskopski opis: Breča sadrži klaste dolomita, pješčenjaka, crvenkastog piroklastita i raznobojnog kvarca. Izbruskom je zahvaćen pješčenjak – litična grauvaka koji se odlikuje loše sortiranim, nezaobljenim zrnima i gusto pakiranim sericit-kloritskim matriksom. Zrna su kvarc,

odlomci kvarcita, rjeđe krupni listići muskovita i biotita. Sericit-kloritski matriks ima kriptokristalastu strukturu, mjestimice je piritiziran i ferokalcitiziran, a u pravilu je impregniran organskom tvari.

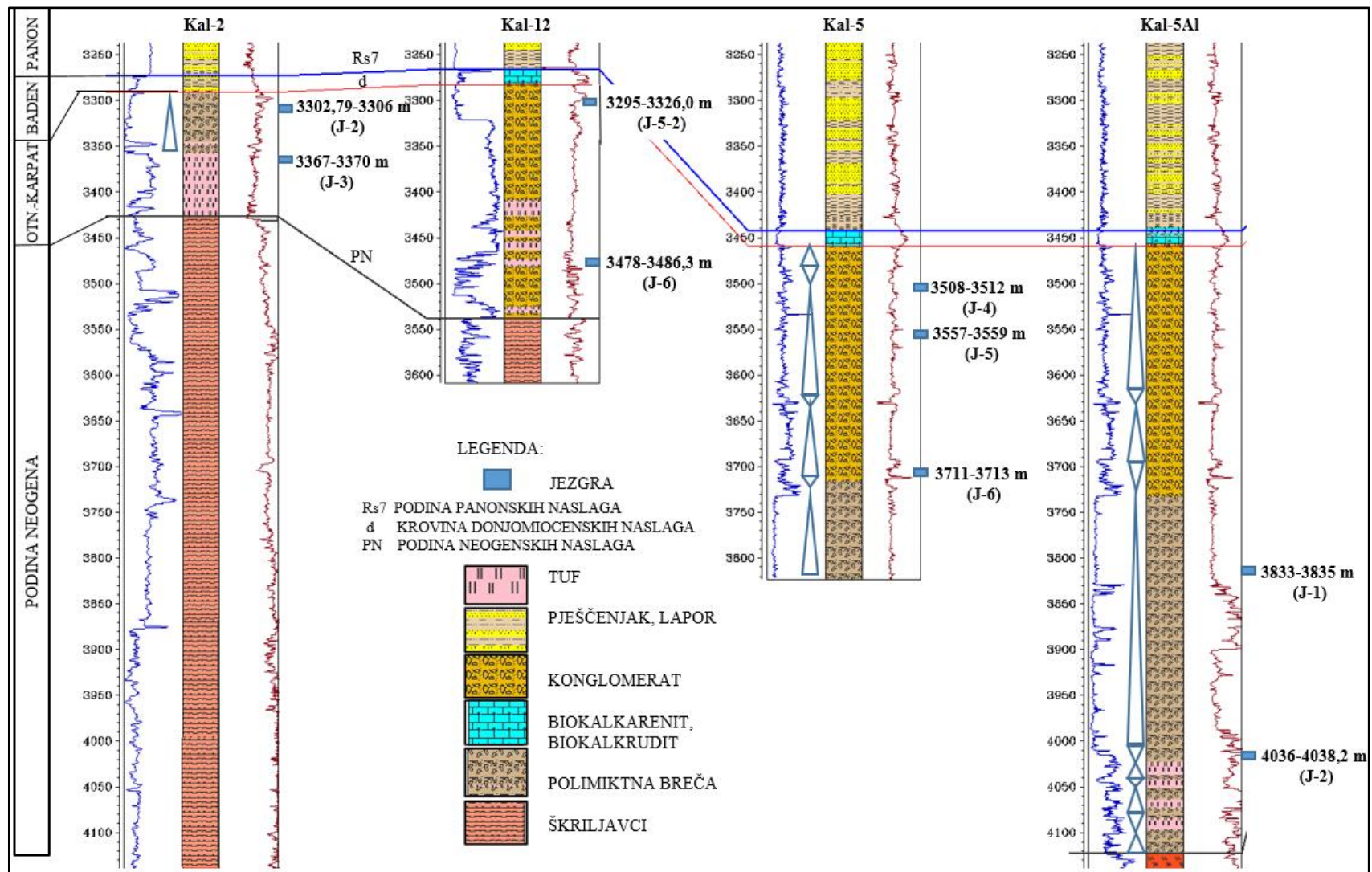
3448-3453 m (J-1)

Makroskopski opis: Jezgra je zdrobljena u komade veličine 0,5-20 cm. Stijena je **polimiktni konglomerat**, slabo sortiran, valutice su poluzaobljene i poluuglate, duljine 0,2-6 cm. Vezivo je pješčenjačko.

Mikroskopski opis: Konglomerat sadrži valutice dolomita, pješčenjaka, piroklastita i škriljavaca. U izbruscima iz pješčenjaka vide se loše sortirana zrna polikristalnog i monokristalnog kvarca, kvarcita i kvarc-muskovitskih škriljavaca. Rjeđi su listići biotita i muskovita, a matriks sadrži sitnokristalasti listićavi sericit, rjeđe klorit, mjestimično se vidi piritizacija i kalcitizacija ferokalcitom.

5.1.17. Kalinovac-2 (Kal-2)

Bušotina je prema geološkom praćenju nabušila škriljavce podine neogena (slika 5.25) na 3432 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 4278 m. Petrografskim analizama (BARBIĆ, 1984*) iznad podine neogena utvrđene su klastične i piroklastične naslage člana Mosti.



Slika 5.25: Korelacijski profil bušotina Kal-2, -12, -5 i -5A1 s jezgrovanim intervalima

3367-3370 m (J-3)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima od 5-15cm. Stijena je **tuf** svijetlo sivkaste-žućkaste boje, mjestimično se vide žilice i sitne pukotine (slika 5.26). Rijeko su prisutne nepravilne nakupine kvarca po žilicama.



Slika 5.26: Kal-2 J-3, fragmenti tufa iz 2.m jezgre (lijevo) i uvećani detalj (desno)

Mikroskopski opis: U izbruscima su zrna kvarca različitih dimenzija i nepravilnih oblika u gustom, izmijenjenom i silificiranom vezivu. U podjednakoj mjeri zastupljeni su trošni feldspati kojima se uglavnom naziru samo konture. Oni su sericitizirani ili prožeti karbonatom koji je nastao vjerojatno kao posljedica trošenja Ca-plagioklasa. Prisutan, ali manje zastupljen je sericit. U manjim nakupinama raspršeni su opaki minerali.

3302,79-3306 m (J-2)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena djelomično zdrobljena, a dijelom u komadima od 3-10-ak cm (slika 5.27). Stijena je polimiktna **breča**, klastima potporna, loše sortirana, slabo vezana i trošna, a sastoji se od uglatih fragmenata dolomita i pješčenjaka duljine 1-5 cm u pješčenjačko-siltoznom matriksu.



Slika 5.27: Kal-2 J-2, ostatak fragmenata klastima potporne breče iz 2.m jezgre

5.1.18. Kalinovac- 12 (Kal – 12)

Bušotina je prema geološkom praćenju nabušila karbonatne škriljavce podine neogena na 3590 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 3609 m. Petrografskim analizama (SOKOLOVIĆ & IVANIČEK, 1989*, 2010*; TADEJ, 2010*) iznad podine neogena utvrđene su klastične i piroklastične naslage člana Mosti (slika 5.25). Gornjih 17 m člana su badenski biokalkareniti (BRODARIĆ, 1989*).

3478-3486,3 m (J-6)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima duljine 6-20 cm. Stijena je **polimiktni konglomerat**, masivan, slabo sortiran, u dijelu fragmenata vidi se klastna potpora, a dio fragmenata je mariksom potporni konglomerat. Sastoji se od poluzaobljenih do poluuglatih valutica duljine 2-20 cm sa sitnozrnastim vezivom.

Mikroskopski opis: U izbruscima se vide se uglati i zaobljeni fragmenti dolomikrita, mikrokristalastog dolomita, sericitiziranog tufa i kataklaziranog kvarcita. Matriks je rekristalizirani dolomitni mulj s primjesama minerala glina i/ili organske tvari i sitno zdrobljenih dolomita dimenzija silta do arenita. Sporadično je u izbruscima prisutan anhidrit i gips te kvarc – sericit – kloritski matriks. U izbruscima iz nižeg dijela jezgre prevladavaju valutice kvarcita, matriks je pjeskovit, s uglatim do zaobljenim zrnima kvarca. Mjestimično se vide kvarcne žilice te šupljine ispunjene agregatom kvarca.

3316,5-3326,0 m (J-5)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima duljine 3-20 cm. Stijena je **polimiktни konglomerat**, neuslojen, klastima potporan, slabo sortiran, s valuticama duljine 1-10 cm. Vezivo je pješčenjačko. Stijena je sivkasta, a mjestimično su fragmenti crvenkasti.

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćeni različiti tipovi dolomita (dolomikrit, dolopelmikrit, mikrokristalasti dolomit, dolomitna breča), kvarcita i sporadično silicificiranih tufova. U izbruscima iz nižeg dijela jezgre prevladavaju valutice kvarcita. Matriks je kvarc-sericit-kloritni i pjeskoviti karbonatni mulj.

3295-3316,5 m (J-4-2)

Makroskopski opis: **Polimiktни konglomerat**, klastima potporan, masivne teksture, kao i jezgre 5 i 6, sadrži zaobljene i rjeđe poluuglate valutice u dolomitno – pješčenjačkom vezivu.

Mikroskopski opis: Izbruskom je zahvaćen fragment mikrokristalastog dolomita sa žilicama zrnastog dolomita. Vezivo je pješčenjačko, sadrži kvarc, kvarcit, čert te mjestimično rekristalizirane i mikrokristalaste fragmente dolomita.

5.1.19. Kalinovac-5 (Kal – 5)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i petrografskim analizama (MARIĆ & MESIĆ, 1981*; TADEJ, 2010*) završila u klastičnim naslagama člana Mosti (slika 5.25) na dubini od 3823 m. Gornjih 17 m člana su badenski biokalkareniti (BRODARIĆ, 1981*).

3711-3713 m (J-6)

Makroskopski opis: Jezgra je **polimiktна breča**, matriksom do klastima potporna, sastoji se od poluuglatih i poluzaobljenih klasta duljine 0,5-5 cm s pješčenjačkim vezivom. U pojedinim fragmentima vidi se fluidalna tekstura (slika 5.28 desno).

Mikroskopski opis: U izbruscima su klasti dolomita, pješčenjaka i izmijenjenih tufova u pješčenjačko-karbonatnom vezivu.



Slika 5.28: Kal-5, fragmenti matriksom do klastima potporne breče iz J-6 (lijevo) te uvećani detalj jednog od fragmenata s fluidalnom teksturom (desno)

3557-3559 m (J-5)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima duljine 10-15 cm. Stijena je masivni matriksom potporni **polimiktni konglomerat**, loše sortiran (slika 5.29). Valutice su poluzaobljene, rijetko poluuglate i duljine od su 0,2-5 cm (slika), no vide se i veće, do 9 cm.

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćene valutice kvarcita, slejtfilita, rastrošenih efuziva, čerta, kvarc-tinjčastog škriljavca i hematitizirane grauvake. Pješčenjačko vezivo čine uglata do poluzaobljena zrna kvarca i čestice stijena.

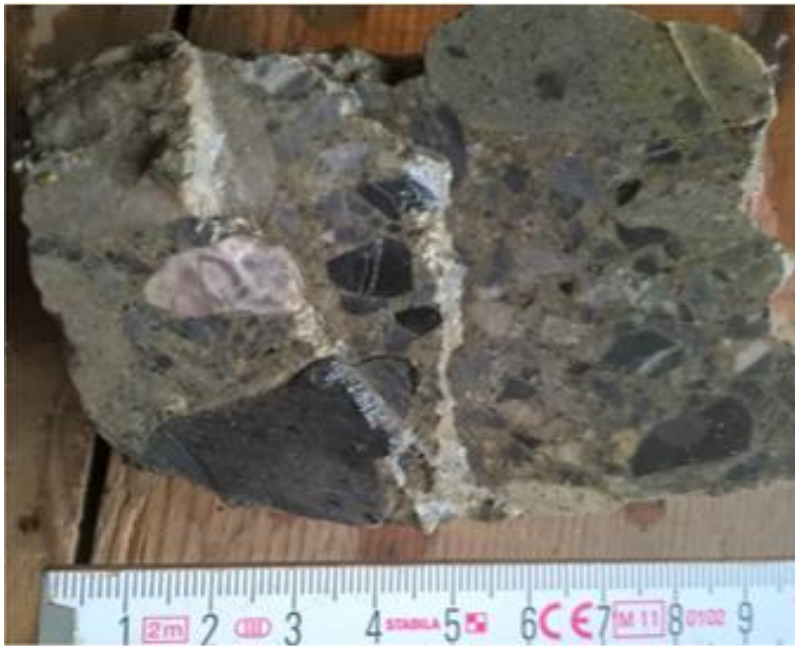


Slika 5.29: Kal-5 J-5, fragment matriksom potpornog konglomerata iz 1.m jezgre

3508-3512 m (J-4)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 50 % jezgre u fragmentima od 5-10 cm. Stijena je **polimiktni konglomerat**, klastom potporni, slabo sortiran, s dobro zaobljenim do poluzaobljenim valuticama dimenzija od 1-6 cm (slika 5.30), najčešće oko 1 cm u pješčenjačkom vezivu.

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćene valutice dolomikrita, kvarcita, škriljavca, i izmijenjenih efuziva. Vezivo je pješčenjačko-dolomitno.



Slika 5.30: Kal-5 J-4, fragment klastima potpornog konglomerata iz 2.m jezgre

5.1.20. Kalinovac-5 Alfa (Kal – 5 Al)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila škriljavce podine neogena na 4123 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 4475 m. Prema petrografskim analizama (MARIĆ & MESIĆ, 1981*) iznad podine neogena utvrđene su klastične i piroklastične naslage člana Mosti (slika 5.25). Gornjih 17 m člana su badenski biokalkareniti (BRODARIĆ, 1981*).

4036-4038,2 m (J-2)

Makroskopski opis: Sačuvano je nekoliko fragmenata jezgre koju čine **breča i tuf**. Klasti breče su većinom škriljavci dimenzija 5-8 cm, mjestimično s obilatim pješčenjačkim vezivom.

Fragmenti svijetlo sivo-zelenkastog tufa (slika 5.31) masivne teksture, mjestimično ispresjecanog žilicama češći su među ostacima fragmenata 2.m.



Slika 5.31: Kal-5 Al J-2, fragment tufa iz 2.m

3833-3835 m (J-1)

Makroskopski opis: Jezgra je sačuvana u 20-tak fragmenata, čini ju **polimiktna breča**, klastima potporna, s uglatim do poluuglatim klastima dimenzija od 1-5 cm (slika 5. 32).

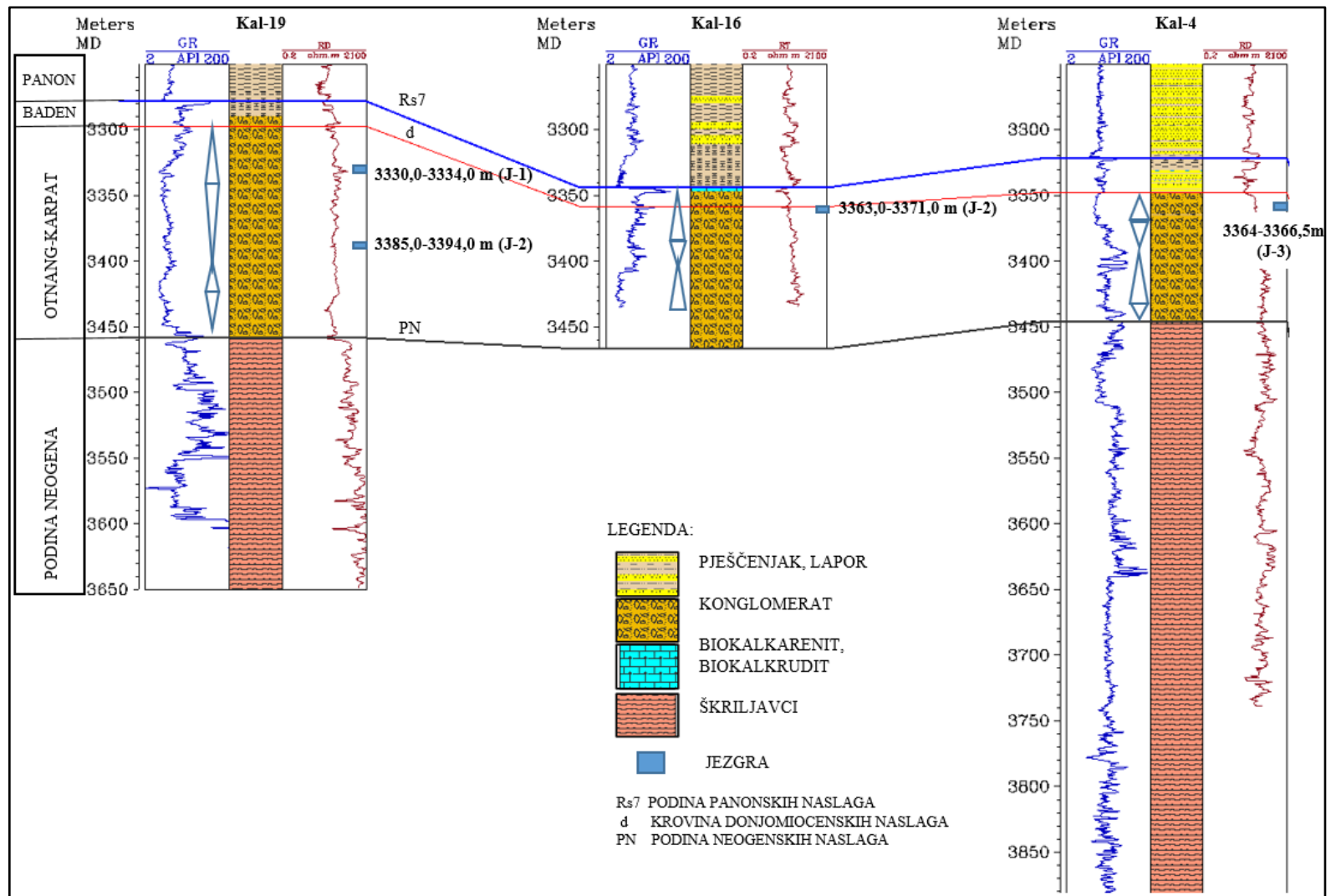
Mikroskopski opis: Klasti se sastoje se od dolomita, pješčenjaka, efuziva i tufa u pješčenjačkom vezivu.



Slika 5.32: Kal-5 Al J-1

5.1.21. Kalinovac- 19 (Kal – 19)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila metamorfite podine neogena na 3459 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 3650 m. Prema petrografskim analizama (SOKOLOVIĆ & IVANIČEK, 2010*, TADEJ, 2010*) iznad škriljavaca i kvarcita podine neogena utvrđene su klastične naslage člana Mosti. (slika 5.33).



Slika 5.33: Korelacijski profil bušotina Kal-19, -16 i -4 s jezgrovanim intervalima

3385,0-3394,0 m (J-2)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 9 m dobiveno je oko 3 m jezgre u zdrobljenim komadićima i nekoliko većih fragmenata duljine do 40 cm. Stijena je klastima potporni **polimiktni konglomerat**. Valutice su poluzaobljene do poluuglate, duljine najčešće oko 1 cm, iako se mjestimično vide i one dimenzija preko 5 cm. U pojedinim većim fragmentima vidi se izmjena 5-6 cm debelih slojeva različitih granulometrija s erozijskim kontaktom.

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćeni odlomci dolomita i dolomitnih breča s pješčenjačkim vezivom.

3330,0-3334,0 m (J-1)

Makroskopski opis: **Polimiktni konglomerat** (slika) s proslojcima **pješčenjaka** (slika 5.34). Konglomerat je klastima potporan, srednje do slabo sortiran, a sastoji se od zaobljenih do poluzaobljenih valutica dimenzija od 0,5-10 cm, mjestimično čak i preko 15 cm. Makroskopski je vrlo sličan izbušenome na Kal-16 jezgrom 2. Rijetka je slabo izražena slojevitost zbog cm-ske izmjene granulastog i sitno valutičastog konglomerata. Pješčenjak je u vrlo rijetkim slojevima debljine 5-6 cm, a kontakt s konglomeratom je erozijski.



Slika 5.34: Kal-19 klastima potporni konglomerat iz J-1

Mikroskopski opis: Konglomerat čine valutice dolomita, pješčenjaka, škriljavaca i izmijenjenog efuziva, a prevladavaju valutice mikrokristalastog dolomita, dolomikrita i rekristaliziranog dolomikrita s mjestimičnim pukotinicama zapunjenima kalcitnim cementom. Pjeskoviti matriks čine kvarc, muskovit te čestice stijena.

5.1.22. Kalinovac-16 (Kal-16)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (IVANIČEK, 1995*) dosegla konačnu dubinu od 3467 m u naslagama člana Mosti (slika 5.33).

Vršni dio člana pripada badenu, prema nalazima malobrojne i loše sačuvane faune bentičkih i juvenilnih planktonskih foraminifera (VLAHOVIĆ, 1995*).

3363,0-3371,0 m (J-2)

Makroskopski opis: Jezgra je **polimiktni konglomerat**, masivan, klastima potporni, loše sortiran (slika 5.35), izgrađen većinom od zaobljenih do rjeđe poluuglatih valutica prevladavajuće duljine 2-10 cm, a mjestimično se vide i valutice duljine oko 15 cm (slika). Vezivo je pješčenjačko.



Slika 5.35: Kal-16 J-2, klastima potporni konglomerat iz 4.m

Mikroskopski opis: Konglomerat sadrži valutice dolomita, pješčenjaka, kvarcita, kristalovitričnih tufova, efuziva i škriljavaca. Fragmente i valutice povezuje pješčenjačko-dolomitni, mjestimice rekristalizirani matriks koji sadrži zrnca kvarca, rijetko feldspata i sporadično tinjaca.

5.1.23. Kalinovac-4 (Kal – 4)

Bušotina je prema geološkom praćenju nabušila škriljavce podine neogena na 3446 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 4206 m. Petrografskim analizama (MARIĆ, 1981*) iznad podine neogena utvrđene su naslage člana Mosti (slika 5.33). Vršnih 22 m čine pješčenjaci i lapori s badenskim planktonskim foraminiferama (BRODARIĆ, 1981*).

3364-3366,5 m (J-3)

Makroskopski opis: Ostaci od po 30-ak cm iz sva 3 m jezgre su u jednoj kutiji (slika 5.36). Jezgra je **polimiktni konglomerat i breča**. Konglomerat u 3. i 1. m je klastima potporan, sastoji se od poluzaobljenih valutica dimenzija 1-3 cm, a mjestimično se vide i valutice duljine 5-6 cm. U fragmentima 2. m jezgre je klastima do matriksom potporna, loše sortirana breča, s uglatim do poluuglatim klastima. Vezivo je pješčenjačko – dolomitno.

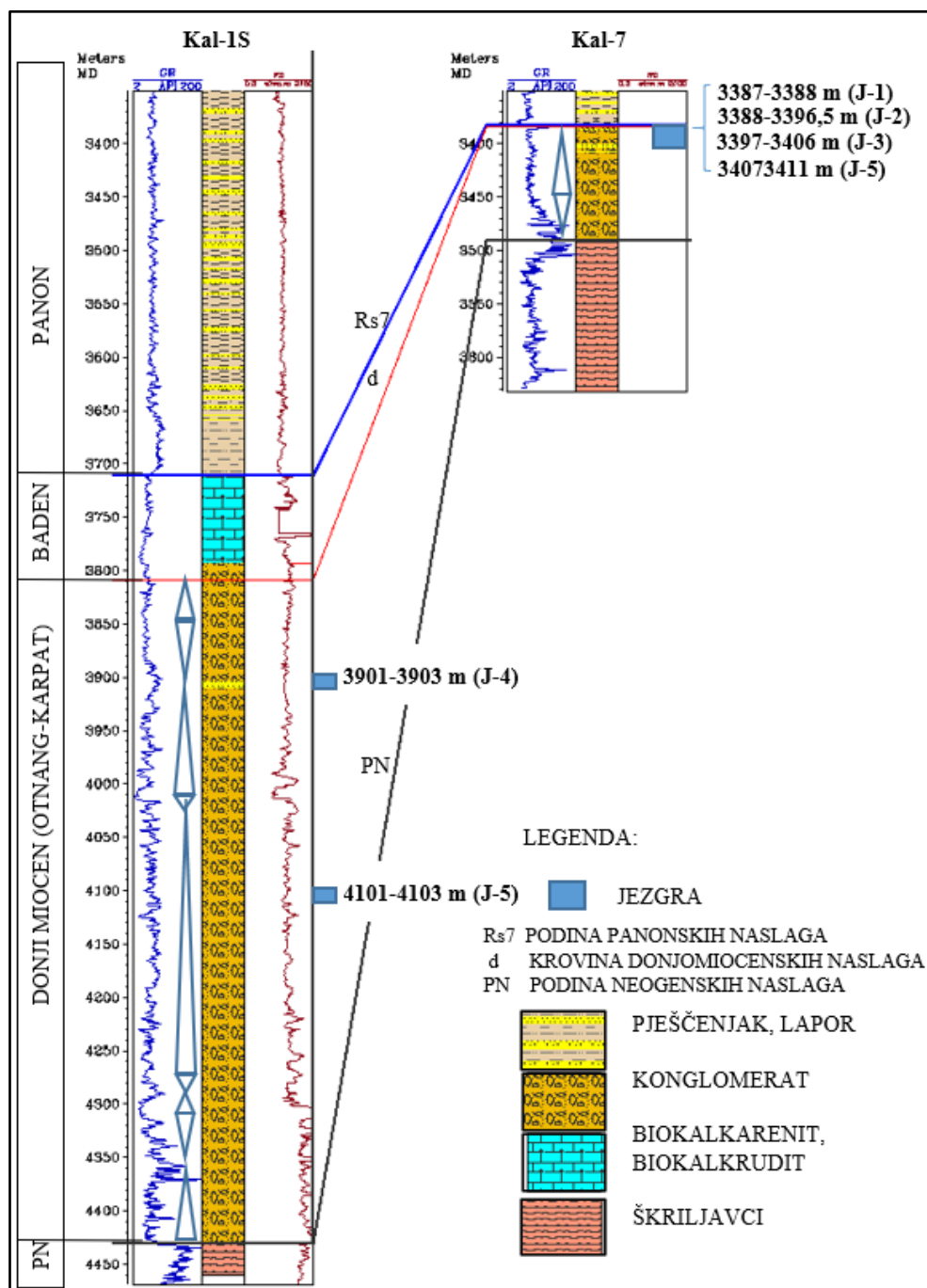


Slika 5.36: Kal-4 J-3, ostaci fragmenata polimiktnog konglomerata i breče iz 1., 2. i 3. m jezgre

Mikroskopski opis: U izbruscima prevladavaju dolomitni nad klastima ostalih tipova stijena (kvarcit, čert, efuziv, devitrificirani kristalovitrični tuf, kvarc-arenit i škriljavci). Dolomitni fragmenti su: mikrokristalinični dolomit, dolomikrit te rekristalizirani dolopelmikrit. Vezivo je pješčenjačko (kvarc, feldspati, muskovit, čestice stijena) i mjestimično glinovito.

5.1.24. Kalinovac-1S (Kal-1S)

Bušotina je prema geološkom praćenju nabušila škriljavce podine neogena na 4430 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 4462 m. Petrografskim analizama (RAŠKAJ, 1984*, TIŠLJAR, 1990*, TADEJ, 2010*) iznad podine neogena utvrđene su klastične naslage člana Mosti (slika 5.37). Gornjih 95 m člana su badenski biokalkareniti (BRODARIĆ, 1984*).



Slika 5.37: Korelacijski profil bušotina Kal-1S i Kal-7 s jezgrovanim intervalima

4101-4103 m (J-5)

Makroskopski opis: Ostatak od oko 1m jezgre je u komadima duljine 5-30 cm. Stijena je **polimiktni konglomerat**, masivan, slabo sortiran, matriksom potporni (slika 5.38), kojeg čine poluzaobljene valutice duljine 1-10 cm u obilatom tamno crvenom hematitiziranom vezivu.



Slika 5.38: Kal-1S, hematitizirani polimiktni konglomerat, fragment iz J-5

Mikroskopski opis: U izbruscima su fragmenti kvarcita, gnajseva i kvarc-tinjčastih škriljavaca, a manje su zastupljeni izmijenjeni efuzivi, sericitizirani i karbonatizirani tuf i dolomit. Vezivo je glinovito-sericitno, hematitizirano.

3901-3903 m (J-4)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima duljine 3-25 cm. Dobiven je **polimiktni konglomerat i pješčenjak**. Konglomerat je klastima potporan, slabo sortiran, s dobro zaobljenim valuticama duljine 1-6 cm, rjeđe do 10 cm, međusobno povezanima pješčenjačkim vezivom (slika 5.39). Mjestimično se vide ciklusi positnjavanja naviše, što se ogleda u smanjenju veličine valutica u rasponu 4-0,5 cm. Srednjezrnasti pješčenjak čini nekoliko fragmenata, u slojevima debljine 5-6 cm, a kontakt s konglomeratom u krovini je erozijski.



Slika 5.39: Kal-1S, erozijski kontakt pješčenjaka i konglomerata u fragmentu iz J-4

Mikroskopski opis: U izbruscima su valutice izmijenjenih efuziva, zatim piroklastiti – devitrificirani kristaloklastični tufovi i fragmenti vitroklasta koji su zahvaćeni sericitizacijom. Od metamornih stijena zastupljene su valutice muskovitskih i sericitskih škriljavaca, gnajseva, metapelita i kvarcita. Od sedimentnih stijena zastupljeni su kvarcareniti do subarkozni areniti s vrlo malo sericitskog i hematiziranog matriksa, tufitični pješčenjaci, vulkansko staklo, dolomit, krupna zrna kvarca te sericitizirani feldspati.

5.1.25. Kalinovac-7 (Kal-7)

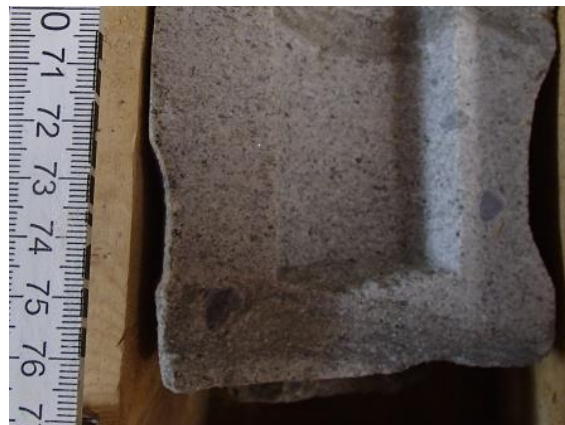
Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila metamorfite podine neogena na 3460 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 3630 m. Prema petrografskim analizama (VESELI, 1988*; TADEJ, 2010*) iznad podine neogena utvrđene su klastične naslage člana Mosti (slika 5.37).

3407-3411 m (J-5)

Makroskopski opis: Ostatak od oko 50 % jezgre je u fragmentima duljine 5-20 cm. Dobiven je crvenkasti **polimiktni konglomerat i pješčenjak**. Konglomerat je slabo sortiran, matriksom potporan, mjestimično klastima potporan, s pješčenjačkim vezivom. Veličina valutica je od 0,2-6 cm (slike 5.40, 5.41), rijetko do 10 cm. U pojedinim fragmentima nižeg dijela jezgre vidi se erozijski kontakt konglomerata i krupnozrnastog pješčenjaka (slika 5.40). Pješčenjak je mjestimično sitno konglomeratičan, a u fragmentima 1. m vidi se milimetarska vodoravna laminacija.



Slika 5.40: Kal-7 J-5 3. m



Slika 5.41: Kal-7 J-5, fragment iz 1. m

Mikroskopski opis: Izbruscima iz konglomerata zahvaćene su valutice krupnokristaliničnog i mikrokristaliničnog dolomita, tufa, izmijenjenog efuziva, tinjčevih škriljavaca, kvarcita,

granitognajsa, čerta i pješčenjaka. Vezivo je pješčenjačko, a čini ga kvarc, čestice stijena, muskovit i biotit i rjeđe plagioklasi. Pješčenjak je krupnozrnasti litoarenit.

3397-3406 m (J-3)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima od 10-ak cm. Dobiven je **polimiktni konglomerat i pješčenjak**. Konglomerat je loše sortiran, klastima do matriksom potporan (slika 5.42). Dimenzije valutica su od 1-5 cm. Vezivo je pješčenjačko. U rijetkim fragmentima jezgre je srednjezrnasti pješčenjak bez uočljivih teksturnih obilježja.



Slika 5.42: Kal-7 J-3, fragment polimiktnog konglomerata iz 2. m jezgre

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćene valutice kvarcita, dolomita, izmijenjenih efuziva, kristalovitričnog tufa, granitognajsa, granat-biotitskog škriljavca i kvarcarenita. Vezivo je pješčenjačko, sadrži siliciklastični detritus (kvarc, fragmenti stijena, muskovit, biotit, izmijenjeni feldspati) i malo sericitnog matriksa, rijetko karbonatnog cementa. Pješčenjak je litoarenit, sadrži zrna kvarca, fragmenata stijena, muskovit, biotit, feldspate i sericitni matriks.

3388-3396,5 m (J-2)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima od 5-30 cm (slika 5.43). Stijena je **polimiktni konglomerat**, loše sortiran, klast do matrikspotporni, s dimenzijama valutica većinom između 0,5-5 cm, rjeđe i do 20-ak cm. U fragmentima 4. i 2. m mjestimično je prisutna normalna gradacija prema sitnozrnastom konglomeratu. Vezivo je pješčenjačko.



Slika 5.43: Kal-7 J-2, fragmenti polimiktnog konglomerata iz 1.m jezgre

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćeni fragmenti kasnodijagenetskog i ranodijagenetskog dolomita, dolomikrita, kvarcита, izmijenjenih efuziva, biotitskog gnajsa, kristalovitričnog tufa, kvarcarenita, škriljavaca i čerta. Vezivo je gusto pakirani pjeskoviti detritus.

3387-3388 m (J-1)

Jezgra je **polimiktni konglomerat i pješčenjak** (slika 5.44). Konglomerat je slabo sortiran, klastima potporan, s valuticama duljine od 0,5-2 cm. Valutice su poluzaobljene do dobro zaobljene. Vezivo je pješčenjačko. U pojedinim fragmentima jezgre vidi se normalna gradacija prema krupnozrnastom pješčenjaku. Pješčenjak mjestimično ima lamine milimetarskih dimenzija.

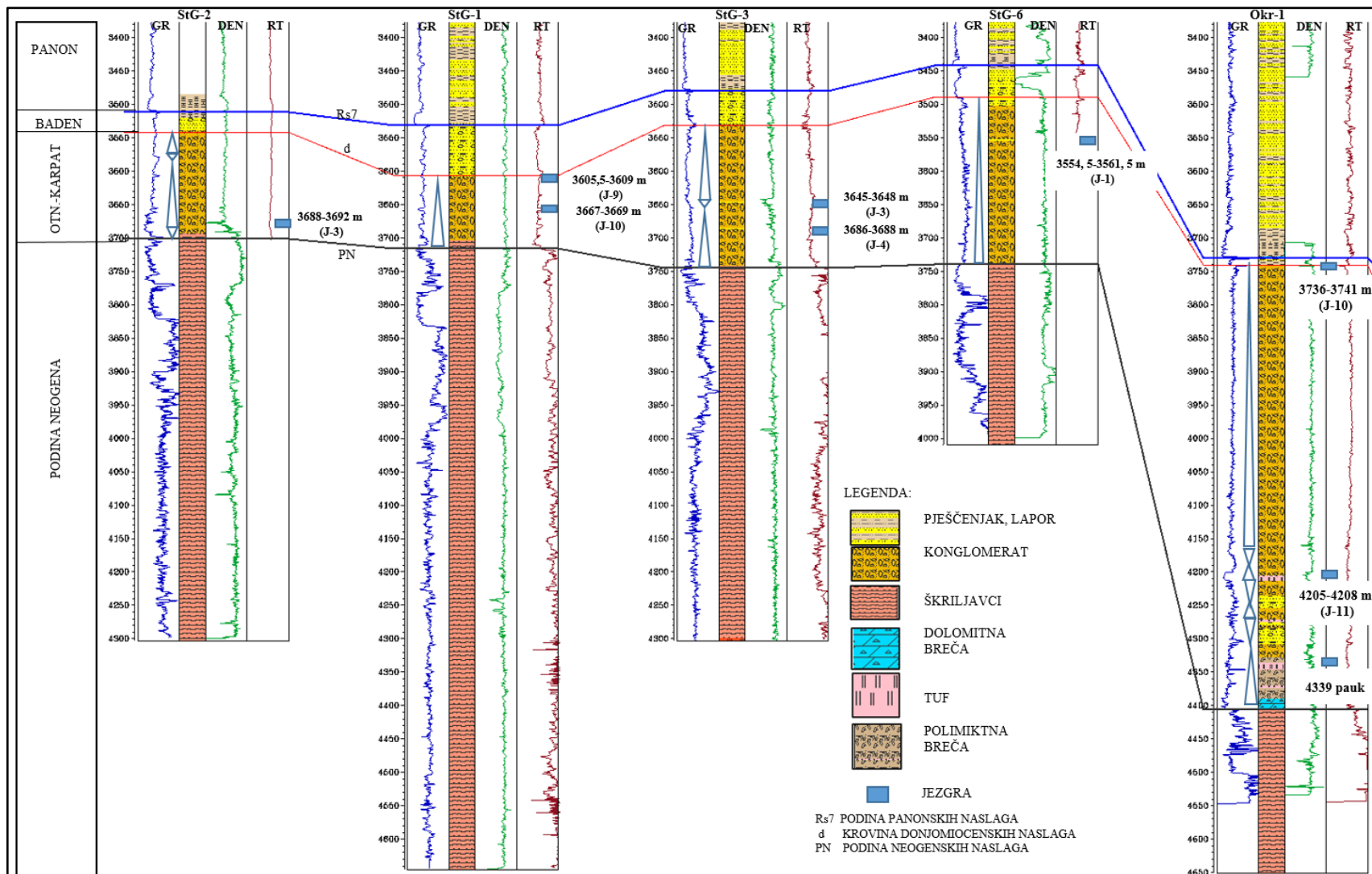


Slika 5.44: Kal-7 J-1, fragmenti polimiktnog konglomerata

Mikroskopski opis: U izbruscima se vide isti tipovi dolomitnih stijena kao i u prethodnoj jezgri tj. kasnodijagenetski i ranodijagenetski dolomit, dolomikrit i dolomitna breča. Isto tako, prisutni su i fragmenti izmijenjenih efuziva, gnajsa, kristalovitričnog tufa, kvarcarenita, škriljavaca. Vezivo je pješčenjačko. Pješčenjak je tipa litoarenita i grauvake.

5.1.26. Stari Gradac-2 (StG-2)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila kvarc sericitske i kvarc muskovitske škriljavce podine neogena na 3701 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 4304 m. Prema petrografskim analizama (SOKOLOVIĆ, 1982*; TADEJ, 2010*) iznad podine neogena utvrđene su klastične naslage člana Mosti (slika 5.45). Gornjih 30 m člana su konglomeratični pješčenjaci s rijetkim foraminiferama (BRODARIĆ, 1982*), vjerojatno badenske starosti.



Slika 5.45: Korelacijski profil bušotina StG-2, -1, -3, -6 i Okr-1 s jezgrovanim intervalima

3688-3692 m (J-3)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 2 m jezgre u fragmentima duljine 15-20 cm. Jezgrovan je **polimiktni konglomerat i konglomeratični pješčenjak**. Konglomerat je klastima potporan, loše sortirani, sa zaobljenim do poluuglatim valuticama duljine 0,5-5 cm i crvenkastim pješčenjačkim vezivom. U donjoj polovici jezgre su 2 proslojka debljine 20-ak cm u kojima konglomerat postupno prelazi u pješčenjak s rijetkim krupnijim valuticama duljine do 2 cm.

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćene valutice kvarcita, gnajsa, tektoniziranog granitognajsa, izmijenjenih efuziva, dolomita s pješčenjačkim hematiziranim vezivom. Čine ga zrnca kvarca, feldspata, rjeđe muskovita te čestica stijena.

5.1.27. Stari Gradac-1 (StG-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila kvarc kloritske škriljavce podine neogena na 3770 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 4642 m. Prema petrografskim analizama (MARIĆ, 1981*; TADEJ, 2010*) iznad podine neogena utvrđene su klastične naslage člana Mosti (slika 5.45).

3667-3669 m (J-10)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 0,80 m jezgre u fragmentima. Dobiven je granulasti **konglomerat i pješčenjak**. Konglomerat je klast potporan, duljine zrna oko 2 mm, a od dna jezgre postepeno se smanjuje veličina zrna prema pješčenjaku u višem dijelu jezgre. U pješčenjaku se mjestimično vidi vodoravna laminacija i kosa slojevitost.

Mikroskopski opis: Pješčenjak je litoarenit do litična grauvaka. Loše do srednje je sortirani, a sadrži zrnca kvarca, feldspata (ortoklas i plagioklasi), čestica kvarcita, čerta, karbonata, a od listićavih minerala zastupljeni su muskovit, biotit i klorit. Akcesorni su turmalin i cirkon. Lamine sadrže paralelno orijentirane tinjce i organsku tvar. Vezivo je glinovito-sericitno.

3605,5-3609 m (J-9)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 3,5 m dobiveno je 2 m jezgre u fragmentima od oko 15-20 cm. Dobiven je **pješčenjak i konglomerat**. U pojedinim fragmentima pješčenjaka vidi se normalna gradacija od krupnozrnastog do sitnozrnastog pješčenjaka s horizontalnom laminacijom, a u nižem dijelu jezgre je 20 cm granulastog klastima potpornog konglomerata.

Mikroskopski opis: Pješčenjak je litoarenit do litična grauvaka. Izgrađen je od kvarcnih zrna, trošnih feldspata, muskovita, biotita, rjeđe klorita te odlomaka kvarcita, dolomita, mikrita,

škriljavca, gnajsa i izmijenjenog efuziva. Vezivo je glinovito-sericitni matriks i kalcitni cement. Akcesorni minerali su granat i turmalin.

Mikropaleontologija: rijetki presjeci planktonskih foraminifera u 1 m jezgre: *Globigerina* sp. (BRODARIĆ, 1981*).

Starost (1. metar): **miocen (baden?)**

5.1.28. Stari Gradac-3 (StG-3)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila metamorfne stijene podine neogena na 3745 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 4300 m. Prema petrografskim analizama (MESIĆ, 1981*, SOKOLOVIĆ & DUNDIĆ, 1982*, TADEJ, 2010*) iznad podine neogena utvrđene su klastične naslage člana Mosti (slika 5.45). Gornjih 50 m člana čine pješčenjaci s rijetkim badenskim planktonskim foraminiferama (BRODARIĆ, 1982*).

3686-3688 m (J-4)

Makroskopski opis: Sačuvano je oko 70 % fragmenata jezgre kojom je dobiven **polimiktни konglomerat i pješčenjak**. Konglomerat je masivan, loše sortiran, klastima do matriksom potporan, izgrađen od poluzaobljenih i poluuglatih valutica u pješčenjačkom crvenkastom matriksu. Prevladavaju dimenzije valutica od 0,2-5 cm, rjeđe i preko 20 cm. Od dna prema vrhu jezgre smanjuje se veličina valutica, a u pojedinim fragmentima vidi se postupni prijelaz prema krupnozrnastom pješčenjaku.

Mikroskopski opis: U izbruscima se uz fragmente kvarcita, kvarc tinjčastih škriljavaca, hematitiziranih peščenjaka tipa litične grauvske, izmijenjenih efuziva i karbonata javljaju kvarc, muskovit, kloritizirani biotit i izmijenjeni plagioklasi. Sericitni matriks je hematitiziran.

3645-3648 m (J-3)

Makroskopski opis: Dobiveno je 50 % jezgre u fragmentima. Jezgrovan je **polimiktни konglomerat i pješčenjak**. Konglomerat je slabo sortiran, matriksom potporan, s prevladavajućim dimenzijama valutica od 0,2-3 cm u pješčenjačkom matriksu. U nekima od fragmenata gornjeg dijela jezgre vidi se normalna gradacija od granulastog konglomerata do krupnozrnastog pješčenjaka.

Mikroskopski opis: U izbruscima se uz fragmente kvarcita, kvarc tinjčastih škriljavaca, peščenjaka, izmijenjenih efuziva i karbonata javljaju kvarc, muskovit, kloritizirani biotit i

izmijenjeni plagioklasi. Matriks je sericit-kloritski, mjestimično potiskivan karbonatom. Akcesorni minerali su cirkon, turmalin i granat. Pješčenjak je litična grauvaka istog sastava.

5.1.29. Stari Gradac-6 (StG-6)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila stijene podine neogena (kvarciti, slejtovi, filiti, dolomitni mramori i škriljavci) na 3740 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 4000 m (slika 5.45). Prema geološkom praćenju i petrografskim analizama (RAŠKAJ, 1992*) iznad podine neogena utvrđene su klastične naslage člana Mosti, u kojem vršnih 47 m čine pješčenjaci s rijetkim badenskim foraminiferama (BRODARIĆ, 1992*).

3554, 5-3561, 5 m (J-1)

Makroskopski opis: Polimiktni konglomerat s proslojcima pješčenjaka. Konglomerat je klastima potporan, masivan i slabo sortiran (5.46). Sastoji se od zaobljenih do poluuglatih valutica dimenzija od 0,5-3 cm, a mjestimično i većih od 10 cm. U nekima od fragmenata jezgre vidi se normalna gradacija od krupno valutičastog do granulastog konglomerata (slika). Proslojci pješčenjaka su u 6., 5., 4. i 2. m, debljine su 2-3 cm. Kontakt pješčenjaka i konglomerata je erozijski. Konglomerat je makroskopski vrlo sličan izbušenome na Kal-19 jezgrom 2.

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćene valutice škriljavaca, kvarcita, dolomita, pješčenjaka, rjeđe efuziva i piroklastita. Vezivo je pješčenjačko siltozno, nejednoliko kloritizirano i hematitizirano. Pješčenjaci su tipa litičnih arenita do grauvake, sadrže kvarc, feldspate i fragmente stijena te glinovito sericitni matriks s nešto klorita i željeznih oksida.



Slika 5.46: StG-6 J-1, fragmenti polimiktnog, klastima potpornog konglomerata iz 6. i 7.m

5.1.30. Okrugljača-1 (Okr-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja nabušila metamorfite podine neogena (metapješčenjaci, kloritizirani slejtovi i dolomiti te klorit muskovit kvarcni škriljavci) na 4406 m te dosegla konačnu dubinu od 4561 m (slika 5.45). Prema petrografskim analizama (RAŠKAJ, 1992 *, 2006*) iznad škriljavaca podine neogena utvrđene su klastične naslage člana Mosti. Vršnih 9 m člana su pješčenjaci i lapori s rijetkim badenskim planktonskim foraminiferama (RENIĆ, 1992*).

4339 pauk

Makroskopski opis: **Litokristalinični tuf**, instrumentacijom je dobiveno 50 cm svijetlo sivog piroklastita masivne teksture.

4205-4208 m (J-11)

Makroskopski opis: **Breča (vulkanska hidroklastična?)**. Stijena je masivna, loše sortirana, sadrži uglate do slabo zaobljene klaste duljine 0,5-15 cm, a sitnozrnasto vezivo je mjestimično staklasto (slika 5.47).



Slika 5.47: Okr-1 J-11, fragmenti vulkanske breče iz 1. i 2. m jezgre

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćeni klasti kvarcita, čerta, pješčenjaka, dolomita, škriljavca, te izmijenjeno vulkansko staklo. Sekundarni su sericit, klorit, feldspati i karbonati, a akcesorni cirkon, turmalin te opaki minerali. Vezivo je kvarcni agregat s nešto sericita i klorita.

3736-3741 m (J-10)

Makroskopski opis: **Polimiktni konglomerat, pješčenjak, siltit i siltozni lapor.** Jezgrom je zahvaćena pretpostavljena granica nefosilifernih krupnoklastičnih otnaško-karpatskih naslaga s badenskim laporima. U 5. m jezgre je klastima potporni konglomerat, slabo sortiran, s dobro zaobljenim valuticama duljine 1-3 cm, rjeđe do 6 cm. U 4. m i 3. m jezgre je pješčenjak, mjestimično s tamnim pelitnim laminama (slika 5.48). Od 4-1. m u jezgri se vide ciklusi normalne gradacije debljine 10-15 cm u kojima granulasti konglomerati postupno prelaze u krupnozrnaste pješčenjake s paralelnom i kosom laminacijom te siltozne lapore.



Slika 5.48: Okr- J-10 3.m, pješčenjak s pelitnim laminama

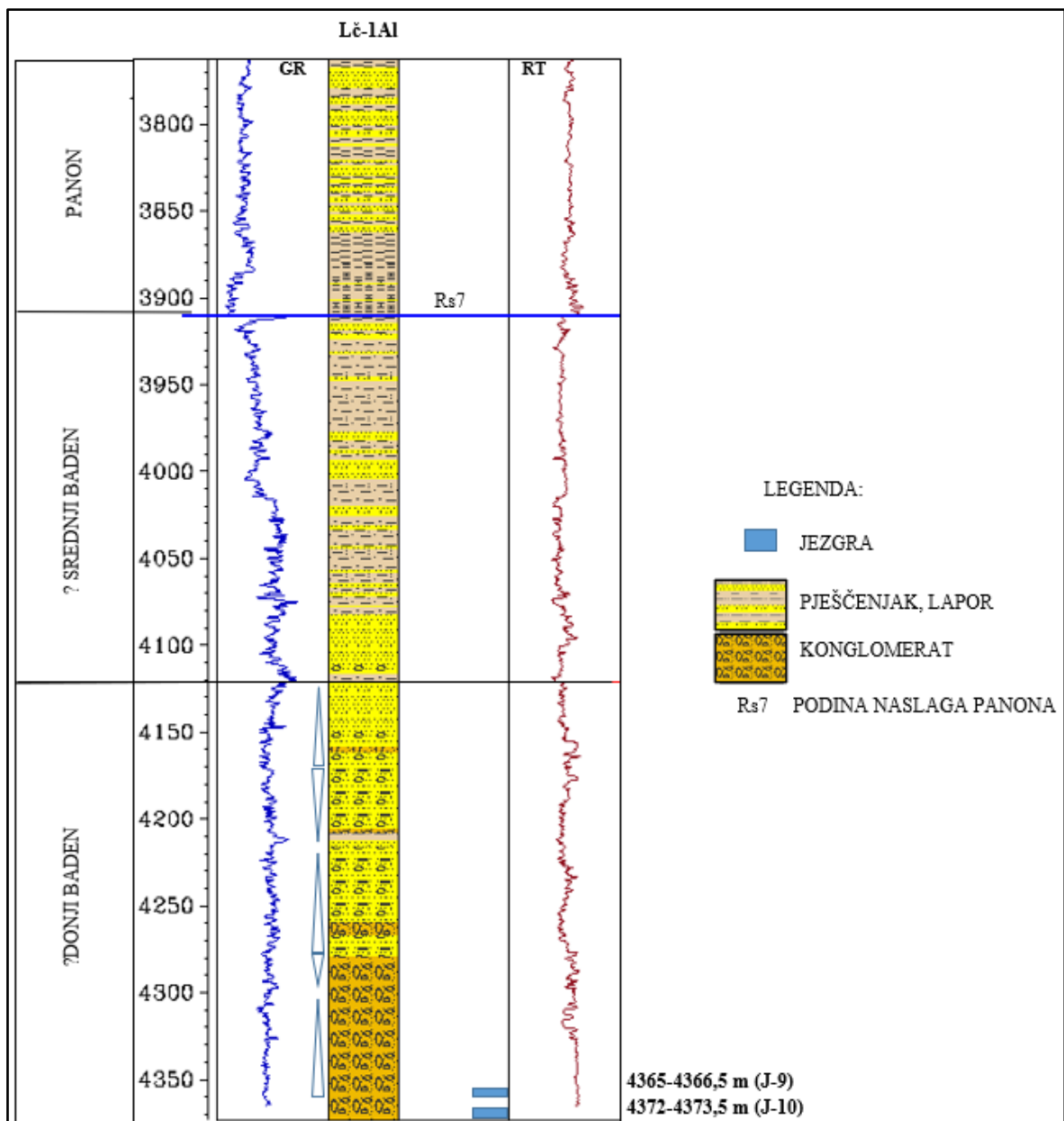
Mikroskopski opis: Sastav valutica konglomerata je raznolik: škriljavci, kvarciti, dolomiti, peliti, arkoze, izmijenjeni kristalovitrični tufovi, čert, efuzivi. Vezivo je pješčenjačko. Pješčenjaci su tipa litične grauivake, odlikuje ih slaba sortiranost uglatih do slabo zaobljenih zrna različite duljine, a čine ih kvarc, feldspati, tinjci, fragmenti metamorfita i vulkanskih stijena, slično kao i kod konglomerata. Akcesorni su turmalin, cirkon, opaki sastojci i glaukonit. Glinovito siltozni matriks neravnomjerno je potiskivan kalcitom. Opadanjem duljine zrna prelaze u siltite.

Mikropaleontologija: U 3. m su rijetki mikrofosili: *Globigerina bulloides* D ORBIGNY., *Praeorbulina glomerata* BLOW (RENIĆ, 1992*).

Starost: **baden**

5.1.31. Lončaruša-1 alfa (Lč-1a)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim i sedimentološkim analizama (BAN, 1990*, SOKOLOVIĆ & IVANIČEK, 2006*) nabušila naslage člana Mosti na 3910 m u kojima je i dosegla konačnu dubinu od 4373,5 m (slika 5.49). Gornjih 210 m člana su lapori i pješčenjaci pretpostavljene badenske starosti, prema rijetkim nalazima foraminifera u laporima (BRODARIĆ, 1990*).



Slika 5.49: Geološki stup bušotine Lč-1A1 s jezgrovanim intervalima

4372-4373,5 m (J-10)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 1 m jezgre u fragmentima duljine 10-40 cm. Stijena je **polimiktni konglomerat**, klastima potporan, slabo sortiran, s valuticama duljine od 0,3-6 cm. Valutice su zaobljene do poluzaobljene. Vezivo je pješčenjačko. Stijena djeluje masivno, osim u 10-ak cm središnjeg dijela fragmenata jezgre gdje se vidi slabo izražena kosa slojevitost koja se očituje u redanju plosnatih valutica pod kutem od 15-20° u odnosu na vertikalnu os jezgre.

Mikroskopski opis: Valutice se sastoje od gnajsa, alborskog škriljavca, efuziva, kvarcita i čerta. Vezivo je pješčenjačko, a sastoji se od kvarca, feldspata, tinjaca, čestica pelita, kvarcita i čerta.

Palinologija: Prevladavaju potpuno oksidirani, crni, neprozirni, lignohuminski klasti inertinitnog tipa, koji čine oko 50 % macerala u maceratu. Lignohuminski klasti s vidljivom drvenastom strukturom su zastupljeni oko 20 %, a ostatak je amorfna tvar. Od liptinita uočeno je par ostataka kutikula, nekoliko ostataka zelene alge *Botryococcus braunii*, tri termički i mehanički degradirane horatne dinociste te nekoliko zrna bisakatnog, triporatnog i inaperturatnog peluda. Macerali su termički heterogeni, a bisakatni pelud zastupljen je s primjercima iz najmanje dva različita paleofacijesa. Brojne su spore gljiva (KRIZMANIĆ, 2006*).

Starost: ?**donji baden**

4365-4366,5 m (J-9)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima duljine 10-50 cm, a čini ju **polimiktni konglomerat**, masivan, slabo sortiran, klastima potporan, sa zaobljenim do poluuglatim valuticama duljine od 0,5-7 cm u pješčenjačkom vezivu (slika 5.50). U vršnih 40 cm postupno se smanjuje veličine zrna u rasponu od krupnih valutica do granula.



Slika 5.50: Lč-1A1 J-9, polimiktni, klastima potporan konglomerat

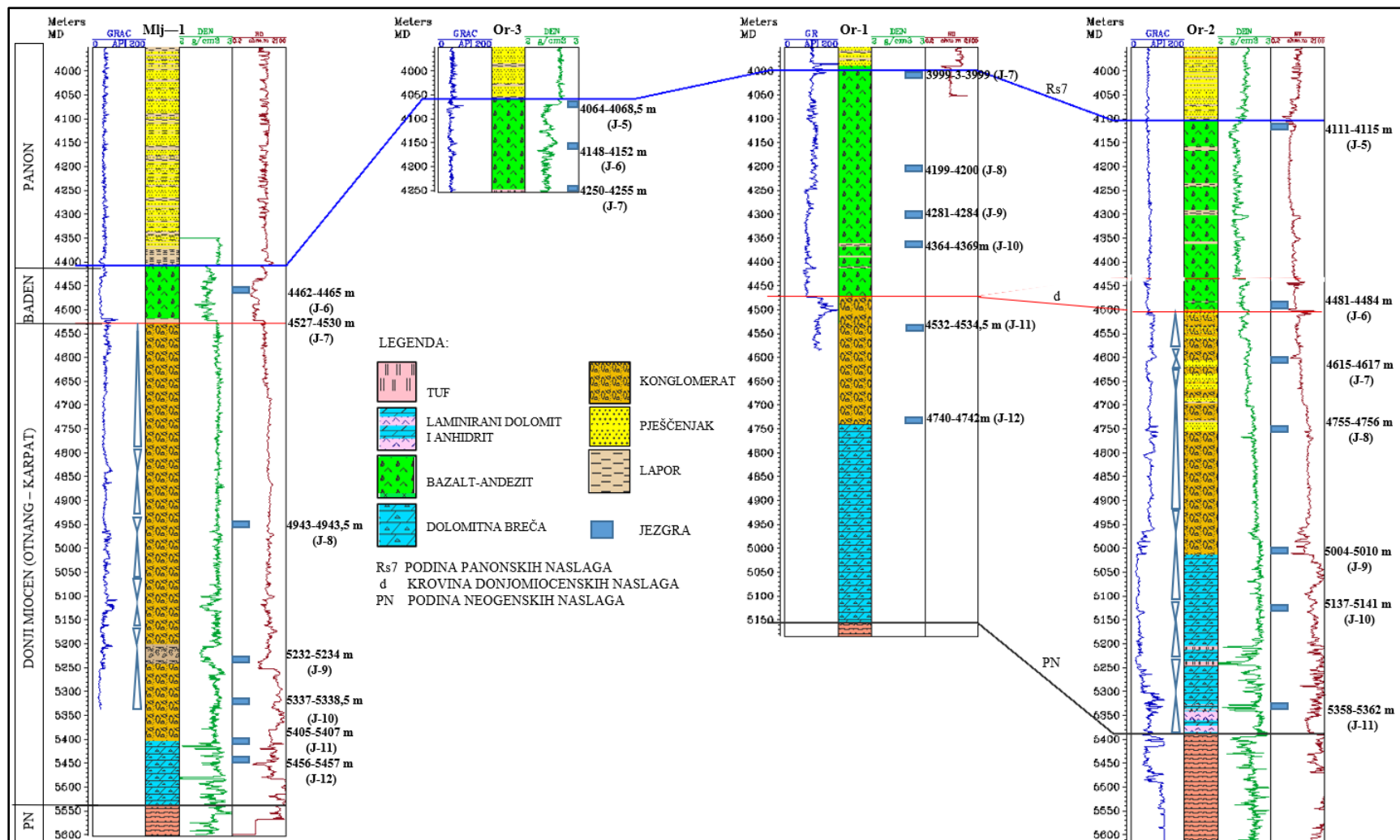
Mikroskopski opis: Valutice konglomerata čine: gnajs, kvarcit, kvarc-tinjčastih škriljavac, dolomit, izmijenjeni efuziv i tuf. Pjeskoviti matriks se sastoji od kvarca, feldspata, tinjaca i kvarcita, mjestimično je potiskivan karbonatnim cementom.

Palinologija: U uzorcima iz veziva prevladavaju potpuno oksidirani lignohuminski klasti. Oko 20 % su lignohumini s vidljivom strukturom, a 10 % je amorfna tvar. Liptinitne komponente je jako malo i sastoji se od ostataka zelene alge *Botryococcus braunii* i inaperturatne peludi (*Taxodiaceapollenites* sp.) te uzorci pripadaju akvatičnom okolišu, dok veliki, smeđi, strukturirani lignohuminski klasti upućuju na proksimalni okoliš, moguće s većom energijom vode (KRIZMANIĆ, 2006*).

Starost: ? donji baden

5.1.32. Miljanovićevo-1 (Mlj-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i prema petrografskim analizama (IVANIČEK, 1984*) probušila nabušila kvarc-tinjčaste škriljavce podine neogena na 5540 m i u njima dosegla konačnu dubinu u na 5603 m (slika 5.51). Na škriljavcima se talože kontinentalne naslage člana Mosti u čijem krovinskom dijelu debljine 121 m je probušeno 10 m lapora s rijetkim badenskim foraminiferama (MIKNIĆ, 1990; SLAVKOVIĆ & BRODARIĆ, 1991*) te u vršnom dijelu 111 m bazalt-andezita.



Slika 5.51: Korelacijski profil bušotina Mlj-1, Or-3, Or-1 i Or-2 s jezgrovanim intervalima

5456-5457 m (J-12)

Makroskopski opis: Dobiveno je 40 cm klastima potporne **breče** (slika 5.52). Sastavljena je od većinom uglatih i rijetko poluzaobljenih klasta duljine 2-4 cm.



Slika 5.52: Mlj-1, fragmenti klastima potporne breče iz J-12

Mikroskopski opis: U uzorku se zapažaju zdrobljena dolomitna zrna različitih dimenzija. Po pukotinama i zdrobljenim zonama javlja se kalcit, glinovita tvar i nešto organske tvari. Vezivo je glinovito-dolomitno. Osim frakturnog, stijena ima i reducirani šupljinski porozitet.

5405-5407 m (J-11)

Makroskopski opis: Preostalo je nekoliko fragmenata jezgre koja je **dolomitna breča**, klastima do matriksom potporna, slabo sortirana, sadrži klaste dolomita duljine 0,3-4 cm, rijetko i do 10 cm. Vezivo je pješčenjačko-glinovito.

Mikroskopski opis: Uzorcima su zahvaćeni fragmenti mikrokristalastog dolomita s pukotinama ispunjenima glinom te šejl i pjeskoviti šejl.

5337-5338,5 m (J-10)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima duljine 2-10 cm. Stijena je **polimiktни konglomerat**, masivni, klastima potporan, loše sortiran, sadrži poluzaobljene do poluuglate valutice duljine 0,2-5 cm s pješčenjačkim vezivom.

Mikroskopski opis: Konglomerat sadrži valutice laminiranog dolomita, pješčenjaka, karbonata, kvarcita, piroklastita i efuziva. Od karbonatnih fragmenata prisutni su mikrokristalasti karbonat

s kalcitnim žilama, djelomično rekristalizirani mikrit te makrosparit. Pješčenjak tipa sublitoarenita je slabo sortirani, čine ga kvarc, kvarciti, muskovit, klorit, sericit te sericitizirani feldspati. zahvaćeni procesima sericitizacije.

5232-5234 m (J-9)

Makroskopski opis: Stijena je masivna matriksom potporna **breča** (slika 5.53). Breča je slabo sortirana, sadrži ugate klaste duljine 1-6 cm, često i do 8 cm te crveno smeđe sitnozrnasto hematitizirano vezivo.



Slika 5.53: Mlj-1, matriksom potporna breča iz J-9

Mikroskopski opis: Klaste breče čine pješčenjak, efuziv i dolomitični vapnenac. Pješčenjak je krupnozrnasti i sitnozrnasti kvarc-arenit te subarkoza. Čine ga kvarc, feldspati i čestice stijena (kvarcit, metamorfiti, šejl) te muskovit i biotit. Opaki su limonit i hematit. Vezivo je kvarc – sericitno, hematitizirano.

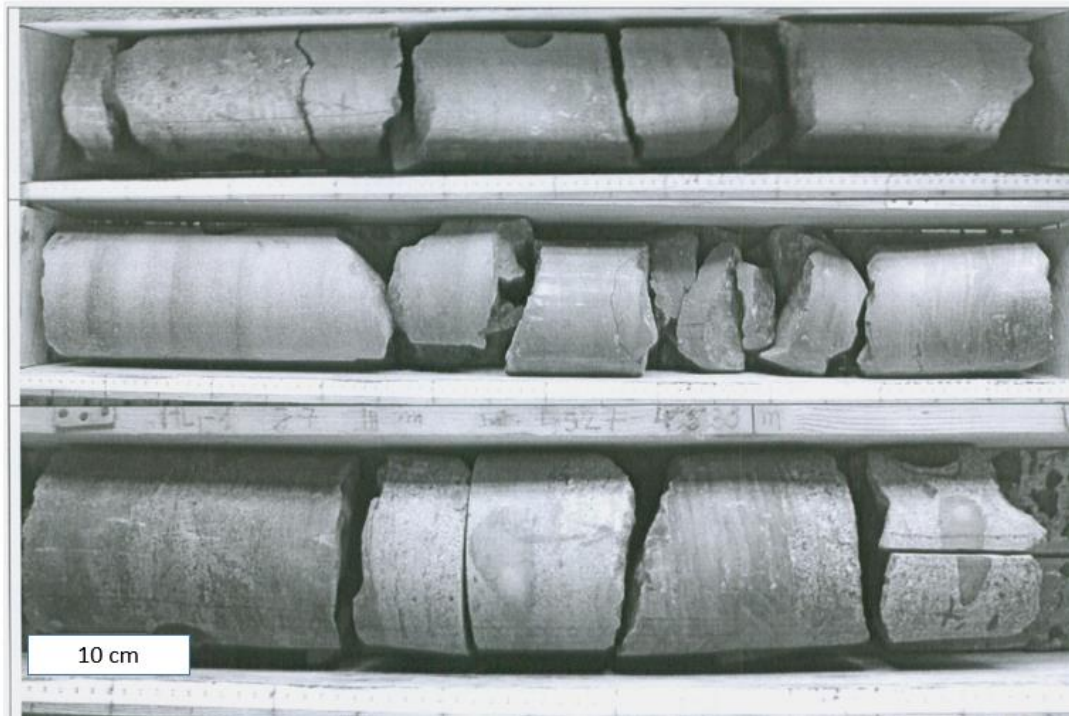
4943-4943,5 m (J-8)

Makroskopski opis: Dobiveno je 0,5 m jezgre koja je **polimiktни konglomerat**, loše sortirani, matriksom potporni, s poluzaobljenim valuticama duljine 0,2-7 cm u crvenkastom pješčenjačkom vezivu.

Mikroskopski opis: Valutice se sastoje od pješčenjaka, pelitne stijene (muljnjak ispresijecan kalcitnim žilama), efuziva, dolomitičnog vapnenca i piroklastita. Uzorcima su zahvaćeni pješčenjak i izmijenjeni tuf. Pješčenjak je krupnozrnasti, slabo sortirani, uglatih do poluuglatih zrna. Osnovni detritični sastojci su kvarc, feldspati, ulomci stijena (kvarcit, škrljavac, čert, tuf, šejl, dolomit, mikrit, siltit) i muskovit. Vezivo je sericitno, kvarceno i limonitno. U uzorcima iz tufa osnova je izmijenjeno vulkansko staklo, a u njoj su zrna kvarca te tinjci, (sericit, muskovit, klorit).

4527-4530 m (J-7)

Makroskopski opis: Dobiveni su **polimiktni konglomerat, pješčenjak i lapor**. Donjih 80 cm jezgre je matriksom potporni konglomerat (slika 5.54), slabo sortiran, s dobro zaobljenim valuticama duljine 0,5-10 cm, iako prevladavaju one duljine 0,5-1 cm i pješčenjačkim vezivom. Ostatak jezgre je laminirani lapor s proslojcima sitnozrnastog pješčenjaka, mjestimično sitnokonglomeratičnog.



Slika 5.54: Mlj-1 J-7, donjomiocenski konglomerat 3. m jezgre prekrivaju sitnozrnaste naslage ?badena

Mikroskopski opis: Uzorak iz 3.m je zahvatio tamno sivi lapor s kosom laminacijom. Pelitomorfnu osnovu se sastoji od mikrokristalastog kalcita i minerala glina. U osnovi se vidi kršje mikrofosila. Od terigenog detritusa zastupljena su zrna kvarca, čestice stijena, muskovit, biotit i klorit. Uzorcima iz 2. m zahvaćen je pješčenjak, slabo sortiran, a čine ga zrna kvarca, karbonatne čestice, kvarcit, tuf, kalijski feldspati, muskovit, biotit i klorit. Opaki je limonit, a vezivo je karbonatno.

Mikropaleontologija: Uzorci iz lapora J-7 sadrže badenske mikrofosile i to: *Globigerinoides* sp., *Elphidium* sp., *?Orbulina* sp., *Globoquadrina* sp., *Bolivina* sp. (MIKNIĆ, 1990*; SLAVKOVIĆ & BRODARIĆ, 1991*).

4462-4465 m (J-6)

Makroskopski opis: Jezgrom je dobiven **andezit-bazalt**, porfirne strukture i homogene do mandulaste tekture (slika 5.55). Sadrži pukotine te šupljiniće ispunjene kvarcom i kalcitom.

Mikroskopski opis: U izbruscima su neorjentirani štapića plagioklasa i djelomično izmijenjeno vulkansko staklo. Veličina plagioklasa je oko 0,3 mm. U međuprostorima se nalazi zamućeni epidot koji dominira, ima i klorita i kalcita. Od primarnih sastojaka u uzorku se nalaze bazični do neutralni plagioklasi prizmatskog i pločastog habitusa duljine do 1 mm. Zahvaćeni su procesom sericitizacije. Uz plagioklase se javljaju i pirokseni nepravilnog oblika. Ponegdje se nalaze mandule ispunjene kvarcom.



Slika 5.55: Mlj-1, fragment andezit-bazalta iz J-6

5.1.33. Orešac-3 (Or-3)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i prema petrografskim analizama (IVANIČEK, RAŠKAJ & VRAGOVIĆ, 1984*) dosegla konačnu dubinu u članu Čeralije na 4255 m (slika 5.51).

4250-4255 m (J-7)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima duljine 3-20 cm. Dobiven je **vitroklastični tuf i vulkanska breča**. Tuf je raspucan, masivan i mjestimično šupljikav. Pukotine su ispunjene kvarcom, a šupljine su mjestimično zapunjene kalcitom. Sivo zelene je boje. Dio fragmenata jezgre čini tamnije zelena vulkanska breča.

Mikroskopski opis: U izbruscima iz 5. m je hidrotermalno izmijenjeni vitroklastični tuf. Glavni sastojci su albit, klorit, prehnit i coisit. Struktura je reliktna piroklastična-tufitska. Fragmenti devitrificiranog, kloritiziranog i albitiziranog šupljikavog stakla čine glavnu masu stijene. Izbrusci iz ostalih djelova jezgre pripadaju vulkanskoj breči koja se sastoji od hidrotermalno izmijenjenih fragmenata andezitske ili andezit-bazaltske lave. Glavni mineralni sastojci su albit, klorit i devitrificirano i djelomično kloritizirano vulkansko staklo. Međuprostori fragmenata najčešće su ispunjeni albitom koji je mutan zbog obilja uklopljenog klorita i neprozirnog praha.

4148-4152 m (J-6)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 2,5m jezgre koja je **andezit-bazalt**, sivo zelene boje, porfirne strukture i mandulaste teksture.

Mikroskopski opis: U izbruscima su uočljive nepravilne mandule duljine i do 6 mm. Sitnije su ispunjene listićavim kriptokristalastim kloritom, dok su krupnije ispunjene albitom, rjeđe kalcitom i djelomično zeolitom. Osnova je od devitrificiranog i limonitiziranog matriksa u kojem se ističu štapićasti plagioklasi te mikro do kriptokristalasti agregati klorita ili ilita. U devitrificiranom staklu zapažaju se još dispergirani prah ilmenita, leukoksena, limonitiziranog magnetita te obilje fino-zrnastog pirita.

4064-4068,5 m (J-5)

Makroskopski opis: Stijena je **andezit-bazalt**, sivo zelene boje, porfirne strukture i mandulaste teksture.

Mikroskopski opis: Sastav stijene je isti kao i u prethodno opisanoj J-6, osim što se vidi veći stupanj hidrotermalnih izmjena.

5.1.34. Orešac-1 (Or-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (RAŠKAJ, 1979*, SOKOLOVIĆ, 2006*) probušila članove Mosti i Čeralije, nabušila škriljavce podine neogena na 5156 m te dosegla konačnu dubinu na 5185 m (slika 5.51).

4740-4742m (J-12)

Makroskopski opis: **Dolomitna breča**, loše sortirana, klastima potporna, sastavljena od klasta duljine od 0,5-10 cm u pješčenjačkom vezivu (slika 5.56).



Slika 5.56: Or-1 ostatak klastima potporne breče iz J-12

Mikroskopski opis: Uzorkom je zahvaćen sitnozrnasti dolomit s pukotinama i prslinama zapunjenim mikrokristalastim dolomitom, mikrokristalasti anhidrit, gips i pirit. Pjeskovitu komponentu čine kvarc, muskovit, feldspati, a akcesorni su cirkon i pirit.

4532-4534,5 m (J-11)

Makroskopski opis: **Polimiktni konglomerat**, slabo sortiran, klastima potporan, sastavljen od poluzaobljenih do dobro zaobljenih valutica duljine od 0,5-6 cm s pješčenjačkim vezivom (slika 5.57).



Slika 5.57: Or-1 ostatak fragmenata klastima potpornog konglomerata iz J-11

Mikroskopski opis: U izbruscima su valutice kvarcita, kvarc tinjčastih škriljavaca, izmijenjene vulkanske stijene, grauvaknog pješčenjaka, granito-gnajsja i sporadično pelitne stijene. Vezivo je pješčenjačko sericitno, ponegdje se vidi karbonatni cement.

Palinologija: U uzorcima iz veziva prevladavaju klasti lignohumina. Potpuno oksidiranih, crnih i sitnijih ima oko 60 %, nešto većih oko 20 %, a smeđih, većih klasta, s vidljivom drvenastom strukturom, ima oko 10 %. Ostatak čini amorfna tvar. Uočeno je par zrna peludi, malo kutikula i par ostataka *Botryococcus braunii* te *Myricipites* sp. (KRIZMANIĆ, 2006*).

Starost: miocen

4364-4369m (J-10), 4281-4284 (J-9), 4199-4200 (J-8), 3999-3-3999 (J-7)

Makroskopski opis: Dobiven je **andezit-bazalt i lapor** (slika 5.58). Efuziv je porfirne strukture i mandulaste teksture, tamno zelenkaste boje. Sve 4 jezgre (jezgra 10, 9, 8 i 7) predstavlja ista stijena, a u vršnom dijelu J-10 su fragmenti gotovo crnog lapora. U efuzivima se mjestimično zapažaju bijele konkecije, duljine od 1-5 mm, koje ne reagiraju s HCl. Sekundarne tvorevine poput sferulita ispunjavaju šupljine, a ponegdje su samo iskristalizirani rubovi, dok je centar šupljine prazan. Vide se i zelenkasti utrusci (klorit, amfiboli) koji su ponegdje paralelno orijentirani (J-8, 9 i 10) te žilice kalcita.



Slika 5.58: Or-1 ostaci fragmenata andezit-bazalta te lapora (vršni dio jezgre, na slici lijevo) iz J-10

5.1.35. Orešac-2 (Or-2)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja dosegla konačnu dubinu od 6102 m. Prema petrografskim analizama (BARKOVIĆ & DUNDIĆ, 1983*, SOKOLOVIĆ et al. 2006*) iznad škriljavaca podine neogena nabušenih na 5446 m utvrđene su naslage člana Mosti (slika 5.51).

5358-5362 m (J-11)

Makroskopski opis: Dobiveno je manje od 1 m fragmenata jezgre koja je **anhidritizirani dolomikrit sa šejlom**, tekstura je laminarna i mjestimično nodularna (slika 5.59), ponegdje se vide stiloliti.



Slika 5.59: Or-2 ostatak fragmenata laminarnog i mjestimično nodularnog dolomikrita sa šejlom iz J-11

Mikroskopski opis: U izbruscima se zapažaju fragmenti stilolitiziranog ranodijagenetskog dolomita s brojnim žilicama i šupljinicama ispunjenim anhidritom i gipsom. Stijena je nepravilno anhidritizirana, ponegdje se vidi potiskivanje šejla anhidritom te nejednoliko pigmentiranje opakim mineralima. Nepravilne i tanke tamne lamine se sastoje ilita, sitnolistićavog klorita, sericita, karbonata te mikro do kriptokristaliničnog kvarca. U izbruscima iz ovalnih nodula dominantan je anhidrit, a sporedan dolomit.

Palinologija: Organski ostatak u maceratu je slabo zastupljen. Utvrđeni su ostaci višeg bilja, prevladavaju umjereno oksidirani, smeđi, nad potpuno oksidiranim klastima. Ima i malo amorfne tvari, dok je udio liptinitne komponente zanemariv, par sitnih fragmenata koji bi mogli biti ostaci algi. Organski ostatak u skupnom uzorku je dobro zastupljen. Čine ga lignohuminski ostaci s oko 60 % . Više je umjereno oksidiranih nego potpuno oksidiranih klasta. Amorfne tvari je oko 40 % . Liptinit je slabo zastupljen, s tek nekoliko sporomorfi i jednom mehanički oštećenom ?cistom dinoflagelata (KRIZMANIĆ, 2006*).

5137-5141 m (J-10)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 2 m fragmenata jezgre koja je **dolomitna breča**, klastima potporna, sačinjena od uglatih i rjeđe poluzaobljenih klasta anhidritiziranog dolomita s pješčenjačkim vezivom.

Mikroskopski opis: Izbruskom su zahvaćeni fragmenti dolomita s dolomitnim cementom koji je selektivno potiskivan silicijskim. Sporadično su prisutni kristali anhidrita i gipsa te hipidiomorfni do idiomorfni kristaličici pirita (uz rubove i pukotinicе). Stijena ima reducirani šupljinski (vug) porozitet.

Palinologija: U organskom ostatku podjednako su zastupljeni amorfni macerali, crni, potpuno oksidirani organski ostaci višeg bilja inertinitnog tipa i ostaci s vidljivom drvenastom strukturom. Od liptinita je uočeno par ostataka *Botryococcus braunii*, peludnih zrna, spora i nekoliko cisti dinoflagelata. Klima je vjerojatno bila suptropska. Utvrđene su spore: *Leiotriletes wolffi* W. KRUTZSCH 1962 *ssp. wolffi*, *Laevigatosporites gracilis* WILSON et WEBSTER i *Laevigatosporites haardti*, pelud *Myricipites rurensis* (PFLUG et THOMSON NAGY , *Caryapollenites simplex* (R.POTONIE) RAATZ te *Batiacasphaera sphaerica* STOVER (KRIZMANIĆ, 2006*).

Starost: miocen

5004-5010 m (J-9)

Makroskopski opis: Ostatak jezgre koji je duljine oko 30 cm je **dolomitni konglomerat**, loše sortirani, klastima potporan, izgrađen od poluzaobljenih do poluuglatih valutica duljine od 1-5 cm.

Mikroskopski opis: U izbruscima se vide fragmenti dolomikrita i dolopelmikrita s nejednoliko raspoređenim sparidolomitnim cementom i u manjoj mjeri dolomitnim matriksom. Pukotinicе u fragmentima su ispunjene mikrokristalastim dolomitom te anhidritom i gipsom.

4755-4756 m (J-8)

Makroskopski opis: Preostalo je nekoliko fragmenata jezgre duljine 5-10 cm. Dobiven je **polimiktни konglomerat i pješčenjak**. Donji dio jezgre čini crveni kvarcni pješčenjak, a preostali dio je slabo sortirani, klastima potporni konglomerat. sastavljen od poluzaobljenih valutica duljine 0,5-2 cm i pješčenjačkog veziva.

Mikroskopski opis: U izbruscima su valutice karbonata, kvarcita, pješčenjaka, čerta, piroklastita, izmijenjenih efuziva i niskometamornih škriljavaca, a u pješčenjačkom matriksu vidi se kvarc, sericit, klorit, mjestimično potiskivan karbonatom. U vezivu crvenog kvarcnog pješčenjaka mjestimično je anhidrit.

4615-4617 m (J-7)

Makroskopski opis: Ostatke fragmenata iz jezgre čini **pješčenjak**, srednjeznasti do krupnozrnasti.

Mikroskopski opis: Pješčenjak je izgrađen od kvarca, karbonata, muskovita, nešto plagioklasa, a među fragmentima stijena su karbonati, kvarcit i čert. Vezivo je karbonatno.

4481-4484 m (J-6)

Makroskopski opis: Ostatke fragmenata iz jezgre čini **efuziv (bazalt andezit?)** porfirne strukture i mandulaste teksture.

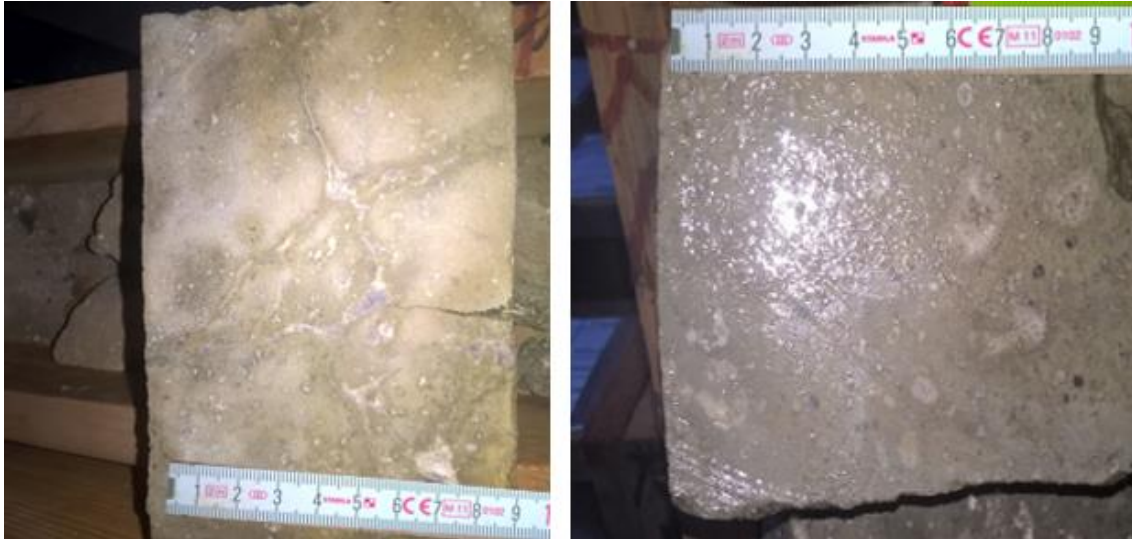
Mikroskopski opis: U izbruscima iz efuziva vide se krupni fenokristali plagioklasa, prilično rastrošenih (kaoliniziranih i kalcitiziranih), koji se nalaze u osnovi izgrađenoj od štapićastih, dijelom subparalelno orjentiranih plagioklasa i klorita. Prisutne su i mandule ispunjene kvarcom i analcimom.

Mikropaleontologija: U uzorcima lapora plićih intervala, tj. između jezgara 6 i 5 utvrđeni su rijetki ostrakodi i neodređive formanihere (VLAHOVIĆ, 1983*). Mikrofosili su iz uzoraka iz isplake te se može samo pretpostaviti da bi granica donjeg i srednjeg miocena bila između 4400 i 4500 m.

4111-4115 m (J-5)

Makroskopski opis: Dobiven je **efuziv (bazalt andezit?)** porfirne strukture i mandulaste teksture, sivo zelene boje (slika 5.60).

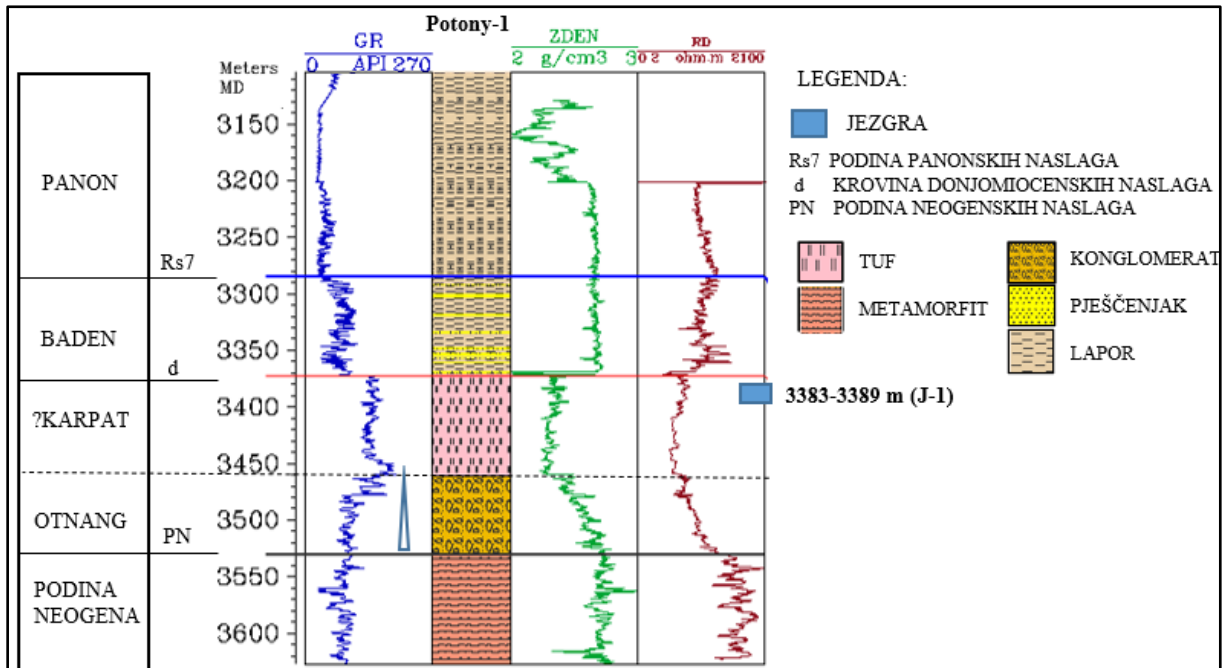
Mikroskopski opis: Sastav efuziva je isti kao onoga dobivenog nižom jezgrom 6. U izbruscima su krupni fenokristali rastrošenih plagioklasa u osnovi izgrađenoj od štapićastih plagioklasa i klorita.



Slika 5.60: Or-2 J-5 fragmenti bazalt-andezita iz 1.m (lijevo) i 4. m (desno)

5.1.36. Potony-1

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i prema petrografskim analizama (IVANIČEK & SOKOLOVIĆ, 2009*; FARKAS et al., 2010*) probušila član Mosti na 3285 m, formaciju Tar dacitni tuf na 3371 m te dosegla konačnu dubinu u metamorfitima podine neogena na 3628 m (slika 5.61).



Slika 5.61: Geološki stup bušotine Potony-1 s jezgrovanim intervalom

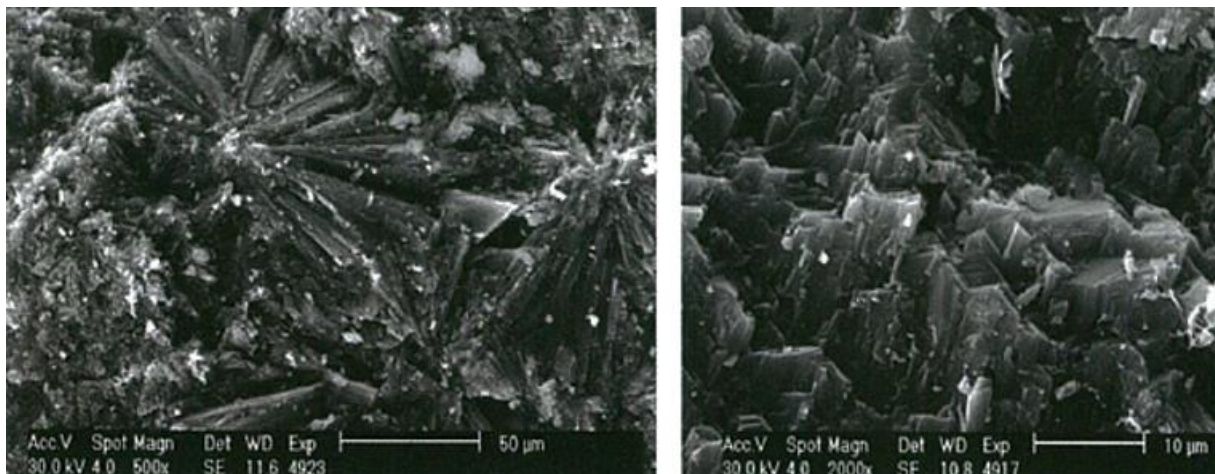
3383-3389 m (J-1)

Makroskopski opis: Devitrificirani vitroklastični tuf – ignimbrit, masivne teksture, svijetlo do tamnije sive boje (5.62).



Slika 5.62: Potoy-1, fragment ignimbrita iz J-1

Mikroskopski opis: Izbruscima je zahvaćen riolitni sediment (postotak SiO_2 iznosi 71-73%) piroklastičnog toka sastavljen od ulomaka vulkanskog stakla, plovućca, razlomljenih kristala i litičnih fragmenata. Vide se i sferuliti (slika 5.63), agregati kalcedona te kristali pirita. Neki sferuliti imaju središnju šupljinu (litofizu), a neki su zapunjeni, budući da kristalna vlakna rekristalizacijom postaju kvarcno – feldspatski mozaik, što modificira izvorne devitrifikacijske strukture. U izbruscima je uočen mikrofrakturni i šupljinski porozitet. Te su međukristalne (5-10 mm) pore i frakture posebno uočljive na SEM fotografijama (slika 5.63).



Slika 5.63: SEM fotografija sferulita (lijevo) te interkristalnih pora (desno)

Mikropaleontologija: U uzorcima sa sita iznad jezgre (3340-3370) određene su badenske planktonske te rjeđe bentičke foraminifere: *Paragloborotalia mayeri* (CUSH. et ELL.),

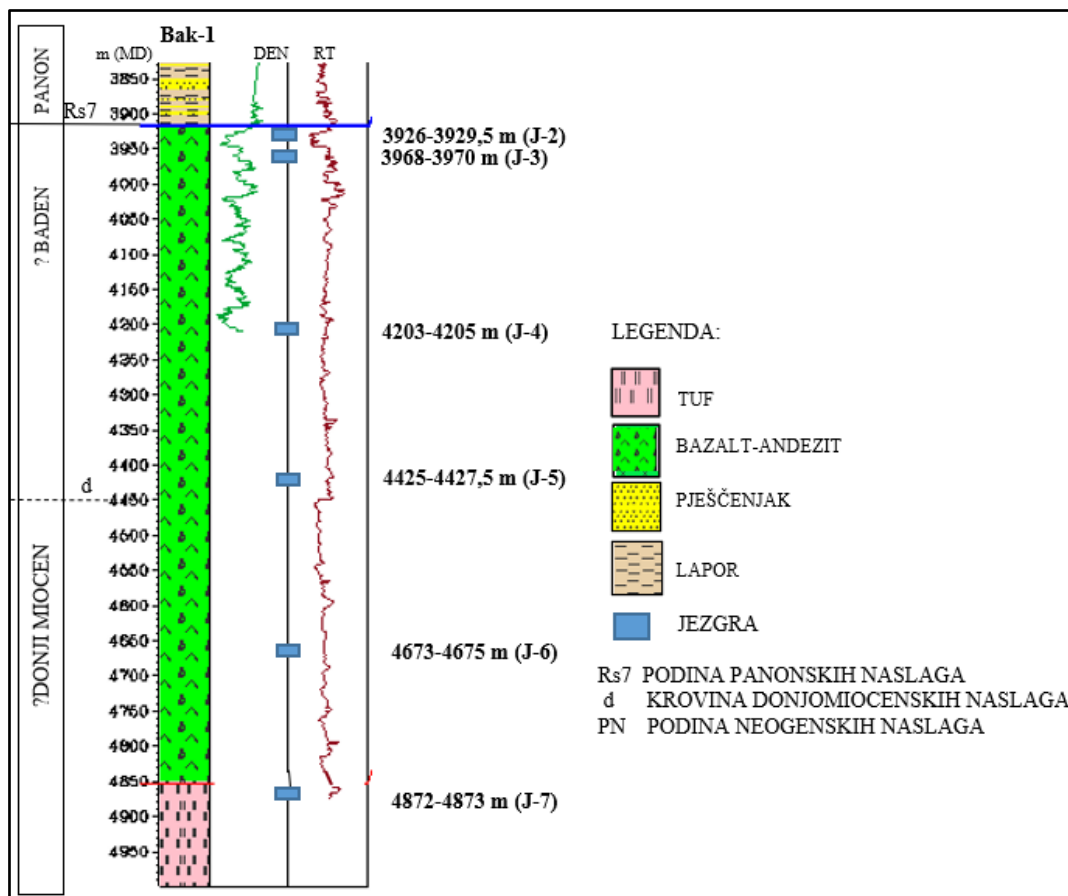
Globigerina praebulloides BLOW, *Globigerina* sp., *Globigerinoides* sp., *Textularia* sp., fragment koralinacea. Uzorci iz jezgre i uzorci ispod jezgrovanog intervala su mikropaleontološki sterilni (MILETIĆ, 2009*; SZUROMINE KORECZ, 2010*)

Palinologija: U uzorcima veziva iz krupno klastičnih hematiziranih sedimenata ispod ignimbrita, utvrđeni palinofacijes je siromašan sporama, ali je bogat različitim vrstama zrna polena, česti su *Momipites* sp., *Myricipites* sp., zelene alge te ciste dinoflagelata (KRIZMANIĆ, 2009*).

Starost ignimbrita: donji miocen (karpatski) (FARKAS et al., 2010*).

5.1.37. Bakić-1 (Bak-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (DUNDIĆ & TROSKOT, 1984*, VRAGOVIĆ & SOKOLOVIĆ, 1985*, ŠUICA, 2019*) nabušila naslage člana Čeralije na 3926 m te dosegla konačnu dubinu od 4999 m. Granica donjeg i srednjeg miocena (slika 5.64) je postavljena na 4450 m prema korelaciji s bušotinama Potony-1 i PS-5.



Slika 5.64: Geološki stup bušotine Bak-1 s jezgrovanim intervalima

4872-4873 m (J-7)

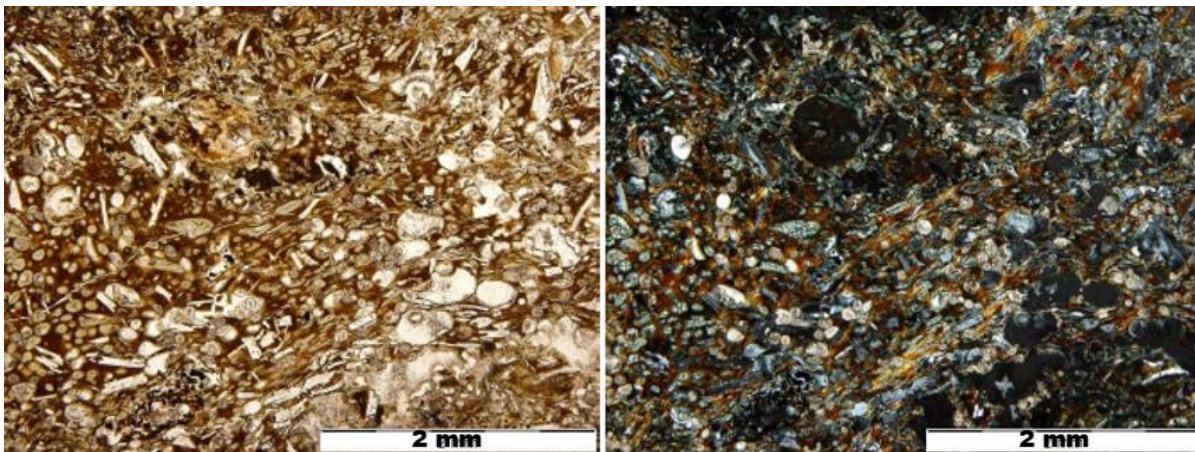
Makroskopski opis: Dobiveno je 0,5 m jezgre koja je **izmijenjeni tuf i/ili efuziv**. Donji dio jezgre je svijetlo zelene boje, a vršni, dobiven u nekoliko fragmenata, je tamno zelen.

Mikroskopski opis: U izbrusku su kvarc, kiseli plagioklas i klorit. Kvarc i feldspati su impregnirani limonitom. Moguće je da je stijena nastala hidrotermalnom alteracijom efuziva ili vitroklastičnog tufa. Prema kemijskim analizama, u donjem dijelu jezgre stijena je kisela (74,7 % SiO₂), a u gornjem neutralna (58,71 % SiO₂).

4673-4675 m (J-6), 4425-4427,5 m (J-5), 4203-4205 m (J-4), 3968-3970 m (J-3) i 3926-3929,5 m (J-2)

Makroskopski opis: **Bazalt-andezit**. Jezgrama 6, 5, 4, 3 i 2 dobivena je ista stijena. Struktura je porfirna, a tekstura je mandulasta. Boja stijene je sivozelena.

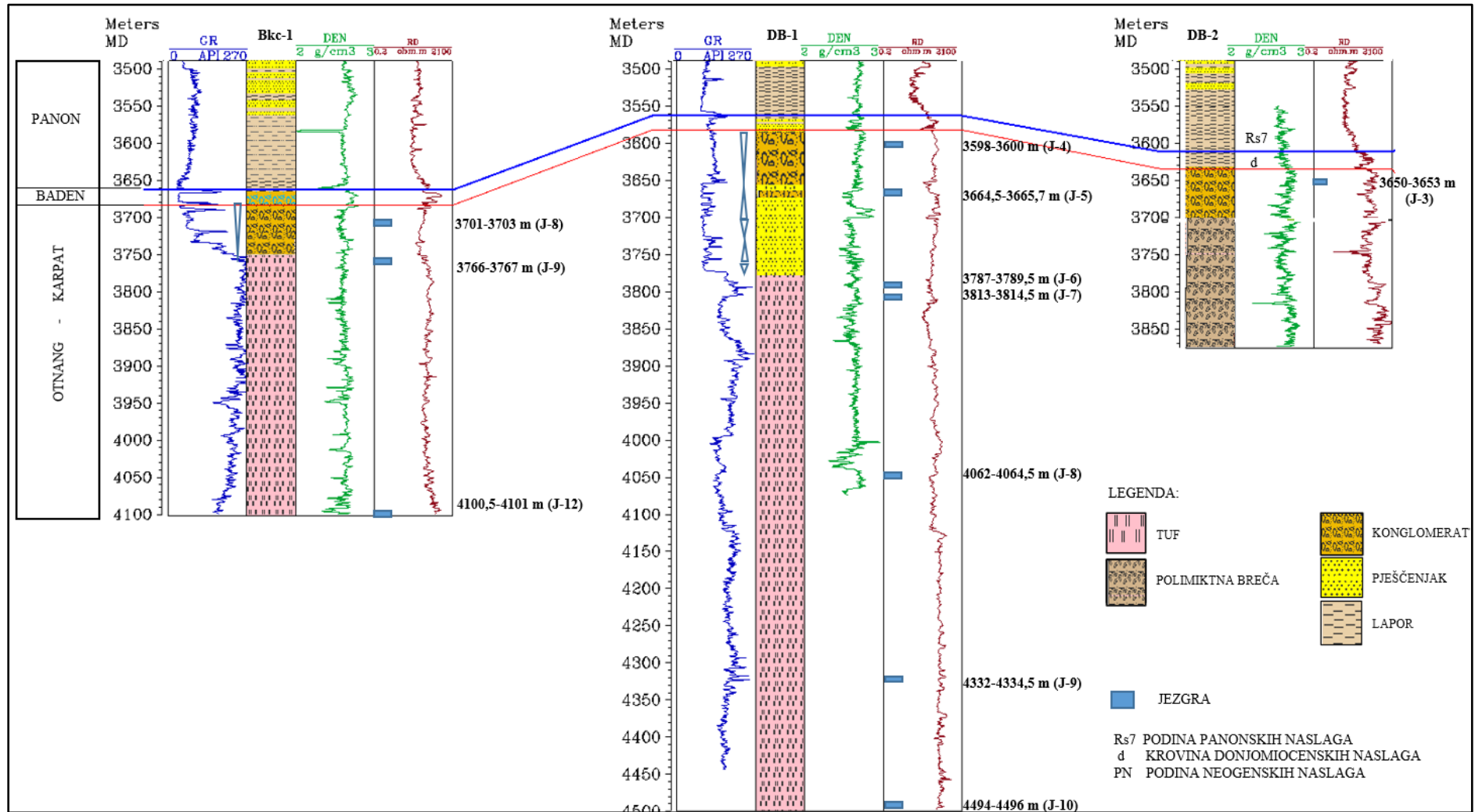
Mikroskopski opis: U izbruscima se vidi porfirna struktura i mandulasta tekstura. Fenokristali plagioklasa su duljine su oko 1 mm, iako ih ima i do 1 cm, pojedini su izražene zonalne strukture i sitaste građe. U vezivu su isprepleteni štapići plagioklasa između kojih je devitificirano vulkansko staklo. U izbruscima se vide mandule ispunjene kloritom, kvarcom, karbonatom te rijetko epidotom i opalom te analcimom. U J-2 mjestimično se pojavljuje smeđe devitificirano vulkansko staklo (palagonit?) (slika 5.65) moguće posljedicom izljeva lave u vodenu sredinu. Kemijska analiza iz J-6 dala je 62,22 % SiO₂ (neutralna stijena), iz J-4 51,3 % SiO₂ (bazično na granici s neutralnim), iz J-3 53,35% SiO₂ (neutralna) te iz J-2 43,40 % SiO₂ (bazična).



Slika 5.65: Bak-1, izbrusak iz J-2, palagonit s mandulama ispunjenim kvarcom i kalcitom te štapićima plagioklasa (-N lijevo, +N desno)

5.1.38. Bukovica-1 (Bkc-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (TADEJ & VRAGOVIĆ, 1989*; ŠUIČA, 2019*) nabušila naslage člana Mosti na 3663 m (slika 5.66) u kojima je i dosegla konačnu dubinu od 4102 m. Vršni dio člana bi, prema rijetkim krhotinama foraminifera, mogao pripadati badenu (VLAHOVIĆ, 1989*).



Slika 5.66: Korelacijski profil bušotina Bkc-1, DB-1 i DB-2 s jezgrovanim intervalima

4100,5-4101 m (J-12, pauk)

Makroskopski opis: Dobiveno je nekoliko fragmenata duljine 2-7 cm. Stijena je izmijenjeni **tuf i/ili efuziv**. Fragmenti su crvenkasti, porfirne strukture s fenokristalima duljine do 2 mm.

Mikroskopski opis: Stijena je porfirne strukture. Utrusci plagioklasa mjestimično su posve potisnuti sitnolistićavim agregatom sericita i karbonatom. Ima malo resorbiranog kvarca. Kratkostubičasti do štapićasti utrusci Fe-Mg minerala (nekadašnji klinopirokseni) su potpuno izmijenjeni u zelenkaste listićave minerale. Prisutni su biotit, apatit i cirkon. Vezivo je holokristalino, mikro do kriptokristalasto, felsitsko. Getit i hematit su raspršeni i disperzirani.

3766-3767 m (J-9)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 0,5 m jezgre u komadima od 1-15 cm. Stijena je **vulkanska breča**, crvenkasto smeđe boje, izgrađena od fragmenata tufa s vezivom od kvarca i vulkanskog stakla.

Mikroskopski opis: U izbruscima se vide fragmenti hidrotermalno izmijenjenog i **devitrificiranog kristalovitričnog tufa**. U krupnijim se fragmentima vidi izrazita porfirna struktura gdje kao utrusci prisutni razlomljeni plagioklasi te opacitizirani biotit s prslinama zapunjenim hematitom. Kvarc je u izbruscima kao kristal ili u obliku agregata koji ispunjava pukotine i šupljine u stijeni. Feldspati su raspucani, najčešće su zamijenjeni sericitom ili karbonatom, a duž pukotina agregatom sličnom albitu. Nekad su u stijeni bili prisutni i štapićasti minerali koji su nadomješteni kloritom. Akcesoran je apatit. U izbruscima su mjestimično i fragmenti dacit-riolitnog kristaloklastičnog tufa, izgrađenog od kristaloklasta feldspata, kvarca, biotita i devitrificiranih vitroklasta u osnovi koja se sastoji od devitrificiranog tufa.

3701-3703 m (J-8)

Makroskopski opis: Jezgra je **polimiktni konglomerat**, masivan, klastima potporan, izgrađen od loše sortiranih, zaobljenih i poluuglatih valutica duljine od 0,4-8 cm te pješčenjačkog veziva.

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćene valutice pješčenjaka, devitrificiranog tufa i kvarcita. Vezivo konglomerata ima sastav pješčenjaka tipa grauwake. Sadrži kvarc, fragmente stijena (kvarcit, devitrificirani tuf, čert), rjeđe feldspate i tinjce u mikrokristalastom kvarc-sericitskom matriksu. Valutice pješčenjaka su tipa sublitoarenita do kvarcarenita. Sadrže zrna kvarca, čestice stijena (devitrificirani tuf, kvarcit, čert), a rjeđe su zastupljeni feldspati i poneki tinjac. Akcesorni su turmalin, cirkon te leukoksen. Vezivo je agregat sericita i kvarca, mjestimično je hematitizirano, a ponegdje je potiskivano karbonatom.

5.1.39. Donja Bukovica-1 (DB-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (MATIŠIN, 1978*, ŠUICA, 2019*) nabušila naslage člana Mosti na 3575 m u kojima je i dosegla konačnu dubinu od 4496 m (slika 5.66).

4494-4496 m (J-10)

Makroskopski opis: Dobiveno je 0,6 m jezgre u komadima 5-10 cm (slika 5.67). Jezgra je **dacit-riolitni kristalolitoklastični tuf**, zelenkaste boje. Stijena je staklasta, a mjestimično se vide litoklasti duljine 0,4-0,8 cm te kristali kvarca.



Slika 5.67: DB-1 fragmenti kristalolitoklastičnog tufa iz J-10

Mikroskopski opis: Stijena se sastoji od kristaloklasta plagioklasa (albita), kvarca i sanidina te litoklasta monzodiorita u rekristaliziranom vezivu od mikrokristalastog kvarca i klorita. Akcesorni je cirkon.

4332-4334,5 m (J-9)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima duljine do 3 cm. Stijena je **dacit-riolitni kristaloklastični tuf**, masivan, staklast, bez razvijenih kristala, crvenkasto smeđe boje. Pukotine su zapunjene kvarcnim agregatom.

Mikroskopski opis: Stijena se sastoji od kristaloklasta kvarca, izmijenjenih feldspata i biotita u rekristaliziranoj osnovi. Kristaloklasti kvarca, duljine od 0,2-4 mm, uglavnom su zaobljeni, sa srpastim plohamama, a sadrže i zaljevaste uklopke osnovne mase. Kristaloklasti feldspata uglavnom su izmijenjeni u agregat sericita i karbonata, a dijelom su sačuvani i tada su

prepoznatljivi K-feldspat i plagioklas. Biotit je rijetko sačuvan i uglavnom je izmijenjen u muskovit i opaki agregat. Osnovna masa je rekristalizirana i sastoji se od mikrokristalastog kvarca te podređeno klorita i sericita. U stijeni su prisutne pukotine i nepravilne vezikule ispunjene dolomitom i/ili kvarcom.

4062-4064,5 m (J-8)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima duljine 5-50 cm (slika 5.68). Stijena je **dacit-riolitni vitroklastični tuf**, zelenkaste boje. Stijena je raspucana i puna je vulkanskog stakla.



Slika 5.68: DB-1, J-8, fragmenti vitroklastičnog tufa iz 1. m jezgre

Mikroskopski opis: Struktura stijene je porfirna s kristaloklastima kvarca, izmijenjenih feldspata i biotita u osnovnoj masi koja se sastoji od staljenih (eng. *welded*) krhotina sericitiziranog i kloritiziranog vulkanskog stakla. U stijeni su raspršeni i opaki minerali.

3813-3814,5 m (J-7)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u komadima od 5-10 cm. Dobiven je **izmijenjeni dacit-riolitni kristaloklastični tuf**, staklast, tamno crvene boje, sa šupljinicama ispunjenima kristalima kvarca pa je tekstura amigdoidalna.

Mikroskopski opis: U izbruscima su kristaloklasti kvarca, potpuno izmijenjenih feldspata i biotita u rekristaliziranoj osnovnoj masi, koja je vjerojatno primarno bila vulkansko staklo, a rekristalizirana je u gotovo submikroskopski agregat kvarca i sericita. Akcesorni su cirkon i štapićasti apatit.

3787-3789,5 m (J-6)

Makroskopski opis: Jezgrom je dobiven **izmijenjeni dacit–riolit**, sivo zelenkaste boje.

Mikroskopski opis: U izbruscima su krupni fenokristali kvarca duljine 0,1-5 mm i listići biotita u devitrificiranom vulkanskom staklu. Prisutne su i nakupine sitnolistićavih minerala. Vulkansko staklo je devitrificirano i izmijenjeno u gotovo submikroskopski agregat, moguće sericita i kvarca.

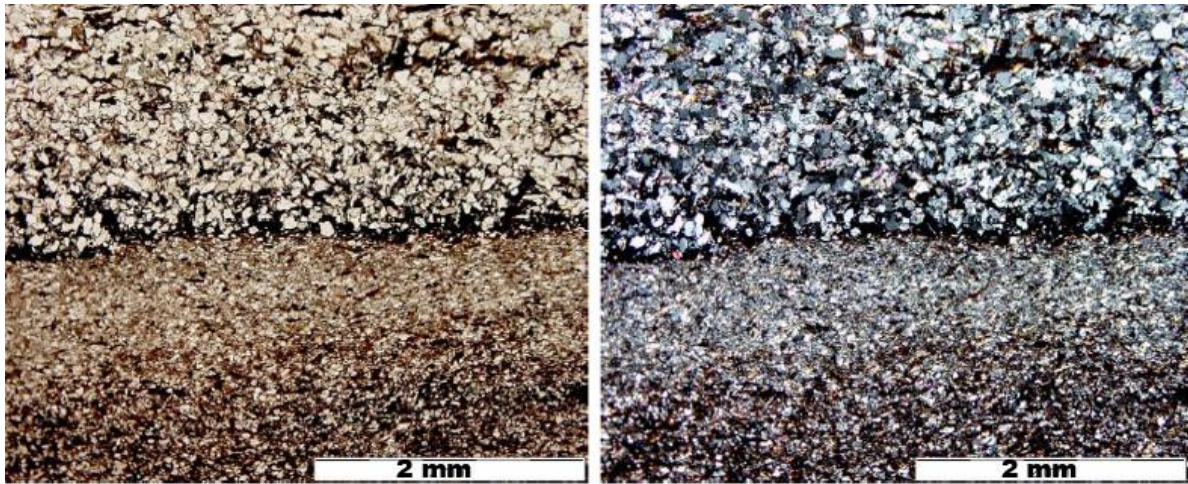
3664,5-3665,7 m (J-5)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 1,2 m preostalo je 20-tak crvenkastih fragmenata duljine 5-10 cm. Jezgrom je dobiven **siltit, pješčenjak i granulasti konglomerat** (slika 5.69). U fragmentima nižeg dijela je pješčenjak te siltit, a fragmenti iz vršnog dijela su sitnozrnasti matriksom potporni konglomerat sa slabo zaobljenim valuticama duljine 0,2-4 mm.



Slika 5.69: DB-1, fragmenti matriksom potpornog konglomerata s hematitiziranim vezivom iz vršnog dijela J-5

Mikroskopski opis: Konglomerat sadrži valutice karbonata i pješčenjaka. Pješčenjak je sitnozrnasti litoarenit, dobro sortiran, a sastoji se od zrna kvarca, odlomaka niskometamornih stijena i listića muskovita, akcesornih cirkona i turmalina u klorit-sericitnom vezivu koje je hematitizirano (slika 5.70). Siltit mjestimično ima nodule ispunjene dolomitnim kristalima. Sastoji se od zrna kvarca, listića muskovita i odlomaka stijena u hematitiziranom kvarc-sericitnom vezivu.



Slika 5.70: DB-1, izbrusak iz J-5, izmjena silita i pješčenjaka (-N lijevo, +N desno)

3598-3600 m (J-4)

Makroskopski opis: Dobiveno je 75% jezgre u fragmentima od 20-ak cm. Jezgra je **polimiktni konglomerat**, klastima potporan, loše sortiran, krupno, srednje i sitno valutičast, valutice su zaobljene i rjeđe poluuglate, a vezivo je pješčenjačko.

Mikroskopski opis: Valutice su kvarcni arenit do sublitoarenit, dacit-riolit, kiseli piroklastiti, dolomit, vapnenac, hematitični silit i tinjčev škrljavac u sericitno - karbonatnom vezivu.

5.1.40. Donja Bukovica-2 (DB-2)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i petrografskim analizama (VRAGOVIĆ & RAŠKAJ, 1985*; ŠUICA, 2019*) probušila član Mosti na 3612 m u kojemu je dosegla konačnu dubinu na 3874 m (slika 5.66).

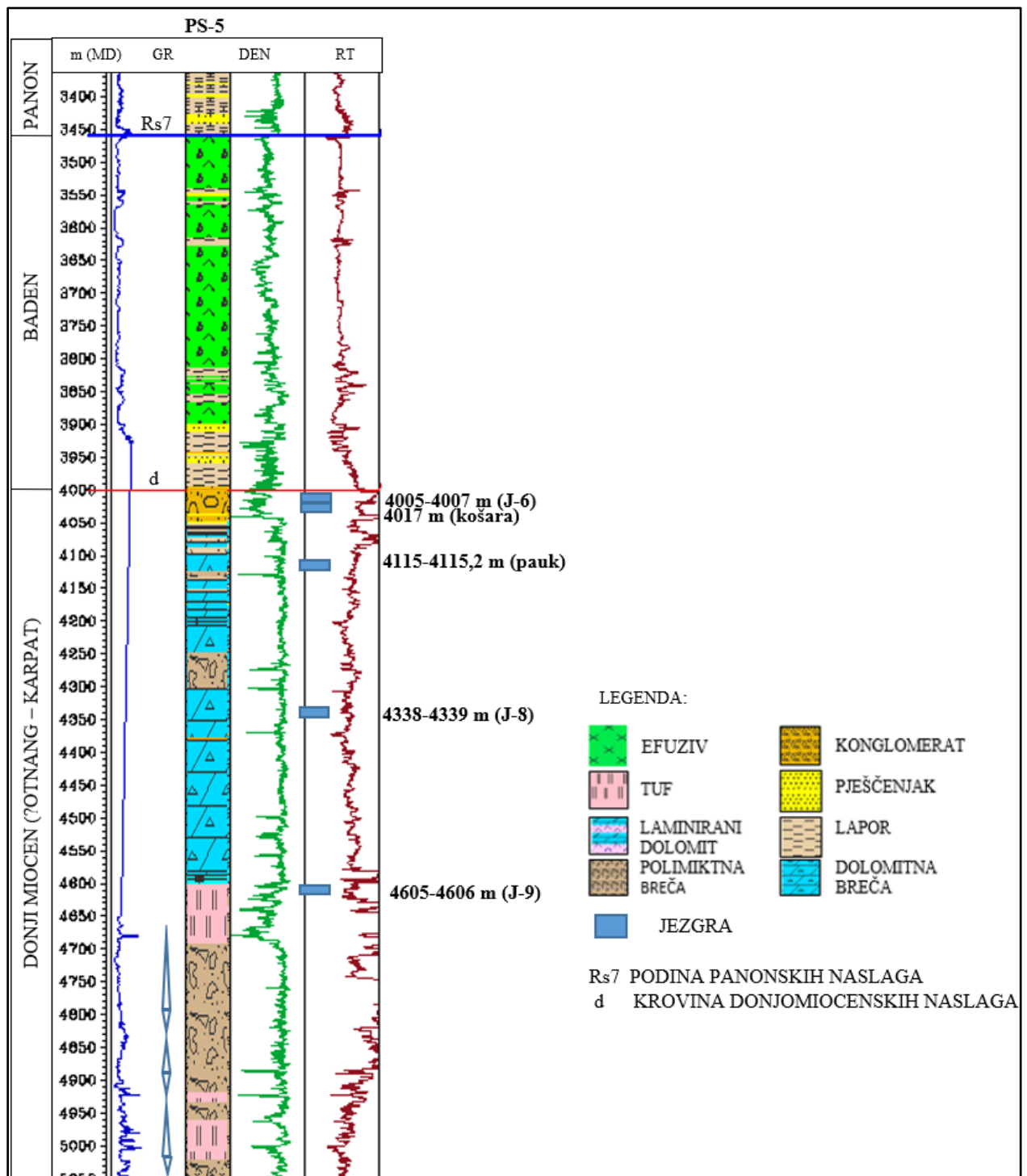
3650-3653 m (J-3)

Makroskopski opis: Dobiveno je nešto više od 0,5 m jezgre u fragmentima duljine 2-10 cm. Jezgra je **polimiktni konglomerat**, krupno, srednje i sitno valutičast, mjestimično crvenkast, srednje do slabo sortiran, a vezivo je pješčenjačko, po pukotinicama i karbonatno.

Mikroskopski opis: Izbruskom je zahvaćena valutica hidrotermalno izmijenjenog gnajsa. Vide se kvarc, feldspati, muskovit, biotit, granat, andaluzit i staurolit, a sekundarno su prisutni klorit, titanit, sericit, pirit, karbonat i turmalin.

5.1.41. Podravska Slatina-5 (PS-5)

Bušotina je prema podatcima geološkog praćenja te petrografskim analizama (DUNDIĆ, 1986*) probušila naslage člana Mosti na 3460 m u kojima je i dosegla konačnu dubinu od 5051 m (slika 5.71).



Slika 5.71: Geološki stup bušotine PS-5 s jezgrovanim intervalima

4605-4606 m (J-9)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 0,4 m jezgre u fragmentima. Stijena je **polimiktna breča** s karbonatno-pješčenjačkim vezivom.

Mikroskopski opis: Izbruskom je zahvaćen fragment kristalovitričnog tufa, kriptokristalasti klorit, kalcedon i kvarc. Vide se pukotinicice zapunjene kvarcom i kalcitom. U sitnozrnastom vezivu se nalazi obilje hematita.

4338-4339 m (J-8)

Makroskopski opis: Dobiven je fragment duljine 0,1 m koja je laminirani **dolomit**, tamno sivi sa svjetlo sivim laminama.

Mikroskopski opis: U izbrusku su sitnozrnasti kristalići dolomita s rijetkim pukotinicama zapunjenima karbonatom, mikrokristalasti gips i anhidrit.

4115-4115,2 m (pauk)

Makroskopski opis: Dobiveni su fragmenti **dolomita i pješčenjaka**.

Mikroskopski opis: U izbrusku su sitnozrnasti kristalići dolomita s rijetkim pukotinicama zapunjenima dolomitnim i kalcitnim zrnima. Pješčenjak je kvarcna grauvara koja sadrži loše sortirana zrna kvarca, tinjaca, feldspata, opakih minerala te fragmente stijena.

4017 m (košara)

Makroskopski opis: Dobiveni su fragmenti **konglomerata** s valuticama duljine 0,2-1 cm, **efuziv, pješčenjak i dolomit**.

Mikroskopski opis: Konglomerat sadrži valutice kvarca, kvarcita, vapnenca, škriljavca i čerta. Pješčenjak je litoarenit i tufitična grauvara. Efuziv je porfirne strukture sa sitnim isprepletenim štapićima plagioklasa, zrnima kvarca, sericita i sericitiziranim fenokristalima plagioklasa kvarca. Prema kemijskoj analizi pripada kiselim efuzivima (69,7 % SiO₂).

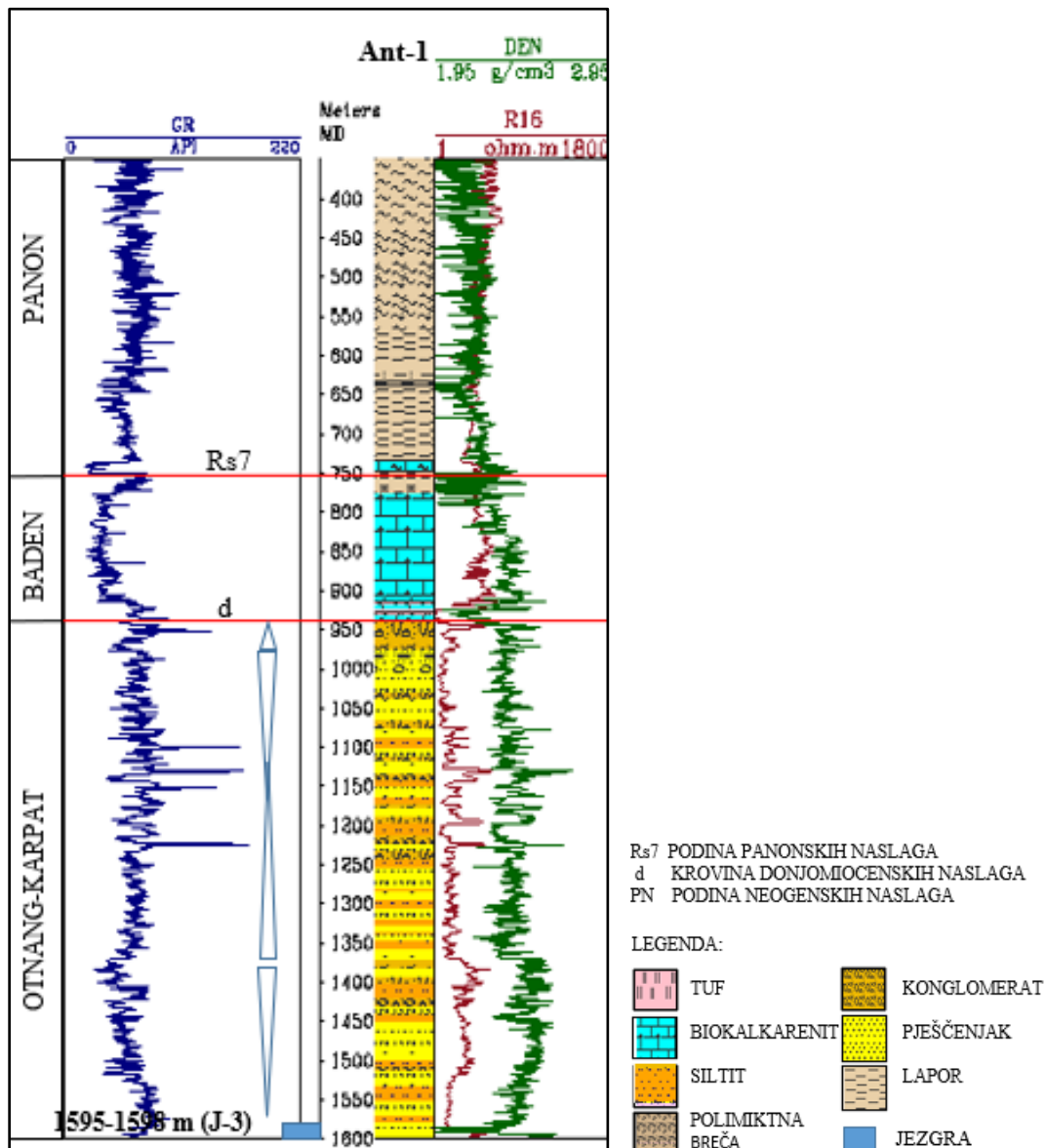
4005-4007 m (J-6)

Makroskopski opis: Dobiveno je 0,1 m jezgre. Stijena je **polimiktni konglomerat**, klastima potporan, sadrži valutice duljine 0,2-0,8 cm, rjeđe do 5 cm i pješčenjačko vezivo.

Mikroskopski opis: U izbruscima su valutice srednjezrnastih pješčenjaka tipa feldspatske grauvarke, kvarcita, čerta, vapnenca i kvarc muskovitskog škriljavca. Pješčenjačko vezivo je mjestimično potiskivano karbonatom, sadrži kvarc, kiselu plagioklas, mikroklin, muskovit i klorit.

5.1.42. Antin-1 (Ant-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i petrografskim analizama (IVANIČEK & SOKOLOVIĆ, 2001*) nabušila Vukovarsku formaciju na 753 m te u njoj dosegla konačnu dubinu od 1600 m (slika 5.72). Gornjih 184 m čine badenski biokalkareniti (MILETIĆ, 2001*).



Slika 5.72: Geološki stup bušotine Ant-1 s jezgrovanim intervalom

1595-1598 m (J-3)

Makroskopski opis: U jezgri (slika 5.73) se izmjenjuju crveni **muljnjak** do **siltit**, **pješčenjak** te sitnozrnasti **konglomerat** i konglomeratični pješčenjak. Treći metar jezgre je muljnjak do siltit

masivne teksture. Izmjenjuje se sa sitnozrnastim pješčenjakom (slika 5.74), a vidi se valovita te kosa laminacija i bioturbacije. U 2. metru jezgre prevladava tamno crveni muljnjak do siltit koji mjestimično ima lamine smeđe crvenog pješčenjaka, a krajem 2. metra prelazi u sitnozrnati matriksom potporni konglomerat. U 1. metru jezgre izmjenjuju se 8-20 cm debeli slojevi sitnozrnastog pješčenjaka s kosom laminacijom, rijetko konglomeratičnog, s 8-15 cm debelim slojevima klastima potpornog konglomerata s erozijskom bazom. Konglomerat je grubo uslojen, srednje sortiran, poluzaobljenih do dobro zaobljenih valutica duljine 0,2-2 cm.



Slika 5.73: Ant-1, jezgra J-3



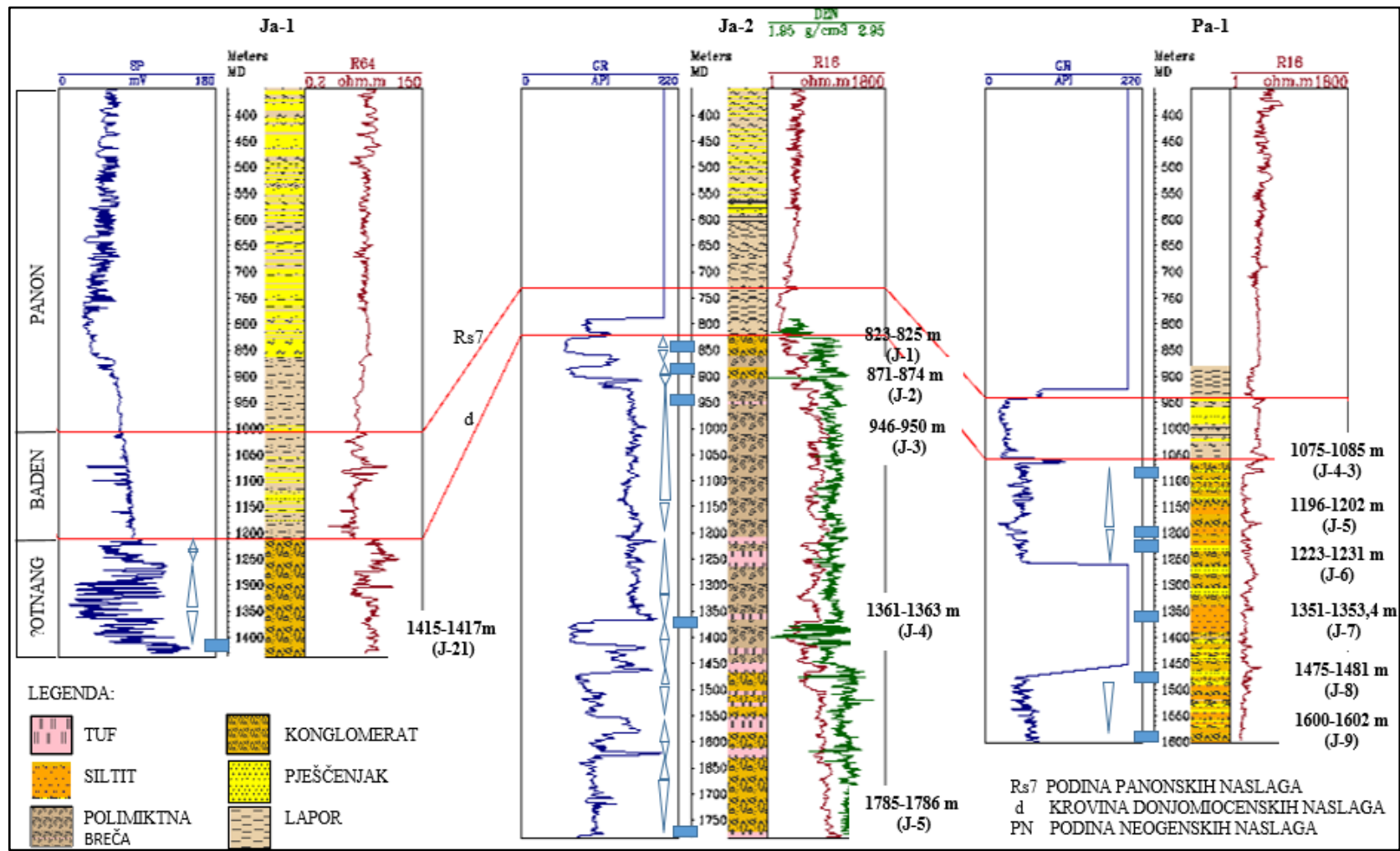
Slika 5.74: muljnjak do siltit u izmjeni sa sitnozrnastim litoarenitom, laminacija i bioturbacije, Ant-1, J-3, 3.m

Mikroskopski opis: Sitnozrnasti konglomerat je izgrađen od gusto pakiranih, okruglih do elipsastih, valutica siltita, pješčenjaka, vapnenaca, muljnjaka te pješčenjačkog matriksa kojeg

čine kvarc, mikroklin, sporadično tinjaci i dosta čestica kvarcita i čerta. Oko čestica stijena se vide hematitni obrubi, a ponegdje hematit nejednoliko prožima valuticu. Sitnozrnasti litoarenit je izgrađen od gusto pakiranog detritusa kojeg čine kvarcna zrna, pločice kiselih plagioklasa i zrna ortoklasa, listići muskovita, biotita i klorita te čestice kvarcita, čerta, siltita i mikrita. Akcesorni su cirkon i turmalin. Muljak do siltit mjestimično sadrži leće i lamine sitnozrnog litoarenita. U izbruscima su vidljivi minerali glina s primjesama Fe – oksida i hidroksida te siliciklastični detritus dimenzija silta.

5.1.43. Jarmina-1 (Ja-1)

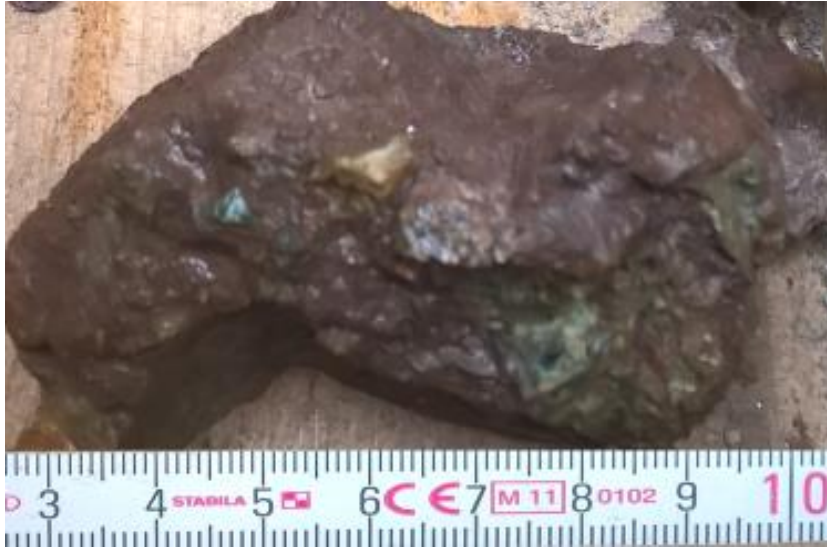
Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i petrografskim analizama (DUJMIĆ, 1979*) nabušila naslage Vukovarske formacije na 1007 m te u njima dosegla konačnu dubinu od 1438 m. Gornjih 205 m čine badenski marinski pješčenjaci i lapori, prema mnogobrojnim nalazima foraminifera (ŠIKIĆ, 1979*). Badenske naslage transgresivno naliježu na nefosiliferne crvene krupnoklastične stijene pretpostavljene otnanške starosti (slika 5.75).



Slika 5.75: Korelacijski profil bušotina Ja-1, Ja-2 i Pa-1 s jezgrovanim intervalima

1415-1417 m (J-21)

Makroskopski opis: Sačuvano je nekoliko fragmenata duljine 5-10 cm u jednoj kutiji. Stijena je **matriksom potporna breča** koju čine poluuglati do poluzaobljeni klasti duljine 1-3 cm u obilatom muljevitom hematiziranom matriksu (slika 5.76).



Slika 5.76: Ja-1, ostatak matriksom potporne breče iz jezgre J-21

Mikroskopski opis: U uzorcima su najzastupljeniji biotit, feldspati, kvarc i kalcit i opaki minerali, u manjim količinama klorit, sericit i muskovit, a sporadično cirkon.

5.1.44. Jarmina-2 (Ja-2)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i petrografskim analizama (RAŠKAJ & VRAGOVIĆ, 1984*) nabušila naslage Vukovarske formacije na 730 m te u njima dosegla konačnu dubinu od 1786 m (slika 5.75). Prema bogatoj foraminiferskoj mikrofauni, gornjih 90 m formacije čine badenski i sarmatski lapori (VLAHOVIĆ, 1984*).

1785-1786 m (J-5)

Makroskopski opis: Stijena je izmijenjeni **tuf**, mjestimično šupljikav, limonitiziran, svijetlozelenkastosive do sivobijele boje s uklopcima duljine do 3 mm.

Mikroskopski opis: U izbruscima se vidi porfirna struktura i devitrificirana osnova koju čine mikro do kriptokristalasti agregati kvarca, feldspata i dispergiranog limonita.

1361-1363 m (J-4)

Makroskopski opis: Jezgra je izmijenjeni **tuf**, masivni, sivkastobijeli.

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćeni vitrični i litokristalovitrični tuf.

946-950 m (J-3)

Makroskopski opis: **Breča i tuf.** Od jezgrovanih 4 m dobiveno je 0,5 m jezgre u komadima. Donji dio čine klasti izmijenjenog sivobijelog tufa, a u gornjem dijelu se vide i klasti granita.

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćeni vitrični, litokristalovitrični tuf te granit u plićim djelovima jezgre.

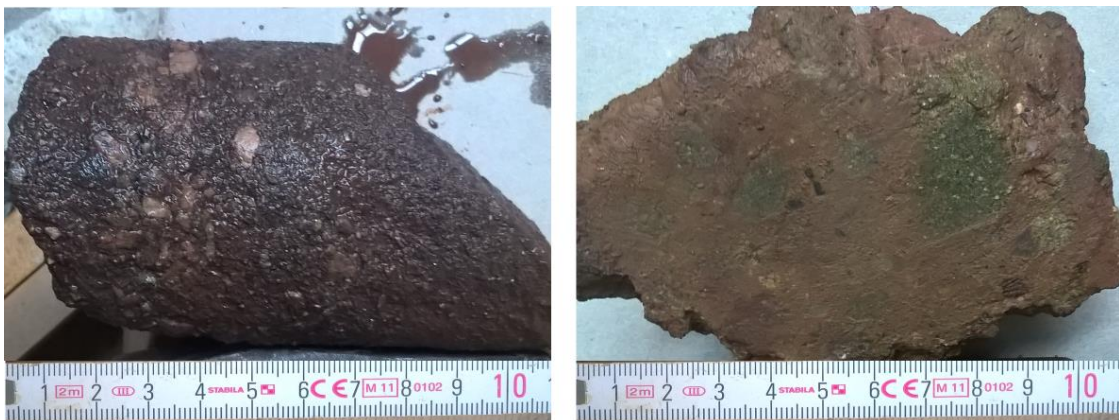
871-874 m (J-2)

Makroskopski opis: Dobiveno je 2,6 m jezgre u fragmentima. Stijena je matriksom potporna **polimiktna breča**. Sastoji se od uglatih do poluzaobljenih klasta duljine do 12 cm u crvenkastom vezivu.

Mikroskopski opis: Izbruscima su većinom zahvaćeni izmijenjeni tufovi, a u najdonjem dijelu koji je zdrobljen, vide se fragmenti granita, niskometamorfni škrljavaca i kvarcni grauvaka.

823-825 m (J-1)

Makroskopski opis: Dobiveno je 1,8 m jezgre u fragmentima duljine do 10 cm (slika). Stijena je tamno crvene boje, sadrži **polimiktnu breču, konglomerat i pješčenjak**. U pojedinim fragmentima klastima potporni konglomerat sa slabo zaobljenim valuticama duljine 0,5-1 cm postupno prelazi u masivni krupnozrnasti tamno crveni pješčenjak. Dio fragmenata jezgre sastoji se od matriksom potporne breče koju čine poluuglati klasti duljine 1-2 cm u obilatom muljevitom crvenkastom matriksu (slika 5.77).



Slika 5.77: Ja-2 J-1, fragmenti matriksom potporne breče iz 2. m jezgre

Mikroskopski opis: Izbruscima su zahvaćeni: srednjeznasta limonitizirana feldspatska grauvaka, izmijenjeni tuf, efuziv i trošni biotitski granit. Matriks je glinovito-pjeskoviti, mjestimično limonitiziran i kloritiziran.

5.1.45. Pačetin-1 (Pa-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i petrografskim analizama (MAGDALENIĆ & MATIŠIN, 1972*) nabušila Vukovarsku formaciju na ?1059 m u kojoj je i dosegla konačnu dubinu od 1602 m (slika 5.75).

1600-1602 m (J-9)

Makroskopski opis: Preostalo je nekoliko fragmenata duljine 10-ak cm. Sačuvani fragmenti predstavljaju **siltit**, tamno crveni, s limonitiziranim konkrecijama.

Mikroskopski opis: U izbruscima su minerali glina, željezovita supstanca, zrnca kvarca, feldspata, muskovita, biotita i klorita.

1475-1481 m (J-8)

Makroskopski opis: Preostalih nekoliko fragmenata su **konglomerat i pješčenjak**. Matriksom potporni konglomerat (slika 5.78) sadrži pouzaobljene valutice duljine 0,5-2 cm u crvenom glinovito-pješčenjačkom vezivu. Pješčenjak je krupnozrnast do sitnozrnast, mjestimično sitno konglomeratičan, crvenkast.

Mikroskopski opis: U izbruscima pješčenjaka su zrna kvarca, feldspata, tinjaca, čestica kvarcita, škriljavaca i rekrystaliziranih vapnenaca. Dimenzije detritičnih čestica su od 0,12 do 3 mm kod sitno konglomeratičnog pješčenjaka. Vezivo je zrnati kalcit, ponegdje klorit-sericitni matriks.



Slika 5.78: Pa-1, ostaci fragmenata matriksom potpornog konglomerata iz J-8 (lijevo) i fragmenata hematitiziranog pješčenjaka i konglomerata iz J-7 (desno)

1351-1353,4 m (J-7)

Makroskopski opis: Sačuvani fragmenti (slika) predstavljaju **siltit**, tamno crveni, s limonitiziranim konkcijama.

Mikroskopski opis: U izbruscima su minerali glina, željezovita supstanca, zrnca kvarca, feldspata, muskovita, biotita i klorita.

1223-1231 m (J-6)

Makroskopski opis: **Siltit i pješčenjak**, mjestimično **konglomeratičan**. Dio preostalih fragmenata je crvenkasti siltit, a dio je crveni krupnozrnati do sitnozrnati pješčenjak koji je mjestimično sitno konglomeratičan. Siltit mjestimično sadrži konkcije.

Mikroskopski opis: U izbruscima siltita vidljivi su minerali glina, željezovita supstanca, zrnca kvarca, feldspata, muskovita, biotita i klorita. Pješčenjak je izgrađen od zrna kvarca, feldspata, tinjaca, čestica kvarcita, škriljavaca i rekristaliziranih vapnenaca. Vezivo je klorit-sericitno..

1196-1202 m (J-5)

Makroskopski opis: Dobiveno je 3,5 m od jezgrovanih 6 m. Stijena je crveni masivni **siltit**, u rijetkim fragmentima jezgre mjestimično se vide valutice dolomita i pješčenjaka.

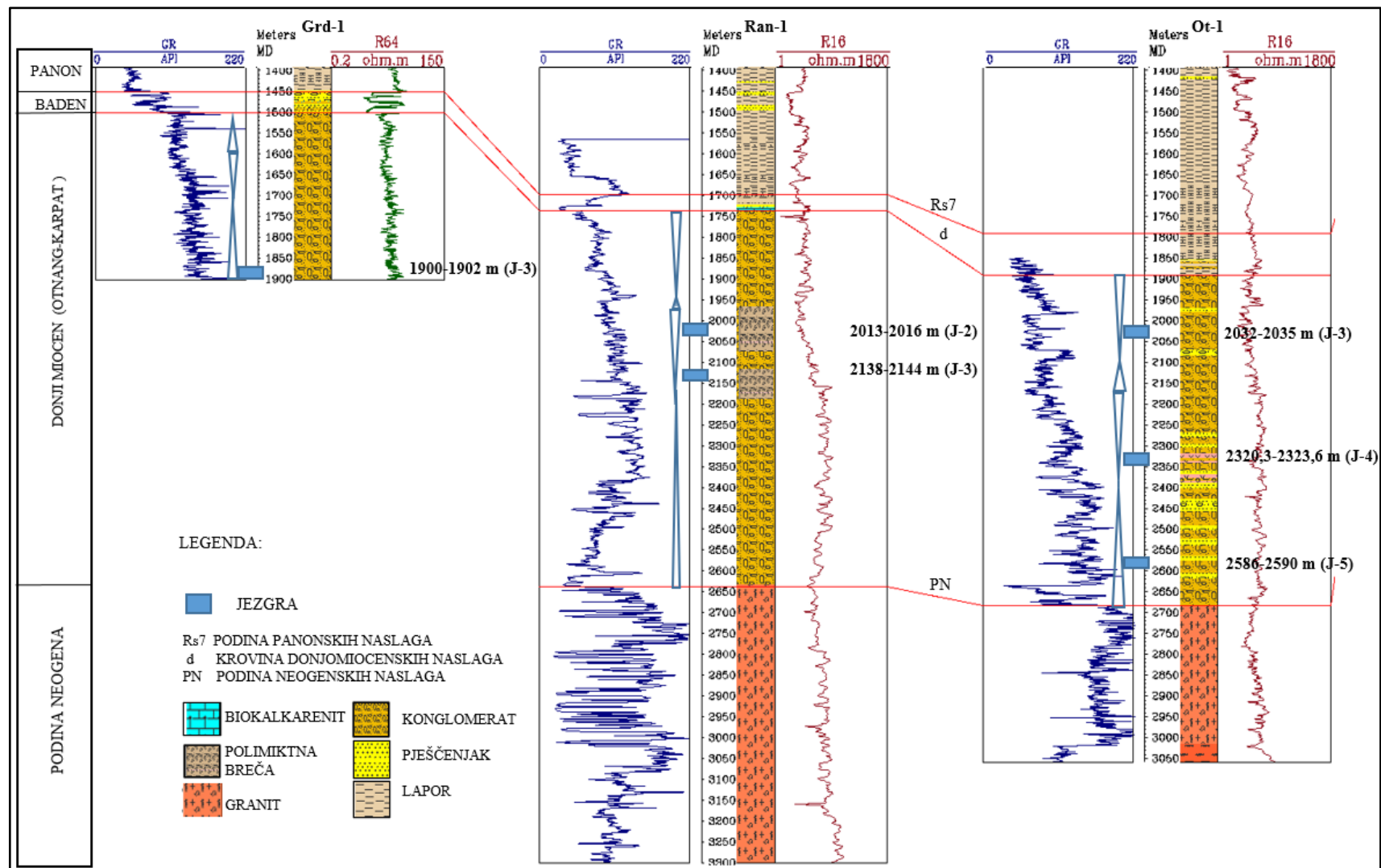
1080-1085 m (J-4) i 1075-1080 m (J-3)

Makroskopski opis: U ostacima fragmenata obiju jezgara je **konglomeratični pješčenjak i polimiktni konglomerat**. Polimiktni konglomerati su srednje sortirani, klastima do matriksom potporni, sadrže poluzaobljene valutice metamorfnih i pelitnih stijena duljine valutica od 2 mm do 6 cm. Pješčenjaci su srednje do sitnozrnasti, rijetko konglomeratični. U prvim jezgrovanim metrima boja izbušenih klastita je sivo-zelenkasta i postupno prelazi u smeđe-crvenkastu.

Mikroskopski opis: Konglomerat je izgrađen od valutica pješčenjaka, vapnenaca, silita, kvarcita, kvarc-muskovitnih škriljavaca, klorit-sericitskog matriksa i malo kalcitnog cementa. Pješčenjak je sitnozrnast, izgrađen je od zrna kvarca, feldspata, (mikroclin, feldspati samci, plagioklasi), fragmenata kvarcita, kvarc muskovitnih i muskovitnih škriljavaca, silita, rekristaliziranih vapnenaca, klorita i muskovita. Vezivo je klorit-sericitno.

5.1.46. Gradište-1 (Grd-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i petrografskim analizama (SOKOLOVIĆ, 1995*) nabušila klastite Vukovarske formacije na 1450 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 1902 m (slika 5.79).



Slika 5.79: Korelacijski profil bušotina Grd-1, Ran-1 i Ot-1 s jezgrovanim intervalima

1900-1902 m (J-3)

Makroskopski opis: Jezgra je razlomljena u komade duljine 5-30 cm, a dio je razdrobljen u komadiće duljine 1-3 cm. Stijena je **polimiktni konglomerat**, klastima potporni, slabo sortiran, s pješčenjačkim vezivom. Sastoji se od dobro zaobljenih raznobojnih valutica čija se duljina kreće od 0,2-5 cm, ali sitnija zrna duljine 0,5-1 cm. su više zastupljena. U pojedinim fragmentima je slabo izražena slojevitost zbog cm-ske izmjene granulastog i sitno valutičastog konglomerata bez uočljive erozijske baze. (slika 5.80).

Mikroskopski opis: Valutice konglomerata čine metamorfiti, pješčenjaci, efuzivi, kvarc, a krajem 1. i početkom 2. m vidi se dosta feldspata.



Slika 5.80: Grd-1 J-3, fragmenti klastima potpornog polimiktnog konglomerata iz 1. m jezgre

5.1.47. Ranisavlje-1 (Ran-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja i petrografskim analizama (SOKOLOVIĆ, 1988*) dosegla konačnu dubinu od 3300 m u kataklastičnim granitskim brečama. Vukovarska formacija je nabušena na 1698 m (slika 5.79). Jezgrom J-1 (1724-1725,5 m) dobiven je konglomeratični pješčenjak i pjeskoviti biomikrit s foraminiferama badena (BRODARIĆ, 1988*) dok su dubljim jezgrama dobivene crvene kontinentalne naslage i kataklastične breče.

2138-2144 m (J-3) (dobiveno 0,4 m) i **2013-2016 m (J-2)** (dobiveno 0,8 m)

Makroskopski opis: Sačuvani fragmenti su matriksom potporna **polimiktna breča**, loše sortirana, s uglatim do rjeđe poluzaobljenim klastima u sitnozrnastom hematitiziranom vezivu (slika 5.81). Duljina klasta je od 0,5-6 cm.



Slika 5.81: Ran-1, matriksom potporna polimiktna breča, fragment iz J-2

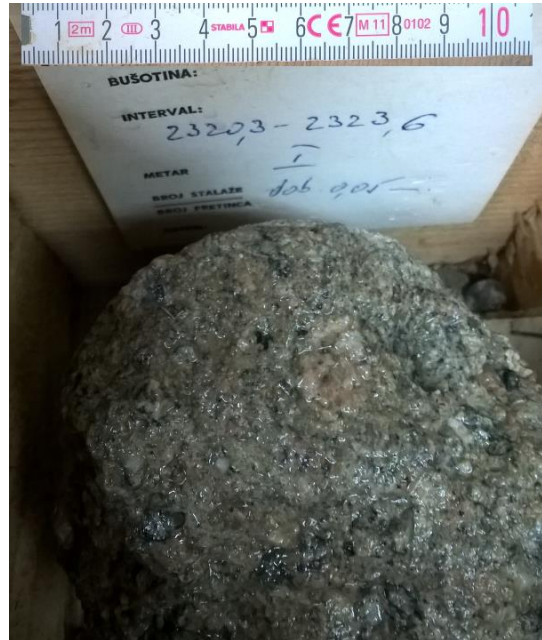
Mikroskopski opis: Klaste breče čine efuzivi, metamorfiti i pješčenjaci. Izbruskom iz J- 2 je zahvaćen klast arenita, u kojemu su utvrđeni kvarc, plagioklas, mikroklin, biotit i klorit. Izbruskom iz J-3 zahvaćeni su klasti pješčenjaka i škriljavca koji se sastoji od kvarca, sericita, biotita, klorita, pirita i ilmenita.

5.1.48. Otok-1 (Ot-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (MALJAK, 1980*) probušila Vukovarsku formaciju na 1792 m te nabušila granite podine neogena na 2790 m u kojima je i dosegla konačnu dubinu od 3095 m (slika 5.79). Prema nalazima foraminifera, gornjih 98 m formacije su badenski pješčenjaci i lapori (MATIŠIN, 1980*).

2586-2590 m (J-5) (dobiveno 1 m u fragmentima) i **2320,3-2323,6 m (J-4)** (dobiveno 5 cm)

Makroskopski opis: Ostaci fragmenata obiju jezgara predstavljaju masivni **polimiktni konglomerat**, klastima potporan, slabo sortiran, s poluzaobljenim valuticama duljine od 0,3-2 cm (slika 5.82). Vezivo je pješčenjačko.



Slika 5.82: Ot-1, klastima potporan konglomerat iz J-4

Mikroskopski opis: U izbruscima iz obiju jezgara prevladava detritus pretežno iz granitskih stijena, ali ima i valutica efuziva, škriljavaca i kvarcita. Vezivo je sericitno-kloritno.

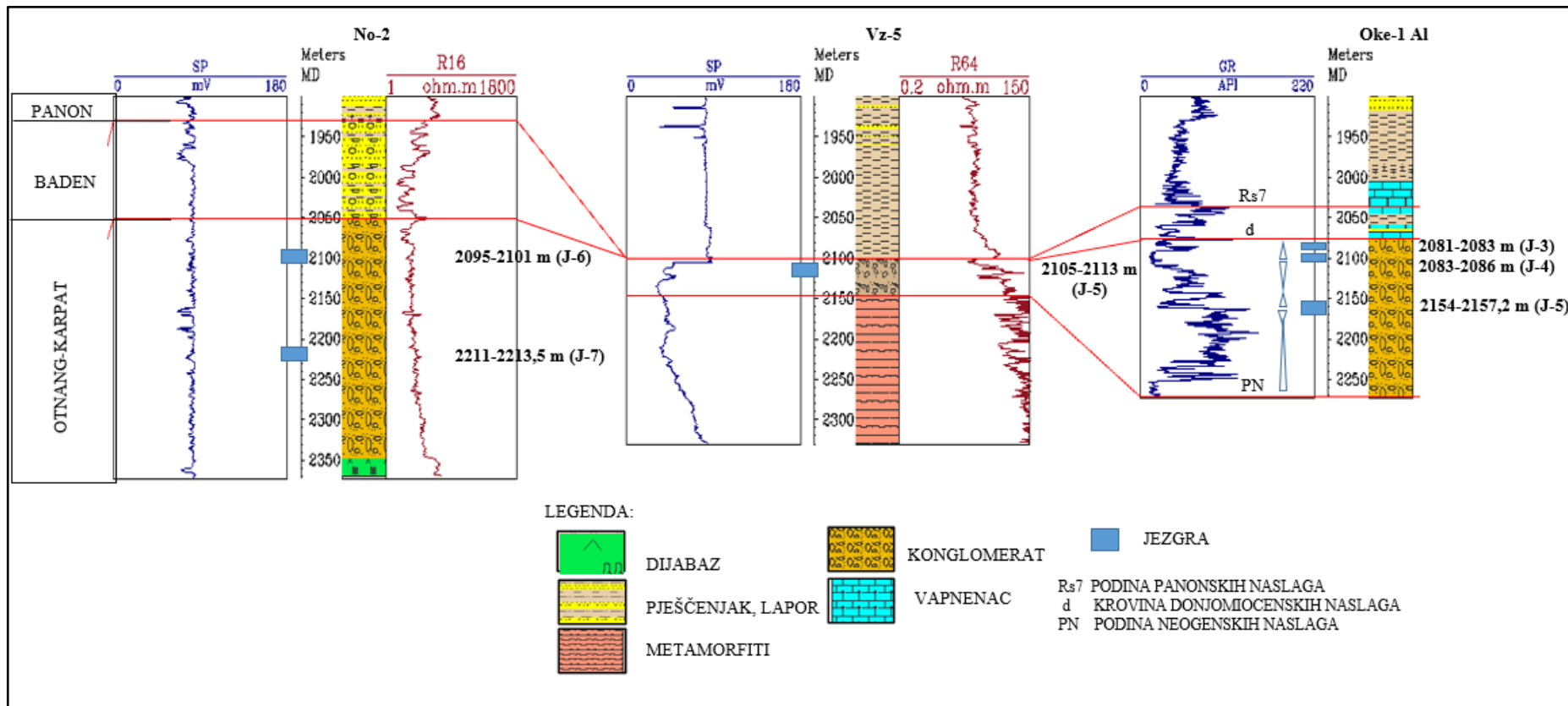
2032-2035 m (J-3)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 3 m dobiveno je 2,5 m u fragmentima. Dobiven je klastima i matriksom potporni **polimiktni konglomerat** i **pješčenjak**. Konglomerat je slabo sortiran, s poluzaobljenim valuticama duljine od 1 – 4 cm. Vezivo je pješčenjačko - glinovito, hematitizirano. U fragmentima najnižih 1 m jezgre postupno se smanjuje duljina valutica prema gore u rasponu od sitnih valutica do granula. U fragmentima središnjeg dijela jezgre krupnozrnasti, mjestimično konglomeratični pješčenjak postupno prelazi u sitnozrnasti pješčenjak. Fragmenti gornje trećine jezgre su granulasti matriksom potporni konglomerat s glinovitim vezivom.

Mikroskopski opis: U izbruscima iz konglomerata su valutice granita, efuziva, niskometamorfni škriljavaca i kvarcita. Vezivo je sericitno-kloritno.

5.1.49. Novoselec-2 (No-2)

Bušotina je prema podatcima geološkog praćenja te petrografskim analizama (MATIŠIN, 1971*) probušila formaciju Prečec na 1930 m te dijabaz neutvrđene starosti (?mezozoik) na 2347 m u kojemu je dosegla konačnu dubinu od 2371 m (slika 5.83).



Slika 5.83: Korelacijski profil bušotina No-2, Vz-5 i Oke-1A1 s jezgrovanim intervalima

2211-2213,5 m (J-7)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima duljine 10-20 cm, a pelitni fragmenti su zdrobljeni u komadiće. Stijena je crvenkasti masivni **polimiktни konglomerat** s proslojcima tamno crvenog **muljnjaka**, mjestimično pješčenjačkog. Konglomerat se sastoji od dobro zaobljenih do mjestimično uglatih valutica duljine od 0,5-8 cm, a vezivo je glinovito-pješčenjačko.

Mikroskopski opis: Konglomerat sadrži valutice čerta, pješčenjaka, zrna kvarca i feldspata, a vezivo je kvarc-sericitsko, hematitizirano.

2095-2101 m (J-6)

Makroskopski opis: Jezgra je crvenkasti neuslojeni **polimiktни konglomerat** s proslojcima **muljnjaka**, kao i prethodna. Dobivena je u fragmentima duljine 10-20 cm, a pelitni fragmenti su zdrobljeni. Konglomerat se sastoji od slabo zaobljenih do rjeđe uglatih valutica duljine od 0,2-0,4 cm, a vezivo je glinovito-pješčenjačko.

Mikroskopski opis: Konglomerat je istog sastava kao u prethodnoj jezgri, sadrži valutice čerta, pješčenjaka, zrna kvarca i feldspata, a vezivo je kvarc-sericitsko, hematitizirano.

5.1.50. Vezišće-5 (Vz-5)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (TADEJ, 1994*) probušila formaciju Prečec na 2101 m te kloritske škriljavce podine neogena na 2147 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 2330 m (slika 5.83).

2105-2113 m (J-5)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 8 m ostalo je nekoliko fragmenata duljine 20-30 cm. Stijena je **polimiktна breča**, klastima potporna, slabo sortirana, s uglatim klastima klastima duljine 1-10 cm i crvenim pješčenjačko-glinovitim vezivom.

Mikroskopski opis: Klaste breče čine vapnenac, pješčenjak, silit i metapješčenjak. Vezivo je pješčenjačko-glinovito-karbonatno, mjestimično intenzivno hematitizirano.

Mikropaleontologija: U vezivu breče nema mikrofosila, a u klastima vapnenca određene su brojne globotrunkane i druge kredne planktonske foraminifere (STANKOVIĆ, 1994*)

5.1.51. Okešinec-1 Alfa (Oke-1 Al)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (TADEJ, 1994*) probušila formaciju Prečec na 2037 m te kataklazirane i mramorizirane vapnence podine neogena na 2270 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 2273 m (slika 5.83). Gornjih 38 m Prečec formacije su, prema nalazima foraminiferske faune, gornjobadenski vapnenci (PREMEC FUČEK, 1994*).

2154-2157,2 m (J-5)

Makroskopski opis: Preostalo je oko 1m jezgre u komadima veličine 1-10 cm. Dobiven je **polimiktни konglomerat**, klastima potporan, loše sortiran, s dobro zaobljenim do poluuglatim valuticama duljine 0,5-10 cm i pješčenjačkim vezivom.

Mikroskopski opis: Valutice su biopelspariti, biospariti, kristalinični vapnenci, pješčenjak, siltit, kvarcit i izmijenjeno vulkansko staklo. Vezivo je glinovito-karbonatni mulj sa zrcima kvarca, izmijenjenog vulkanskog stakla i ponekog muskovita.

Mikropaleontologija: U vezivu nisu pronađeni mikrofosili, a u klastima vapnenaca utvrđene su foraminifere gornjeg trijasa i gornje krede (STANKOVIĆ, 1994*).

2083-2086 m (J-4)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 1 m jezgre u fragmentima. Stijena je **polimiktни konglomerat**, klastima potporan, slabo sortiran, s valuticama duljine 0,2-10 cm i pješčenjačko-glinovitim vezivom. Veličina valutica se smanjuje od dna prema vrhu jezgre. Vezivo je sitnozrnasto, hematitično.

Mikroskopski opis: Klaste i valutice čine većinom biopelspariti, biospariti i kristalinični vapnenci, a rjeđe pješčenjaci i siltozni lapor. Vezivo je hematitizirani rekristalizirani glinovito-karbonatni mulj.

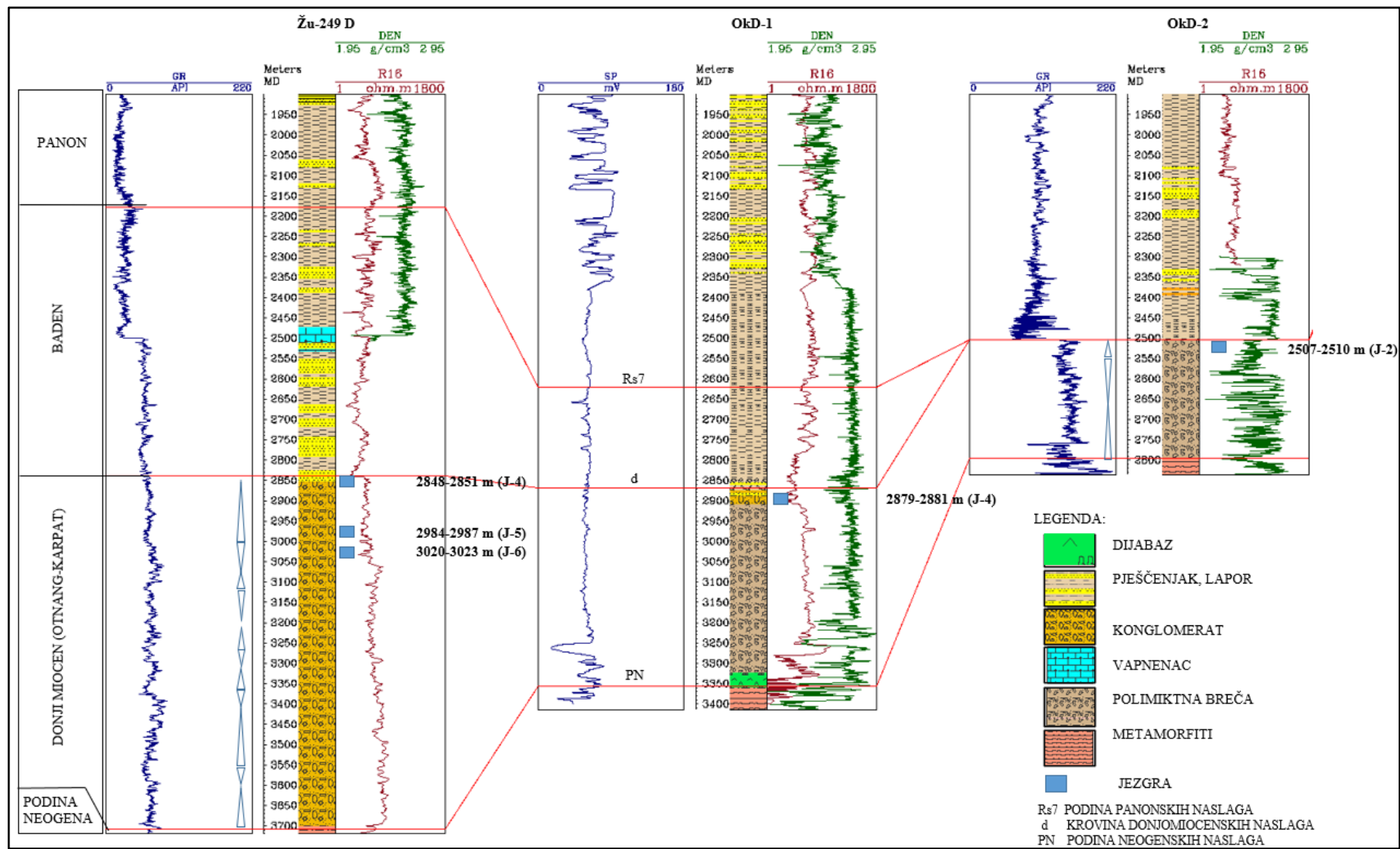
2081-2083 m (J-3)

Makroskopski opis: Dobiveno je oko 1 m jezgre u fragmentima veličine 1-10 cm. Stijena je klastima potporni konglomerat.

Mikroskopski opis: Klaste breče čine rekristalizirani i mramorizirani klasti biopelsparita i onkoidalnih biosparita. Vezivo je rekristalizirani karbonatni mulj. Vidi se više generacija pukotina.

5.1.52. Žutica-249 Duboka (Žu-249 D)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (RAŠKAJ & VRAGOVIĆ, 1984*) probušila formaciju Prečec na 2178 m, na 2840 m kontinentalne naslage ?otnanga te grafitne škriljavce podine neogena na 3708 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 3720 m (slika 5.84). U siltoznim laporima jezgara iznad 2840 m utvrđena je foraminiferska mikrofauna (VLAHOVIĆ, 1983*) badena, što je potvrđeno i analizama nanoplanktona (zona NN5) (ĆORIĆ, 2008*).



Slika 5.84: Korelacijski profil bušotina Žu-249 D, OkD-1 i OkD-2 s jezgrovanim intervalima

3020-3023 m (J-6)

Makroskopski opis: Sačuvano je manje od 1 m jezgre koja je zdrobljena u komade duljine od 2-10 cm. Stijena je **polimiktni konglomerat**. Sastoji se od poluzaobljenih valutica duljine oko 0,5 cm, ponegdje do 5 cm, a vezivo je glinovito-pješčenjačko.

Mikroskopski opis: Konglomerat sadrži valutice čerta, kvarcita, efuziva i metapelita. Pješčenjačko vezivo čine nepravilna zrna kvarca te sericitizirani feldspati. Akcesorni su kloritizirani biotit, klorit, pirit i limonit.

2984-2987 m (J-5)

Makroskopski opis: Sačuvano je oko 60 cm jezgre u komadima duljine od 5-10 cm. Stijena je klastima potporni **polimiktni konglomerat**, s poluzaobljenim do poluuglatim valuticama duljine od 0,5-8 cm u crvenkastom pješčenjačkom vezivu.

Mikroskopski opis: Konglomerat sadrži valutice čerta, škriljavaca, efuziva s fenokristalima plagioklasa, a vezivo je srednje do krupnozrnasti hematitizirani pješčenjak.

2848-2851 m (J-4)

Makroskopski opis: Sačuvano je oko 1m jezgre u fragmentima duljine od 5-15 cm. Dobiven je **pješčenjak**, u fragmentima nižeg dijela jezgre krupnozrnast, a višeg mjestimično konglomeratičan.

Mikroskopski opis: Izbruskom je zahvaćen pješčenjak koji je krupnozrnasta feldspatska grauvaka, čine ga kvarc i podređeno sericitizirani feldspati te fragmenti stijena, a u sitnozrnatom matriksu izgrađenom od kvarca, feldspata i sericita mjestimično se vidi hematitizacija.

5.1.53. Okoli Duboka -1 (OkD-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (IVANIČEK, 1984*) probušila formaciju Prečec na 2620 m, nabušila izmijenjene ?dijabaze na 3325 m te kataklazite i karbonatne škriljavce podine neogena na 3360 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 3415 m (slika 5.84). Gornjih 249 m Prečec formacije čine badenski lapori, prema nalazima foraminiferske mikrofaune (VLAHOVIĆ, 1984*, PREMEC FUČEK & HERNITZ KUČENJAK, 2016*).

2879-2881 m (J-4)

Makroskopski opis: Jezgrovanjem je dobiven **polimiktni konglomerat i pješčenjak**. Jezgra je dobivena zdrobljena u komade od 1-20 cm. Konglomerat se sastoji od valutica duljine do 1 cm, a vezivo je sitnozrnasto. Pješčenjak je sitnozrnast do srednjezrnast, mjestimično konglomeratičan,

Mikroskopski opis: Konglomerat sadrži fragmente kvarcita, granito-gnajsa, efuziva, škriljavaca, pješčenjaka i pelita te kvarc, kisele plagioklase, sporadično tinjce, a vezivo je sitnozrnasti matriks izgrađen od kvarca i sericita. Pješčenjak je feldspatska grauvaka.

5.1.54. Okoli Duboka -2 (OkD-2)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (TADEJ & RAŠKAJ, 1986*) probušila formaciju Prečec na 2506 m te nabušila matamorfite (grafitični slejtovi i filiti te kvarc tinjčasti škriljavci) podine neogena na ?2796 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 2836 m (slika 5.84). Mikrofosili nisu utvrđeni.

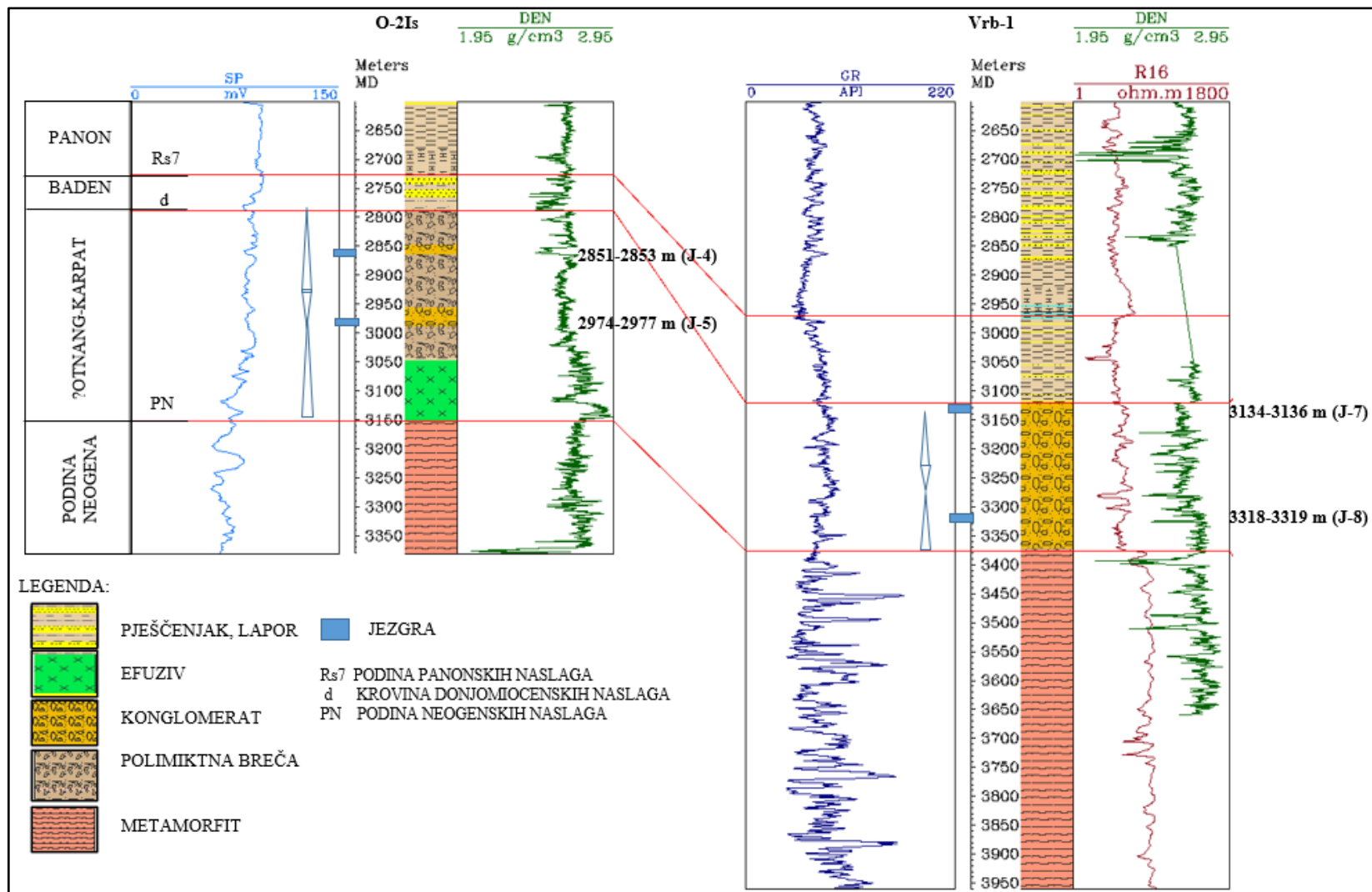
2507-2510 m (J-2)

Makroskopski opis: Od jezgrovanih 3 m dobiveno je 40 cm u komadima. Stijena je **polimiktna breča**, uglati klasti su duljine od 0,1-6 cm, a vezivo je pješčenjačko-glinovito.

Mikroskopski opis: Breča sadrži klaste grauvake, kiselog do neutralnog efuziva, škriljavaca, kvarcita i pelita.

5.1.55. Osekovo-2 Istok (O-2Is)

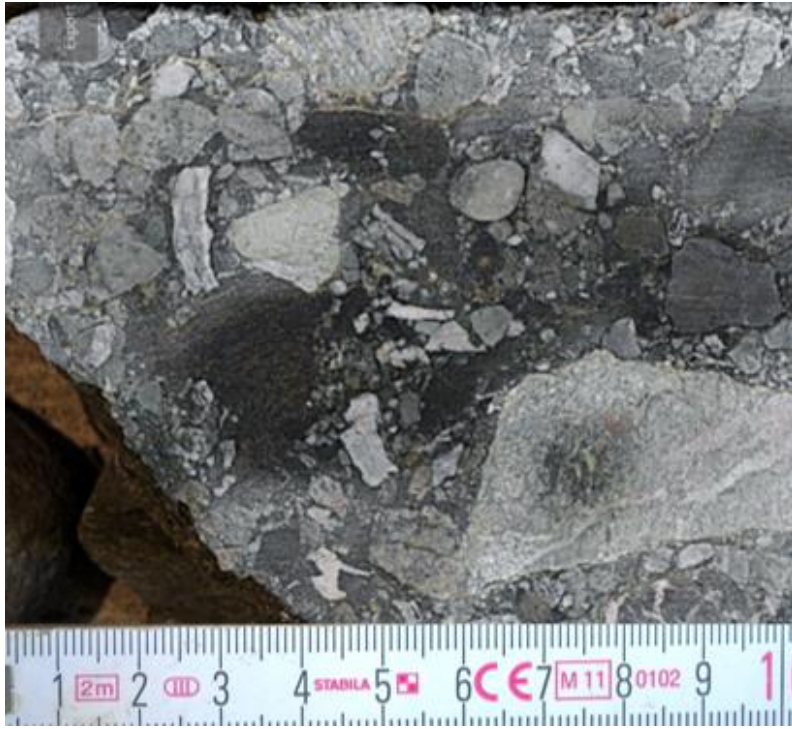
Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (SOKOLOVIĆ, 1982*, VESELI, 2015*) probušila formaciju Prečec na 2727 m, efuziv nepoznate starosti na 3050 m te kvarc kloritske i amfibolske škriljavce podine neogena na 3152 m u kojima je dosegla konačnu dubinu od 3382 m (slika 5.85). Prema nalazima planktonskih i bentičkih foraminifera u siltoznim laporima, gornjih 63 m formacije Prečec bi pripadalo badenu (VLAHOVIĆ, 1982*; IVAK, 2015*).



Slika 5.85: Korelacijski profil bušotina O-2Is i Vrb-1 s jezgrovanim intervalima

2974-2977 m (J-5)

Makroskopski opis: Sačuvani fragmenti su **polimiktни konglomerat** (slika 5.86). Od jezgrovanih 3 m sačuvano je 20-tak fragmenata duljine 5-6 cm te nekoliko većih (15-20 cm). Konglomerat je masivan, klastima potporan, slabo sortiran s dobro zaobljenim valuticama duljine 1-2 cm te rijetkim poluuglatim klastima duljine 2-6 cm s pješčenjačkim vezivom.



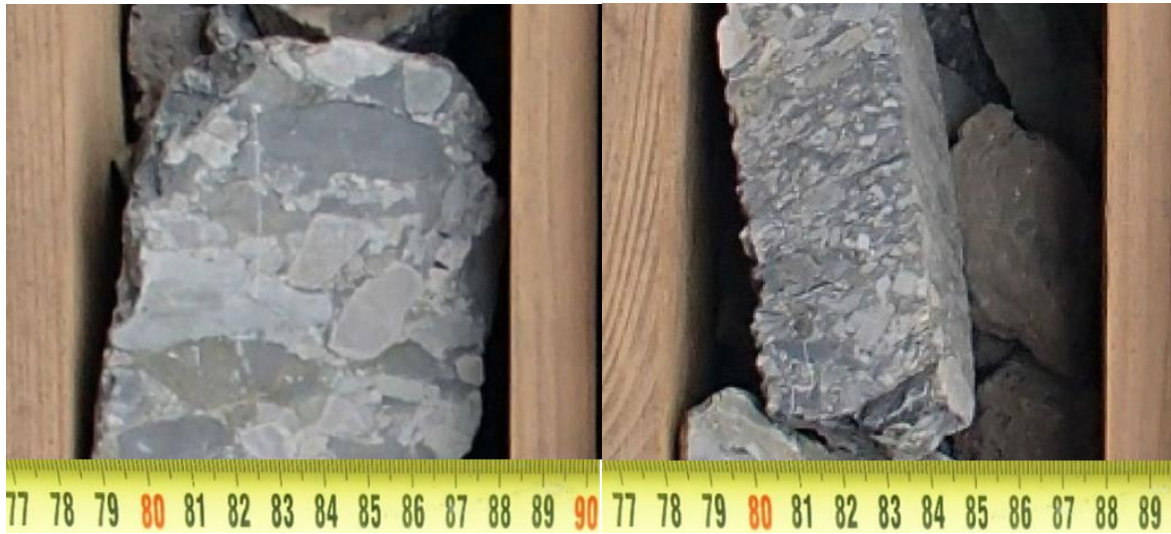
Slika 5.86: O-2 Is fragment masivnog, klastima potpornog konglomerata iz J-5

Mikroskopski opis: U izbruscima se vide fragmenti litoarenita, škriljavaca, siltoznih lapora, čerta, efuziva, a rijetki pješkoviti matiks je mjestimično mrljasto impregniran organskom tvari. U vezivu nisu pronađeni mikrofosili.

2851-2853 m (J-4)

Makroskopski opis: Stijena je **polimiktни konglomerat**. Sačuvano je 30-tak fragmenata duljine 5-6 cm te nekoliko duljine oko 15 cm. Konglomerat je klastima potporan, slabo do dobro sortiran, s tim da se u fragmentima s manjom duljinom zrna (oko 1 cm) vidi bolja sortiranost (slika 5.87 desno). Stijena se sastoji od poluzaobljenih do poluuglatih valutica duljine od 0,5 – 6 cm s pješčenjačkim vezivom. U jezgri se vidi izmjena horizontalnih slojeva različite duljine

zrna. U nekim fragmentima se uslojenost ogleda u subhorizontalnoj posloženosti plosnatih klasta. Rijetko se vidi imbrikacija valutica (slika 5.87 lijevo).



Slika 5.87: O-2 Is – fragmenti klastima potpornog konglomerata iz 2.m J-4

Mikroskopski opis: U izbruscima su valutice litoarenita, škriljavaca, karbonata, čerta. Vezivo je kvarc-sericitsko i pješčenjačko, mjestimično hematitizirano.

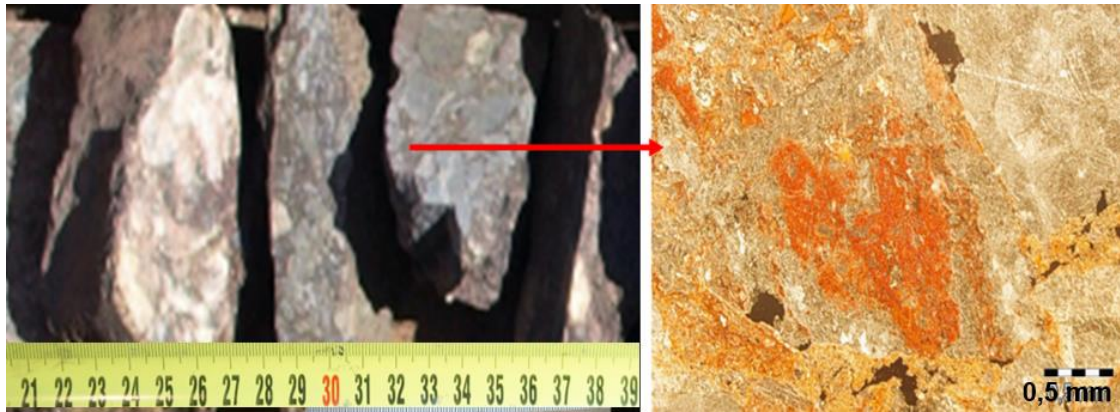
5.1.56. Vrbak-1 (Vrb-1)

Bušotina je prema podacima geološkog praćenja te petrografskim analizama (MESIĆ, 1981*) probušila formaciju Prečec na 2971 m te nabušila gnajs podine neogena na 3377 m gdje je i dosegla konačnu dubinu od 3960 m (slika 5.85). Gornjih 149 m Prečec formacije pripada marinskom badenu prema nalazima foraminifera (VLAHOVIĆ, 1981*), a ostatak naslaga su crveni kontinentalni klastiti.

3318-3319 m (J-8)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima duljine 5-6 cm (slika 5.88 lijevo). Čini ju **polimiktni konglomerat**, klast potporan, slabo sortiran, s poluzaobljenim do dobro zaobljenim valuticama duljine 0,5-8 cm u hematitiziranom pješčenjačkom vezivu.

Mikroskopski opis: U izbruscima se vide fragmenti vapnenaca, dolomita, mramora te rjeđe bazalta i dacita. Hematitizirani (slika 5.88 desno) pjeskoviti matriks je loše sortiran, čine ga kvarc, čestice karbonata, kvarcita i efuziva.



Slika 5.88: Vrb-1 fragmenti J-8 1. m i hematitizirani matriks konglomerata (reflektirano svjetlo)

3134-3136 m (J-7)

Makroskopski opis: Jezgra je dobivena u fragmentima duljine 2-12 cm. Čini ju **polimiktni konglomerat**, klast potporan, slabo sortiran, s poluzaobljenim valuticama duljine 0,5-1 cm, rjeđe i do 4 cm u pješčenjačkom vezivu.

Mikroskopski opis: U izbruscima se vide fragmenti škriljavaca, kvarcita, silita, bazalta u pješčenjačkom vezivu litoarenitnog tipa.

5.2. STRUKTURNA GRAĐA I AKTIVNI RASJEDI U EKSTENZIJSKOJ FAZI RAZVOJA ISTRAŽIVANOG PROSTORA DRAVSKE DEPRESIJE

5.2.1. Povezivanje rezultata sedimentoloških istraživanja s rezultatima interpretacije refleksijske seizmike

Uz rezultate sedimentoloških istraživanja, načinjena interpretacija refleksijskih seizmičkih profila poslužila je u svrhu dobivanja što preciznijeg uvida u trodimenzionalni prostorni raspored donjomiocenskih naslaga, što je omogućilo paleogeografske rekonstrukcije donjomiocenskih okoliša taloženja. Odredbe litofacijesa iz jezgrovanih intervala bušotina, opis krhotina iznošenih isplakom tijekom bušenja, petrografske analize izbrusaka iz jezgara i iz uzoraka iznešenih isplakom te karotažne krivulje GR, R i DEN korišteni su kako bi se načinili litološki stupovi bušotina (pogl. 5.1.). Nakon toga je načinjena korelacija bušotina, na način da su najprije označene diskordancije na karotažnim krivuljama, a potom su analizirane promjene u oblicima i otklonima pojedinih krivulja. Time se dobio uvid u debljinu i bočnu rasprostranjenost litoloških jedinica, no da bi se opisao razvoj pojedinih taložnih okoliša i

njihov prostorni raspored, bilo je potrebno povezati bušotinske podatke sa refleksijskom seizmikom. Stratigrafski horizont krovine donjomiocenskih naslaga (d) na karotažnim krivuljama najčešće se može prepoznati prema naglom otklonu krivulje GR udesno u odnosu njen položaj preostalom dijelu krovinskih naslaga i po istovremenom padu vrijednosti DEN i R (npr. slike 5.9, 5.25, 5.45, 5.61, 5.66, 5.72). Na seizmičkim profilima se površina d u rubnim prostorima bazena može prepoznati kao površina bočnog nalijeganja naslaga (*onlap* površina) (slika 5.92). Za postizanje što veće preciznosti u kartiranju, interpretirani su svaki uzdužni i svaki poprečni 3D seizmički profil, a budući da je njihova prosječna međusobna udaljenost 30-40 m, na taj način je dobivena gusta mreža kartiranih horizonata PN i d te su načinjene dubinske strukturne karte koje su korištene pri izradi paleogeografskih rekonstrukcija.

5.2.2. Interpretacija refleksijskih seizmičkih profila istraživanog prostora Dravske depresije

U ovom poglavlju su prikazani rezultati interpretacije 2D i 3D refleksijske seizmike u odabranom prostoru Dravske depresije. Interpretirani prostor je prekriven mrežom 2D profila snimljenih u razdoblju 1967–1997. godine te 3D seizmičkim volumenima snimljenim u periodu od 1997–2015. godine (slika 4.5). Kvaliteta postojećih 2D i 3D seizmičkih podataka je vrlo promjenjiva, od vrlo loše do izvrsne, ovisno o godini snimanja, ulaznim parametrima snimanja, konfiguraciji terena i nizu drugih uvjeta koji su utjecali na konačnu kvalitetu podataka, što za posljedicu ima i odraz na kvalitetu interpretacije strukturnih odnosa. Međusobne udaljenosti 2D trasa profila su od nekoliko stotina metara do nekoliko kilometara. Najlošija seizmička rezolucija uočava se čitavim JZ rubom istraživanog područja duž Dravskog rasjeda na granici s Bilogorom.

Temeljem strukturne analize 2D i 3D seizmike interpretiran je tektonski razvoj istraživanog prostora tijekom donjeg miocena. Karta debljina donjomiocenskih naslaga (slika 5.89), strukturna karta po podini neogenskih naslaga (PN) (prilog 1), strukturna karta po krovini donjomiocenskih naslaga (d) (prilog 2), jedan regionalni, uzdužni profil (prilog 3) i tri regionalna, poprečna profila (prilog 4) načinjeni su da bi se opisala dubinska strukturna građa istraživanog područja u Dravskoj depresiji te povezala s rezultatima sedimentoloških istraživanja. Položaj profila i izdvojene strukturne jedinice prikazani su na strukturnim kartama (prilozi 1 i 2).

Istraživani prostor u Dravskoj depresiji se prema strukturnim i sedimentološkim značajkama može podijeliti na zapadni i istočni dio: prvi je od zapadnoga ruba istraživanog

područja pa približno do bušotine Lč-1A1, a drugi je od te bušotine pa do istočnog ruba istraživanog područja (prilozi 1 i 2). Zapadni dio čine horstovi H1, H2 i H3 te grabe G1 i G2, a istočni polugraba G3. Osim što se razlikuju po dubinama zalijeganja horizonata PN i d i po debljinama starijih sin-riftnih, odnosno donjomiocenskih kopnenih naslaga, zapadni i istočni dio razlikuju se i po krovinskim naslagama. Na istočnom dijelu prostora u krovini donjomiocenskih kopnenih litofacijesa su interpretirane jezerske donjobadenske naslage (prilog 5), na koje konkordantno naliježu morske naslage srednjeg badena. U zapadnom dijelu prostora jezerske donjobadenske naslage posve izostaju, a na donjomiocenske kopnene naslage diskordantno naliježu srednjobadenske morske naslage. Na strukturnim kartama po podini neogenskih naslaga (PN) (prilog 1) i po krovini donjomiocenskih naslaga (d) (prilog 2) ističu se najpliće zone horizonata PN i d, koje se prostiru duž JZ ruba istraživanog područja koje je u podinskom krilu Dravskoga rasjeda te na suprotnom SI rubu istraživanog prostora Dravske depresije.

Na zapadnom dijelu istraženog prostora Dravske depresije se nekoliko uzdignutih struktura ocrta u obliku izrazitih strukturnih maksimuma na strukturim kartama po podini neogenskih naslaga (PN) (prilog 1) i po krovini donjomiocenskih naslaga (d) (prilog 2), koji se protežu središnjim i zapadnim dijelom istraživanog dijela Dravske depresije. Ti strukturni maksimumi su interpretirani kao horstovi omeđeni normalnim rasjedima s padom prema SI i JZ. Horstovi su označeni s H1, H2 i H3 (prilozi 1-4), a s obzirom na njihov prostorni raspored može se reći da čine zonu horstova od ležišta Move do ležišta Stari Gradac. Duljina ove zone s horstovima po pružanju je oko 40 km, sa širinom 4-4,5 km.

Glavni strukturni minimumi sadrže najveće debljine donjomiocenskih naslaga (slika 5.89) i ocrtavaju se na kartama po PN i d (prilozi 1 i 2). To su depocentri G1, G2, i G3 (prilog 1), pružanja su SZ-JI i interpretirani su kao tektonske grabe. Grabe G1 i G2 su duljine 40-ak km i širine oko 2,5 km (G1) te 8-9 km (G2). Oba depocentra postupno se produbljuju te stapaju u depocentar G3 koji dominira istočnim dijelom istraživanog prostora gdje su kod bušotina Orešac (slika 5.90 i prilozi 1, 2 i 4) i Bakić (prilozi 1 i 2) interpretirani paleovulkani. Oni se ocrtavaju na strukturnim kartama po PN i d (prilozi 1 i 2), dok je grubo ovalna forma na vršnom dijelu donjobadenskih jezerskih klinoforni interpretirana kao razoreni vulkanski krater, odnosno vulkan tipa *maar* (npr. BISHOF et al., 2019), (slika 5.91).

Duž SI rubnog dijela prostora interpretirani su normalni rasjedi pružanja SZ-JI s padom prema JZ i jedan reverzno invertirani normalni rasjed (R18). Na normalnim rasjedima R14, R15, R16, R17, R19, R20 i R21 je skok po podini neogenskih naslaga (PN) između 200 m (R15) i 400 m (R14 i R16) (prilozi 1 i 4), dok ostali rasjedi imaju znatno manji skok tj. između

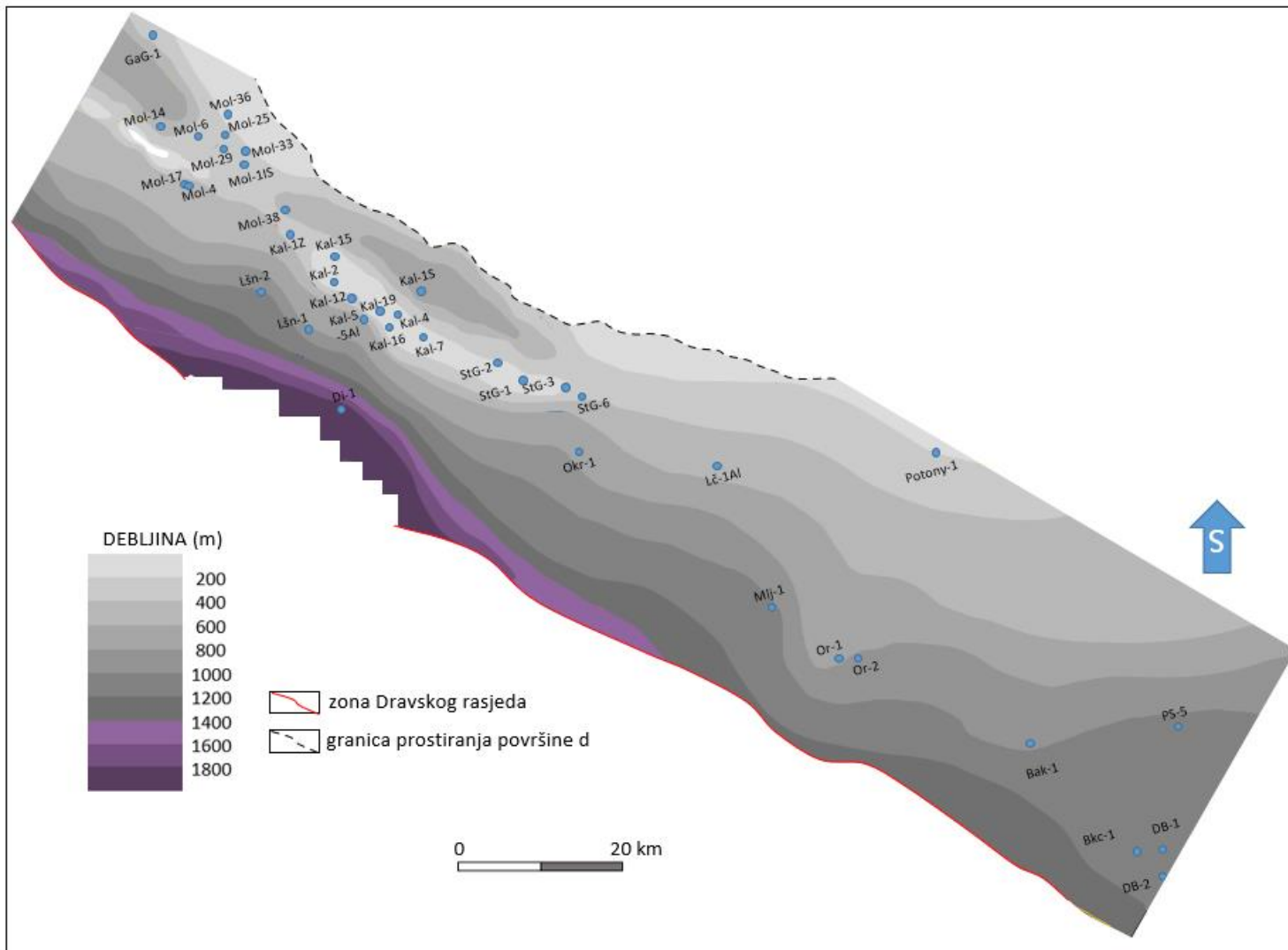
50 i 100 m. Po ovim rasjedima su skokovi po krovini donjomiocenskih naslaga (d) između 50 i 100 m (prilozi 2, 3 i 4).

Navedeni rasjedi omeđuju tektonsku grabu G1 sa SI strane, dok je na JZ strani omeđena normalnim rasjedima s padom prema SI. Rasjedima R10, R11, R12 i R13 podina neogenskih naslaga (PN) je spuštena od 700 m (R11), 600 m (R10), 200 m (R12) i manje od 100 m (R13) (prilozi 1 i 4). Vertikalni pomaci navedenih rasjeda po krovini donjomiocenskih naslaga (d) su između 50 i 100 m, osim rasjeda R10 s vertikalnim pomakom oko 300 m (prilozi 2 i 4).

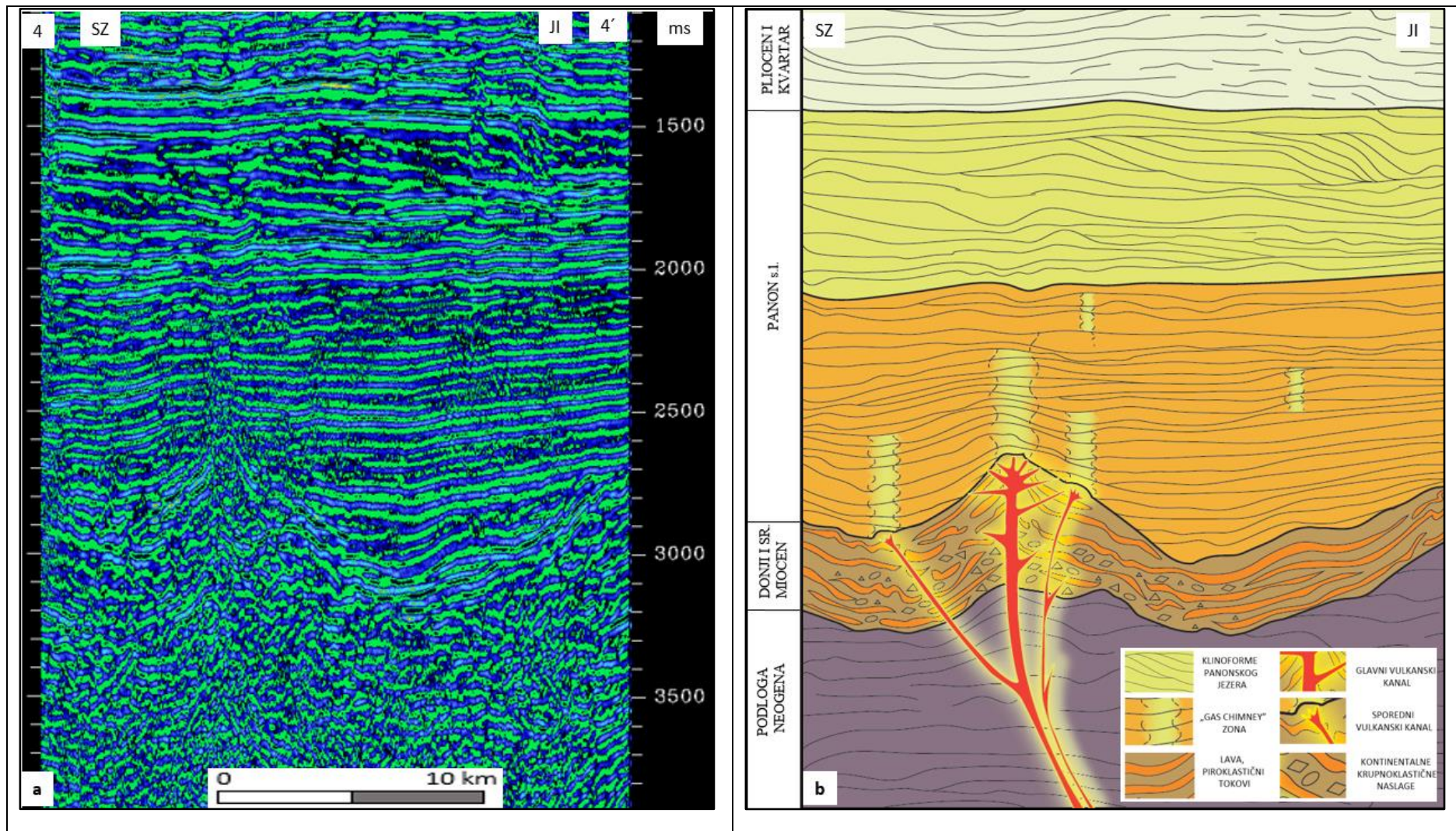
Graba G2 je mjestimično čak do 1000 m dublja od grabe G1 (prilozi 1, 2 i 4). Na SI je omeđena normalnim rasjedima s padom prema JZ i s vertikalnim pomakom po PN od oko 1400 m na rasjedu R7, oko 1000 m na rasjedu R8 te oko 150 m na rasjedu R9.

Na JZ strani graba G2 je omeđena normalnim rasjedom označenim s dva segmenta R1 i R1a (prilozi 1 i 2), koji odgovaraju SI i JZ segmentu Dravskog rasjeda (MATOŠ, 2014). Ovi segmenti zajedno čine glavni, rubni normalni rasjed s padom prema SI i s vertikalnim pomakom po PN od 1700 m do više od 2000 m na prostoru istraživanja. Osim R1 i R1a, interpretirani su i normalni rasjedi istog pružanja R2, R3, R4 i R5 i R9, kojima je PN spuštena za oko 400 m (R3), 100-200 m (R2 i R4), kao i za manje od 50 m (R5) (prilozi 2 i 4). Vertikalni pomaci po stratigrafskom horizontu d su između 50 i 100 m (po rasjedima R3, R4 i R5) do najviše 150 m (po rasjedu R2).

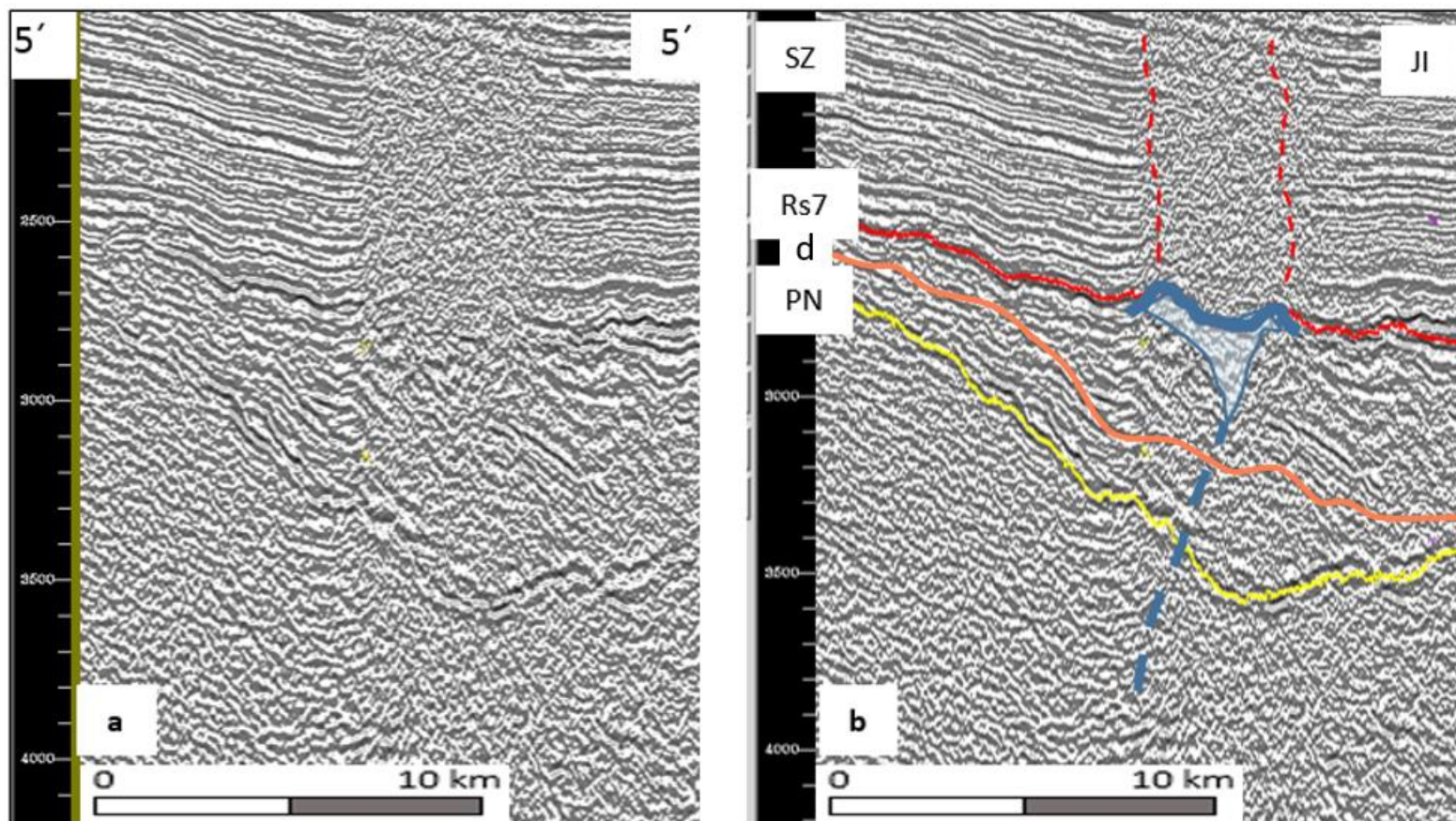
Depocentri G1 i G2 se u istočnom dijelu istraženog prostora Dravske depresije produbljuju i stapaju u depocentar G3 (prilozi 1, 2 i 3), kojega na JZ rubu ograničava Dravski rasjed, a na SI normalni rasjedi s padom prema JJI (rasjedi R19, R23, R24, R25, R27 i R28) te prema JZ (R26) kojima je PN spuštena za oko 50-150 m, a stratigrafska granica d za oko 50 m. Znatno manji vertikalni pomaci ovih rasjeda u odnosu na Dravski rasjed uvjetuju izrazitu asimetričnost ovog depocentra (prilozi 2 i 4), koji bi se prema tome mogao nazvati tektonskom polugrabom (prilozi 1, 2 i 4).



Slika 5.89: Karta debljina dojomiocenskih naslaga u istraženom prostoru Dravske depresije



Slika 5.90: Paleovulkan Orešac na neinterpretiranom (a) i interpretiranom seizmičkom profilu 4- 4'; položaj profila na prilogu 1 (preuzeto i prilagođeno prema BIGUNAC et al., 2019)

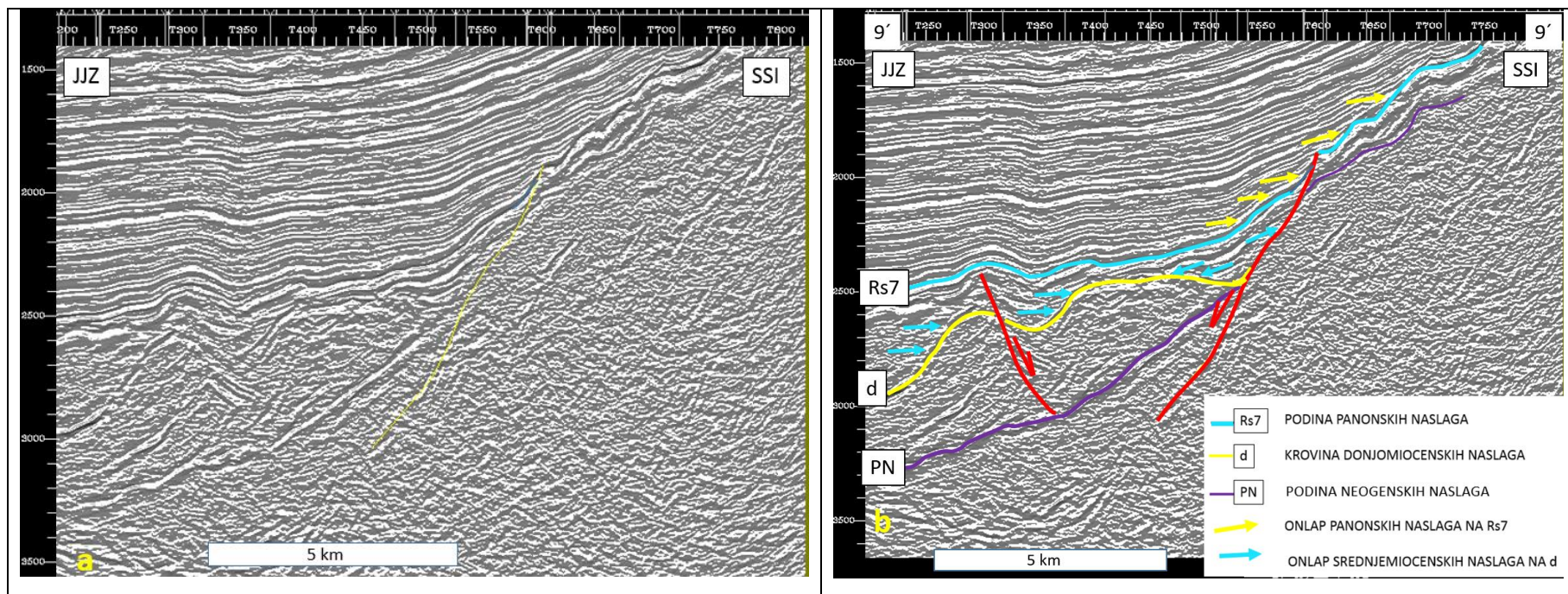


Slika 5.91: a) Neinterpretirani i b) interpretirani seizmički profil 5-5' s prikazom mogućeg razorenog kratera (označenog plavim), crtkano crvenim je označena "gas chimney" zona, crtkano plavim mogući pravac prodora magme i svijetloplavim dijatrema (položaj profila na prilogu 1; Rs7 je podina panonskih naslaga, d je krovina donjomiocenskih naslaga, a PN je podina neogena.

Prostorni raspored i oblik opisanih strukturnih jedinica uvjetovan je aktivnošću glavnih, rubnih normalnih rasjeda u čijim su spuštenim krilima proksimalno smještene izrazito debele serije donjomiocenskih i značajno tanjih srednjemiocenskih naslaga koje distalno klinasto stanjuju. Ti su rasjedi aktivni u ekstenzijskoj fazi otvaranja Dravske depresije kada je u kasnom ranom miocenu tj. otnangu započelo taloženje neogenskih naslaga (LUČIĆ et al., 2001; SAFTIĆ et al., 2003; PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018). Prve sintektonske naslage koje tada nastaju najvjerojatnije su formirane erozijom izdignutih blokova te kratkim transportom stijenskog detritusa prema depocentrima G1, G2 i G3 nastalima u spuštenim krilima rubnih normalnih rasjeda.

Pravac pružanja glavnih rasjeda je SZ-JI, s padom prema SI i JZ (prilozi 1, 2, 3 i 4). Raspored glavnog rubnog i intrabazenskih normalnih rasjeda (prilozi 1,2) istraženog prostora Dravske depresije upućuju na ortogonalni smjer maksimalne ekstenzije u odnosu na pružanje depresije.

Normalnim rasjedima omeđeni su horstovi H1, H2 i H3 te grabe G1, G2 i G3 koje su istovremeno predstavljale glavne depocentre za vrijeme ranog i srednjeg miocena (prilozi 1, 2, 3 i 4). Većina interpretiranih rasjeda su normalni i planarni, pružanja SZ-JI, osim rasjeda R27 na krajnjem SI dijelu istraživanih prostora (prilozi 1 i 2 te slika 5.93), koji je interpretiran kao listrički, normalni rasjed.



Slika 5.92: Neinterpretirani (a) i interpretirani seizmički profil 9-9' preko "roll-over" antiklinale u krovinskom krilu listričkog rasjeda na SI rubu istraženog prostora Dravske depresije; položaj profila na prilogu 2)

Grabe G1 i G2 su odvojene horstovima H1, H2 i H3 prikazanim na poprečnim profilima AA' i BB' (prilog 4) i uzdužnim profilom DD' (prilog 3). Na uzdužnom profilu DD' vidljivi su presjeci rasjeda R11 na SZ dijelu istraživnog prostora te zakrivljene plohe rasjeda R10 u središnjem dijelu profila (prilog 3). Na uzdužnom profilu DD' uočljivo je značajno zadebljanje donjo i srednjomiocenskih naslaga u smjeru JI, odnosno prema depocentru G3. Horizont d (prilog 2) spušta se dublje od 4000 m, a horizont PN ispod 6000 m. Na poprečnom profilu CC' se na JZ dijelu vidi strukturno uzdignuće koje predstavlja presjek padine paleovulkana Orešac.

Seizmička interpretacija načinjena je kako bi se opisana dubinska strukturna građa povezala sa rezultatima sedimentoloških istraživanja te načinile paleogeografske rekonstrukcije.

6. DISKUSIJA

6.1. ANALIZA LITOFACIJESA

U ovom poglavlju je prikazana analiza litofacijesa iz jezgara koja je uslijedila nakon makroskopskog opisa, uz korištenje petroloških analiza. Najvažniju ulogu u sedimentološkim istraživanjima kontinentalnih okoliša taloženja ima interpretacija teksturno – strukturnih obilježja litofacijesa kojima se mogu protumačiti uvjeti te okoliši taloženja (TIŠLJAR, 2006*).

Pri analizi litofacijesa najčešće se koriste kodne oznake litofacijesa (npr. MIALI, 1996, 2000) kod kojih se velikim slovom označava veličina zrna ili tip taloga (npr. G-gravel, S-sand), a malim slovom se označavaju glavne teksturno-strukturne značajke. Litofacijesnom analizom jezgara bušotina u odabranim prostorima Dravske, Slavonsko-srijemske i Savske depresije na taj način je izdvojeno ukupno 12 litofacijesa, od čega je 9 klastičnih.

6.1.1. Litofacijes klast potpornih breča (Bc)

U podini ovih breča su stijene podine neogena, kataklastične breče u zoni normalnih rasjeda (Mol-29) ili naslage salina jezera (GaG-1, Or-2). Breče su masivne, loše sortirane, klast potporne, s uglatim, rjeđe poluzaobljenim klastima i varijabilnim udjelom matriksa. Klasti breče su duljine od 1-6 cm, ponegdje i preko 10 cm. Najčešće su polimiktne (Mol-33, Mol-4, Mol-25, Lšn-1, Kal-2, Kal-15, Kal-4, PS-5, Ja-2, Ran-1, O-2Is, OkD-2, Vz-5, Oke-1 Al), a rjeđe su monomiktne (GaG-1, Mol-33, Mol-17, Mol-14, Or-1, Or-2) i tada sadrže klaste mikro i kriptokristalastih dolomita s horizontalnom laminacijom. Klasti polimiktne breče se sastoje od škriljavaca, dolomita, kvarcita, grauvaknih pješčenjaka, pjeskovitih siltita, tufova i efuziva. U jezgrama bušotina Slavonsko-srijemske depresije su još i klasti granita, a u jezgrama Savske depresije mezozojski vapnenci. Vezivo je često hematitizirano, može biti pješčenjačko (Mol-33) ili sitnozrnasto dolomitno i glinovito siltozno (Mol-29). U zapadnom dijelu istraživanog prostora Dravske depresije kao proslojci unutar breča pojavljuju se izmijenjeni tufovi (Mol-29, Mol-4, Mol-14).

Tumačenje: masivna tekstura, loša sortiranost klasta varijabilnih duljina, njihova uglatost, klastna potpora te česta hematitiziranost veziva svrstavaju ovu breču u siparište. Ovakve naslage mogu nastati subaerskim trošenjem i snažnom erozijom na strmom reljefu

prilikom rasjedanja pri čemu se krupnozrnasti detritus taloži u podnožju padina nakon naglog prijenosa suhim zrnskim tokom (TIŠLJAR, 2006*).

6.1.2. Litofacijes matriks potpornih breča (Bmm)

U podini ovih breča su stijene podine neogena, kataklastične breče, a polimiktne klast i matriks potporni konglomerati javljaju se u podinskim i u krovinskim naslagama. Breče su masivne, matriks potporne, slabo sortirane, s uglatim do poluuglatim klastima duljine 1-6 cm (Mol-4, Lšn-1, Kal-5, Ja-1, Ja-2, Ran-1), a ponegdje do 8 cm (Mlj-1). Klase breče čine efuzivi, tufovi, metamorfiti, karbonatne stijene i pješčenjaci. Klase okružuje pješčenjačko-karbonatno-glinovito vezivo, često hematizirano.

Tumačenje: uglatost klasta upućuje na kratki transport tj. blizinu izvorišnog područja. Masivna tekstura, potpora matriksa, slaba sortiranost koja se ogleda u širokom rasponu duljina klasta slično kao i kod litofacijesa Gmm, svrstavaju ove naslage u debrite, vjerojatno gornjih i srednjih dijelova aluvijalnih lepeza (NEMEC & STEEL, 1984). Debriti s visokim sadržajem klasta, kao u fragmentima jezgara Mol-4 i Kal-5, mogu nastati kada posmično naprezanje padne ispod vrijednosti čvrstoće popuštanja (engl. yield strength) materijala nošenog tokovima drobine gdje je detritus podržan kohezivnim matriksom, pri čemu dolazi do "smrzavanja" toka, odnosno taloženja čitave mase odjednom (TUCKER, 2008).

6.1.3. Litofacijes matriks potpornih konglomerata (Gmm)

U jezgrama podinskih i krovinskih naslaga ovog litofacijesa najčešće su klast potporni konglomerati i pješčenjaci, a ponekad su u zajednici s muljnjacima do silitima i pješčenjacima (Ant-1, Pa-1). Konglomerati su masivni, polimiktne, matriks potporni, loše sortirani, sastavljeni većinom od poluzaobljenih do mjestimično poluuglatih valutica (Ot-1, StG-3, Kal-7, Kal-1S, Kal-12, Di-1, Mol-38, Mlj-1, DB-1). Udio matriksa je varijabilan u jezgrovanim intervalima, tako da su prisutni konglomerati s većim udjelom klasta, kao i oni s manjim udjelom klasta i većim udjelom matriksa (*mudflows*). Prevladavajuće duljine valutica su 0,2-7 cm, mjestimice ih ima duljine do 10 cm (Mol-38) ili čak 20 cm (StG-3). Petrografski sastav valutica čine škriljavci, pješčenjaci, karbonati, kvarcit, efuzivi, tuf. Vezivo je pješčenjačko i glinovito-sericitno, hematizirano.

Tumačenje: masivna tekstura, potpora matriksa, slaba sortiranost i zaobljenost valutica, izostanak erozijskih granica i imbrikacije ukazuju na nastanak ovih naslaga iz tokova drobine (engl. debris flow) laminarnim gravitacijskim tečenjem (MIDDLETON & HAMPTON, 1976). Ovako nastali konglomerati najčešći su u gornjim i srednjim djelovima aluvijalnih lepeza (NEMEC & STEEL, 1984). Kada su u zajednici s muljnjacima do siltitima, tada pripadaju distalnim djelovima tj. poplavnim ravnicama (SMITH, 1970), gdje se sitnozrnaste naslage mogu istaložiti nakon poplava i povodanja.

6.1.4. Litofacijes klast potpornih konglomerata (Gc)

Konglomerati ovog litofacijesa u jezgrovanim intervalima svih triju depresija najčešće su u zajednici s 5-7 cm, rjeđe oko 20 cm, debelim hematitiziranim pješčenjacima litofacijesa Sh i Sm (Di-1, Kal-1S, Kal-9, Kal-7, StG-1, StG-2, StG-3, StG-6, PS-5, Or-2, Ant-1, Ja-1, Pa-1, Ot-1, O-23, Ok-1D, No-1, No-2, Žu-249 Du). Polimiktne su, srednje do slabo sortirane, klast potporni, rijetko klast do matriks potporni, sa zaobljenim do poluzaobljenim valuticama raspona dimenzija od granula (2-4 mm) do vrlo krupnih valutica (32-64 mm), a rjeđe krupnih oblutaka, tj. 15-20 cm. Najčešće su amalgamirani i slojne plohe nisu izražene. Ponegdje se vidi slabo izražena vodoravna slojevitost zbog centimetarske izmjene granulastog i sitno valutičastog konglomerata, a rijetko erozijski kontakt konglomerata i pješčenjaka (Kal-1S, Kal-19, Kal-7, StG-6, Ant-1) te imbrikacija (O-2 Is). Mjestimično se u jezgrama vidi smanjenje veličine zrna u rasponu od krupnih valutica do granula. Ponegdje se vidi gradacijski prijelaz prema krovinskim pješčenjacima. Raznoliki petrografski sastav valutica čine: škriljavci, kvarciti, efuzivi, pješčenjaci, piroklastiti te karbonati. Vezivo je pješčenjačko, srednje do krupnozrnasto, najčešće hematitizirano.

Tumačenje: dobra zaobljenost valutica, mjestimična pojava imbrikacije i erozijskih granica te prevladavanje konglomerata, većinom klast potpornih, masivnih ili grubo horizontalno do niskokutno uslojenih upućuje na naslage prudova i kanala prepletenih rijeka (SMITH, 1970). Horizontalna slojevitost uzrokovana je uglavnom vertikalnim promjenama u veličini zrna, sortiranjem klasta ili količinom matriksa. Ponegdje nema očite promjene veličine zrna, a kada je prisutna, ciklusi positnjavanja navise mogu biti protumačeni izgradnjom i lateralnom migracijom prudova u uvjetima slabljenja struje pri čemu pješčenjaci grade naslage prudnih pokrova (STEEL & THOMPSON, 1983). Budući da su u proučavanim jezgrama konglomerati u zajednici s tankim proslojcima pješčenjaka približno u omjeru 90:10, to se može

dovesti u vezu s gradijentom padine, jer je udio pješčenjaka to veći što je gradijent padine manji (STEEL & THOMPSON, 1983; BLAIR et al., 1991).

6.1.5. Litofacijes masivnih klast potpornih konglomerata (Gmc) sa slatkovodnim mikrofosilima

Ove naslage nabušila je bušotina Lč-1 Al. To su polimiktne, loše sortirane, klast potporni konglomerati sa zaobljenim do poluzaobljenim, rjeđe poluuglatim valuticama duljine 0,3-7 cm u pješčenjačkom vezivu. Konglomerati su masivni, a samo u 10-cm srednjem dijelu fragmenata niže jezgre vidi se slabo izražena kosa slojevitost. U vršnom dijelu više jezgre vidi se postupno smanjivanje veličine zrna u rasponu od krupnih valutica do granula. U petrografskom sastavu valutica su: gnajs, kvarcit, kvarc-tinjčasti i albitski škrljavac, dolomit, izmijenjeni efuziv i tuf. Vezivo se sastoji od kvarca, feldspata, tinjaca i kvarcita,

Tumačenje: u palinološkim uzorcima iz veziva prevladavaju potpuno oksidirani lignohuminski klasti. Liptinitne komponente je jako malo i sastoji se od ostataka zelene alge *Botryococcus braunii* i inaperturatne peludi *Taxodiaceapollenites* sp. te prema tome uzorci pripadaju vodenom okolišu, dok veliki, smeđi, strukturirani lignohuminski klasti upućuju na proksimalni okoliš, moguće s većom energijom vode. Prema obilježjima palinofacijesa moguće je da ove stijene pripadaju donjem badenu (KRIZMANIĆ, 2006*). Navedena litofacijesna i paleoekološka obilježja smještaju ove naslage u prostor čela krupnozrnaste jezerske Gilbertove delte. Tu se talože kada tok sedimenta nošenog brzim strujama usporava i ekspandira prelaskom obalne linije taložeći krupnozrnaste naslage. To su najčešće klast potporni konglomerati s bolje ili lošije razvijenom normalnom gradacijom te slojevima nagnutim najviše do 22° u smjeru bazena (NEMEC & STEEL, 1984). U prilog tom zaključku ide i geometrija naslaga proizašla iz seizmičke interpretacije, odnosno položaj ovih naslaga u vršnom dijelu progradirajućih kliniformi.

6.1.6. Litofacijes laminiranih pješčenjaka (Sl)

Utvrđeni su u dijelu jezgrovanih intervala Dravske i Slavonsko-srijemske depresije. Najčešće su u zajednici s klast potpornim konglomeratima, a rjeđe s Fm. Prividne su debljine u jezgrovanim intervalima 5-50 cm. Prema veličini zrna ovi pješčenjaci su krupnozrnasti do sitnozrnasti, a mjestimično su konglomeratični (Kal-7, StG-2, Ant-1). Kontakt s

konglomeratima u krovini je erozijski (Kal-1S, Kal-7, StG-6). Rijetko su koso uslojeni (StG-1). Čine cikluse positnjavanja zrna prema gore, i to od krupnozrnastog do sitnozrnastog pješčenjaka s horizontalnom laminacijom (Di-1, Kal-1Z, Kal-7, Okr-1), rijetko s kosom laminacijom (Ant-1). Upečatljivo im je obilježje tamno crvena boja uzrokovana hematitizacijom, a rjeđe su sive boje. Većinom su loše do srednje sortirani, a rijetko su dobro sortirani. Pripadaju litoarenitima (OkD-2) i grauvakama (OkD-1, Žu-249 D), ponegdje tufitičnim grauvakama (PS-5). U sastavu ovih pješčenjaka su kvarc, čestice stijena, feldspati, muskovit, biotit, a lamine sadrže paralelno orjentirane tinjce. Vezivo je glinovito-sericitno, hematitizirano.

Tumačenje: laminirani pješčenjaci mogu nastati vučnim mehanizmima u višem režimu toka prepletenih rijeka (npr. REINECK & SING, 1973 ; MIALI, 1996). U izgradnji prudova s konglomeratima u podini čine vršne djelove ciklusa positnjavanja zrna naviše. Talože se tijekom pada vodostaja nakon plošnih poplava stvarajući prudni pokrov (MIALI, 1996). Drugo tumačenje je da opisani pješčenjaci pripadaju naslagama aluvijalnih lepeza, jer se i kod njih mogu pojavljivati ovakve zajednice litofacijesa, i to u donjim djelovima aluvijalnih lepeza kao rezultat taloženja iz plitkih tokova velike površine, odnosno plošnih poplava (NEMEC & STEEL, 1984; BLAIR & McPHERSON, 2009).

6.1.7. Litofacijes masivnih pješčenjaka (Sm)

Najčešće su u zajednici s klast potpornim konglomeratima (Or-2, Ja-2, O-23). Prividna debljina im je u jezrovanim intervalima 5-10 cm, a kontakt s konglomeratom u krovini je mjestimice erozijski. Najčešće su potpuno hematitizirani, a rjeđe je hematitizacija neravnomjerna i mrljasta (Mol-36, Pa-1), pri čemu su prijelazi od sivkastog prema crvenom pješčenjaku nepravilni. Krupnozrnasti su, rijetko sitnozrnasti (Mlj-1), a često konglomeratični (Pa-1, OkD-1, No-1, No-2, O-23). Svrstani su u litoarenite (Kal-7, Mlj-1, Ant-1) i litične grauvake (StG-3). Mjestimično su bioturbirani (Ant-1). Sadrže kvarc, čestice stijena i feldspate, a vezivo je glinovito-sericitno, hematitizirano.

Tumačenje: pojavljivanje ovih pješčenjaka u zajednici s klast potpornim konglomeratima nastalim vučnim mehanizmima te najčešće crvena boja naslaga uzrokovana hematitizacijom, smještaju ove pješčenjake, slično kao i kod litofacijesa Sl, u naslage prepletene rijeke (npr. MIALI, 2000). Veličina sačuvanih fragmenata jezgara ponekad nije dovoljna da bi se nedvojbeno opisale teksture pa je moguće i drugačije tumačenje, primjerice da ove taložine pripadaju naslagama aluvijalnih lepeza, budući da se i kod njih javljaju ovakve

zajednice litofacijesa kod kanala koji se zrakasto šire od proksimalnih do distalnih prostora lepeza, okomito na glavnu riftnu os.

6.1.8. Litofacijes masivnih hematitiziranih muljnjaka do silita (Fm)

Prema podjeli siliciklastičnih naslaga na temelju udjela čestica glina, silta i pijeska, jezgrovani intervali nekoliko bušotina pripadali bi muljnjacima do silitima masivne teksture. Najčešće su potpuno ili mrljasto hematitizirani. Proslojeni su s matriks potpornim konglomeratima (Ant-1, DB-1) te horizontalno laminiranim pješčenjacima (Ant-1, Kal-1Z). Debljine su 20 cm do više od 3,5 m. Sadrže nodule veličine 2-6 cm koje mogu biti ispunjene dolomitnim kristalima (Ant-1). U petrografskim preparatima su zrna kvarca, odlomaka stijena te listića muskovita u hematitiziranom kvarc-sericitnom vezivu (DB-1).

Tumačenje: Navedene sitnozrnaste naslage predstavljaju taložine prostora između riječnih korita (TIŠLJAR, 1994), mogu nastati taloženjem iz suspenzije u mirnom okolišu, primjerice u okolišu poplavne ravnice ili u napuštenim riječnim kanalima (MIALL, 1996). Slične naslage na Požeškoj gori, ranije pripisivane naslagama poplavne ravnice, autori pripisuju eolskim taloženjima temeljem detaljnih petrografskih, granulometrijskih i palinoloških analiza (PAVELIĆ et al., 2016). Kod ovakvih je naslaga uobičajeno svojstvo generalni nedostatak šljunka, uglavnom su neuslojeni, osim proksimalno u distribucijskom kanalu, mogu biti crvenkasti ukazujući na oksidativne uvjete. S povećanjem udaljenosti od kanala, sedimenti su sve sitnozrnastiji, pa su siltovi taloženi distalno, gdje su sedimenti slabije drenirani pa mogu biti mrljasto obojeni (GUCCIONE, 1993).

Masivna tekstura može biti rezultat taložnih mehanizama, primjerice kod vodenih tokova bogatim sedimentom koji imaju veliku viskoznost, što je obilježje muljnih i detritnih tokova. Isto tako, pelitne naslage mogu postati masivne pedogenetskim procesima i bioturbacijom (TUCKER, 2008). Karbonatne konkrecije u oksidiziranim okolišima poplavnih ravnica sugeriraju suhu do polusušu klimu (npr. RETALLACK, 1986). Kada su im u krovini Gc i Sl, to može ukazivati na postojanje takvih morfoloških obilježja koja su omogućavala slobodnu bočnu migraciju kanala i premještanje riječnog toka preko naslaga poplavne ravnice. Pojavljivanje ovih naslaga u izmjeni s Gmm, bez erozionih baza, može ukazivati na povremene tokove debrita u distalnim dijelovima aluvijalnih lepeza. Siliti mogu biti taloženi na lokalno razvijenim poplavnim ravnica između aluvijalnih lepeza (SMITH, 1970).

Uz hematitizaciju, pojava nodula ili konkrecija često je obilježje pelitnih naslaga poplavnih ravnica u uvjetima polusušne klime. Nodule mogu biti više ili manje pravilnog

okruglog ili ovalnog oblika. Nastaju za vrijeme rane dijageneze ispod granice sediment – voda, ali i nakon kompakcije, tijekom dijageneze na većim dubinama. Sadrže različite minerale (kalcit, dolomit, fosfate, rožnjak i dr.) zajedno s nešto primarnog sedimenta. Njihov rast unutar sedimenta uzrokovan je izlučivanjem cementa iz pornih voda, o čijim svojstvima ovisi i mineralni sastav nodula (TUCKER, 2008).

6.1.9. Litofacijes laminiranih lapora (F)

Lapori su tamno sivi do crni, sa svjetlijim laminama sastavljenim od mikrokristalastog kalcita i tamnijim laminama sastavljenim od minerala glina, oksida i hidroksida željeza te malo organske tvari. Mjestimično sadrže nepravilne nakupine pirita, detritična zrna kvarca, trošne feldspate te listiće sericita orjentirane paralelno s laminacijom. Ponegdje su rijetki proslojci u andezit-bazaltima (Or-1, Or-2). Debljine su 20-30 m. U većini jezgara mikrofosili nisu utvrđeni. Rijetki ostrakodi utvrđeni su samo u uzorcima iz isplake iz najplićih lapora bušotine Or-2 (VLAHOVIĆ, 1983*).

Tumačenje: lapori su istaloženi iz suspenzije u mirnom okolišu vjerojatno dubljeg, središnjeg dijela jezera na što upućuje njihova laminiranost. Tamni su, nerijetko gotovo crni, što je obilježje anoksičnih uvjeta taloženja. Blizina vulkana u istočnom dijelu istraživanog prostora Dravske depresije ogleda se u mjestimičnoj izmjeni lapora s andezit-bazaltima.

6.1.10. Litofacijes laminiranih dolomita, anhidrita i pelita (D)

Stijene ovog litofacijesa utvrđene su samo u jezgrovanim intervalima sjeverozapadnog te istočnog dijela istraživanog prostora Dravske depresije. Sastoje se od milimetarskih lamina i rjeđe centimetarskih proslojaka tamno sivog dolomita, svjetlosivog anhidrita (GaG-1) i glinovitih lamina (Mol-25, Or-2). Proslojci i lamine mjestimično su povijeni i deformirani. Česte su ovalne i elipsaste nodule koje mogu biti duljine 1-4 cm (GaG-1, Mol-25, Or-2) te brojne žilice i pukotinice. Dolomit je ranodijagenetski, kriptokristalaste građe. Osnovna dolomikritna masa mjestimično je potisnuta anhidritom u obliku gnijezda i nodula. Rijetko se vidi pseudomorfoza gipsa po anhidritu. Glinovite lamine su ilit-sericitnog mineralnog sastava. Osim ranodijagenetskog, ponegdje je prisutan i sekundarni zrnasti kasnodijagenetski dolomit koji ispunjava nodule i pukotine (GaG-1). Osim dolomitom, nodule su zapunjene anhidritom i

gipsom (Or-2). Opisane stijene nalaze se i kao valutice u konglomeratima (Mol-4, Mol-38, Kal-12, Or-1, Or-2, PS-5).

Palinološkim analizama u ovim su naslagama utvrđeni malobrojni primjerci dinocisti, bisakalnog peluda i zelenih algi, a većina palinomorfi je degradirana i teško raspoznatljiva. U palinofacijesu su prisutni brojni ostaci višeg bilja kao što su veliki i oksidirani klasti lignohumina što ukazuje na terestrički utjecaj, rijetke sporomorfe i mehanički oštećene ciste dinoflagelata te poneki primjerak zelene alge *Botryococcus braunii* koja je inače česta u slatkovodnim i brakičnim sredinama Paratethysa. Utvrđene su spore: *Leiotriletes wolffi* KRUTZSCH ssp. *wolffi*, *Laevigatosporites gracilis* WILSON & WEBSTER i *Laevigatosporites haardti* (PFLUG & THOMSON), pelud *Myricipites rurensis* (PFLUG & THOMSON) NAGY, *Caryapollenites simplex* (POTONIE) RAATZ te *Batiacasphaera sphaerica* STOVER. Ukupna obilježja palinofacijesa ukazuju na miocensku starost ovih naslaga (KRIZMANIĆ, 2006*).

Tumačenje: opisane stijene česte su u depresijama prostora sa suhom i polusuhom klimom gdje se nakupljanjem vode tijekom kišnih razdoblja stvaraju kratkotrajna jezera te ponavljanim isušivanjem nastaju slojevi evaporita, dok klastite unose povodnji, poplave i vjetar. Laminacija se tumači sezonskim promjenama kemizma vode i temperature, a lamine mogu biti ravne ili poremećene, odnosno savijene (TUCKER, 2008). Pedogenezom nastaju nodule zapunjene anhidritom, gipsom i dolomitom. Suša klima pogoduje razvoju evaporitnih nodula u karbonatima te dominantno dolomitnih stijena (ALONSO-ZARZA & WRIGHT, 2010).

6.1.11. Piroklastične stijene

Kisele piroklastične stijene i to tufovi, lapili, aglomerati, piroklastične breče i sedimenti piroklastičnih tokova su utvrđeni u jezgrovanim intervalima Dravske depresije u značajnim debljinama, dok su u istraženim bušotinama Slavonsko-srijemske rjeđi, a posve izostaju u istraženim bušotinama Savske depresije.

Tumačenje: na zapadnom dijelu Dravske depresije, odnosno na svim bušotinama Molve, zatim na Kal-1Z, Kal-15, Kal-2, Kal-12, Kal-5Al, Lšn-2, Lšn-1, Okr-1 te Or-2 čine slojeve debljina 1-50 m unutar krupnoklastičnih naslaga aluvijalnih lepeza, koji se izrazito ocrtavaju i na karotažnim krivuljama, pa se tako visokim vrijednostima GR i niskim vrijednostima DEN izdvajaju od breča i konglomerata. Na SI dijelu Dravske depresije su mjestimično debeli i više od 200 m (Bak-1).

Sediment piroklastičnog toka debljine 90 m izbušen bušotinom Potony-1, koji je istaložen na hematiziranim aluvijalnim naslagama (slika 5.63), opisan je kao devitrificirani vitroklastični tuf – ignimbrit (BIGUNAC et.al., 2012). Istraživanjima u Ini pripisana mu je badenska starost, dok je istraživanjima u Molu određen kao karpatski piroklastit formacije Tar. Radiometrijskim datiranjem tufa formacije Tar u donjomiocenskim jezerskim naslagama Mecseka, dobivena je starost od $16,82 \pm 0,65$ Ma, odnosno karpat (SEBE et al., 2019). Piroklastiti koji se nalaze kao proslojci unutar aluvijalnih naslaga Kalnika, datirani su na 18 mil. god., što odgovara otnangu (MANDIĆ et al., 2012).

6.1.12. Efuzivne stijene

Na zapadnom dijelu Dravske depresije efuzivne stijene izbušene su samo bušotinom GaG-1, gdje je jezgrovan trahandezit. U izbruscima se vidi trahitska tekstura. Fenokristali feldspata su uklopljeni u matriks izgrađen od izmijenjenog stakla i subparalelno poredanih mikrolita plagioklasa. Mjestimično se vidi hematizacija.

Tumačenje: na istočnom su dijelu izbušene debele serije bazalt-andezita i to bušotinama Bak-1 oko 900 m, Or-1 i Or-2 400-500 m, PS-5 450 m, Or-3 više od 200 m te Mlj-1 više od 100 m. Struktura bazalt-andezita je porfirna, a tekstura je mandulasta. U izbruscima su fenokristali plagioklasa duljine do 1 cm, pojedini su izražene zonalne građe. U vezivu su isprepleteni štapići plagioklasa između kojih je devitrificirano vulkansko staklo. U izbruscima se vide mandule ispunjene kloritom, kvarcom, karbonatom te analcimom. Mjestimično se pojavljuje (slika 5.64) smeđe devitrificirano vulkansko staklo (palagonit?), nastalo moguće posljedicom izljeva lave u vodenu sredinu.

6.2 . TALOŽNI OKOLIŠI

U ovom poglavlju su opisani kontinentalni taložni okoliši (prilozi 5 i 6), za čiju su rekonstrukciju korišteni interpretirani litofacijesi i rezultati seizmičke interpretacije prethodno izloženi. Kontinentalnim taložnim okolišima pripadaju svi kopneni i vodeni okoliši na kopnu, gdje morska voda nema nikakav utjecaj (TIŠLJAR, 1994). Prema klasifikaciji okoliša taloženja (SELLEY, 1998.), kontinentalni vodeni okoliši se dijele na riječne, močvarne i jezerske, a riječni dalje na aluvijalne lepeze, okoliše meandrirajućih, anastomatoznih i prepletenih rijeka te okoliše između riječnih korita.

U donjomiocenskim naslagama istraženima ovim radom ističe se jedno od čestih i vrlo upečatljivih obilježja subaerski istaloženih klastita, kao što su naslage aluvijalnih lepeza, rijeka i poplavnih ravnica, a to je crvena boja uzrokovana hematitizacijom. To je dijagenetski proces koji pripada pripovršinskim procesima. Hematit, uglavnom amorfnu ili od kristala mikronskih veličina, tvori tanke ovojnice oko zrna dajući crvenu boju infiltriranim ili autigenim mineralna glina, feldspata te unutar ploha kalavosti biotita, a pri tome vrlo mala količina željeza od samo 0,1 % može biti dostatna da bi sediment poprimio jarkocrvenu boju (TUCKER, 2008). Hematit nastaje zbog raspadanja nestabilnih feromagnezijskih minerala u prostorima gdje se izmjenjuju periodi isušivanja i povremenog vlaženja, najčešće u kopnenim klastitima izloženim subaerskim uvjetima (WALKER et al., 1978). Oksidacijska zona proteže se do razine temeljne vode u vadoznoj zoni u područjima sa strmim reljefom i toplom klimom (TIŠLJAR, 1994). Oksidacijom se mijenja primarna boja stijene, poroznost, volumen te mineralni sastav. Kako su kisikom obogaćene samo oborinske vode, u dubljim slojevima vode gube kisik, zasićuju se otopljenim ionima te gube oksidacijsko djelovanje. Granica oksidacijske zone jest razina stagnirajuće podzemne vode koja gotovo i ne sadrži slobodni kisik te prema tome nema oksidacijsko djelovanje. Prema teorijama o isključivo dijagenetskim procesima željezo potječe od unutar-slojnog otapanja detritičnih silikata (hornblenda, augit, olivin, klorit, biotit, magnetit) te se u oksidativnom okolišu naknadno izlučuje kao hematit ili kao hidratizirani željezni oksid koji starenjem prelazi u hematit za vrijeme reda veličina milijun godina (TUCKER, 2008).

6.2.1. Aluvijalne lepeze

Glavni litofacijesi aluvijalnih lepeza mogu se generalno razdvojiti u konglomeratične, pješčenjačke i sitnozrnaste (MIALL, 1996; 2000). Neki od tih litofacijesa se mogu prepoznati u proučavanim jezgrovanim bušotinskim intervalima. To su: litofacijesi klastima potpornih

breča (Bc), litofacijes matriksom potpornih breča (Bmm), litofacijes matriksom potpornih konglomerata (Gmm) te litofacijes masivnih hematiziranih muljnjaka do silita (Fm).

Aluvijalne lepeze predstavljaju subaerske geomorfološke oblike koji nastaju u područjima visokog reljefa na izlazu iz uskih kanjona gdje se taloži klastični materijal u obliku plosnatih lepeza (npr. HEWARD, 1978, BLAIR & McPHERSON, 1994). Postaknom se vežu za povremene vodene tokove, za razliku od riječnih megalepeza koje nastaju djelovanjem trajnih rječnih tokova (VENTRA & CLARKE, 2018) koji agradiraju znatno veće volumene klastičnog sedimenta na udaljenost do par stotina km, dok se aluvijalne lepeze najčešće razvijaju na relativno kratkim radijalnim udaljenostima reda veličine od nekoliko stotina m do nekoliko km (MOSCIARELLO, 2017).

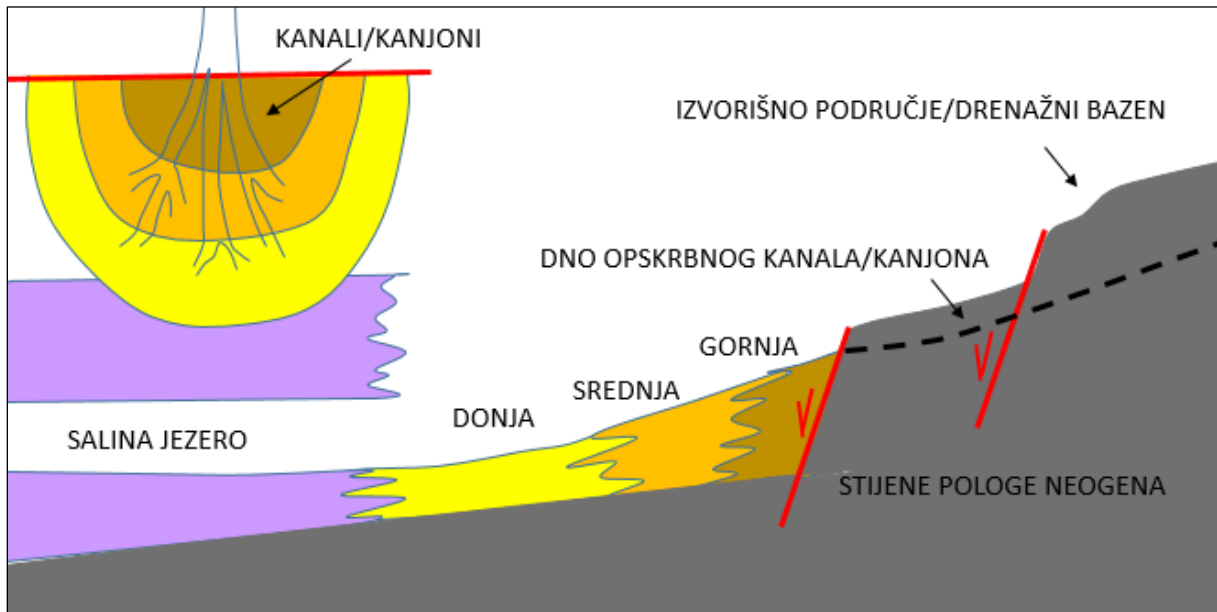
Dijele se prema nagibu padine, veličini i udjelu kanaliziranih tokova te razvijenosti vegetacije na: lepeze u čijoj izgradnji prevladavaju debritni tokovi, lepeze u čijoj izgradnji prevladavaju prepleteni tokovi te one kod kojih prevladavaju meandrirajući tokovi (STANISTREET & McCARTHY, 1993).

Osnovni preduvjeti za njihov nastanak su takva obilježja topografije kao što je dobro izraženi reljef gdje kanalizirani tok sedimenta prelazi u nekanalizirani pri prelasku u relativno ravnu dolinu gdje dolazi do smanjenja brzine i dubine toka, dovoljna produkcija sedimenta iz drenažnog bazena te rijetka i intenzivna precipitacija koja utječe na transport sedimenta iz drenažnog bazena u aluvijalne lepeze. Pri tome su naslage koje se stvaraju najčešće krupnozrnaste i loše sortirane (BLAIR & McPHERSON, 2009). Iako se mogu razviti i u uvjetima humidne klime, najčešće su ipak u prostorima sa suhom i polusuhom klimom, gdje vegetacija nije razvijena, erozija je brza, a padaline vrlo rijetke i intenzivne.

U prostorima gdje su strukturalni blokovi ograničeni rasjedima sa skokom od više stotina metara, a stijenske mase su izložene intenzivnoj tektonici i trošenju, kao što je slučaj u ekstenzijskim bazenima, aluvijalne lepeze su dosta česte, pri čemu uz rasjede na rubovima tektonskih depresija ili graba, debljina ovakvih naslaga može biti više stotina pa i tisuće metara.

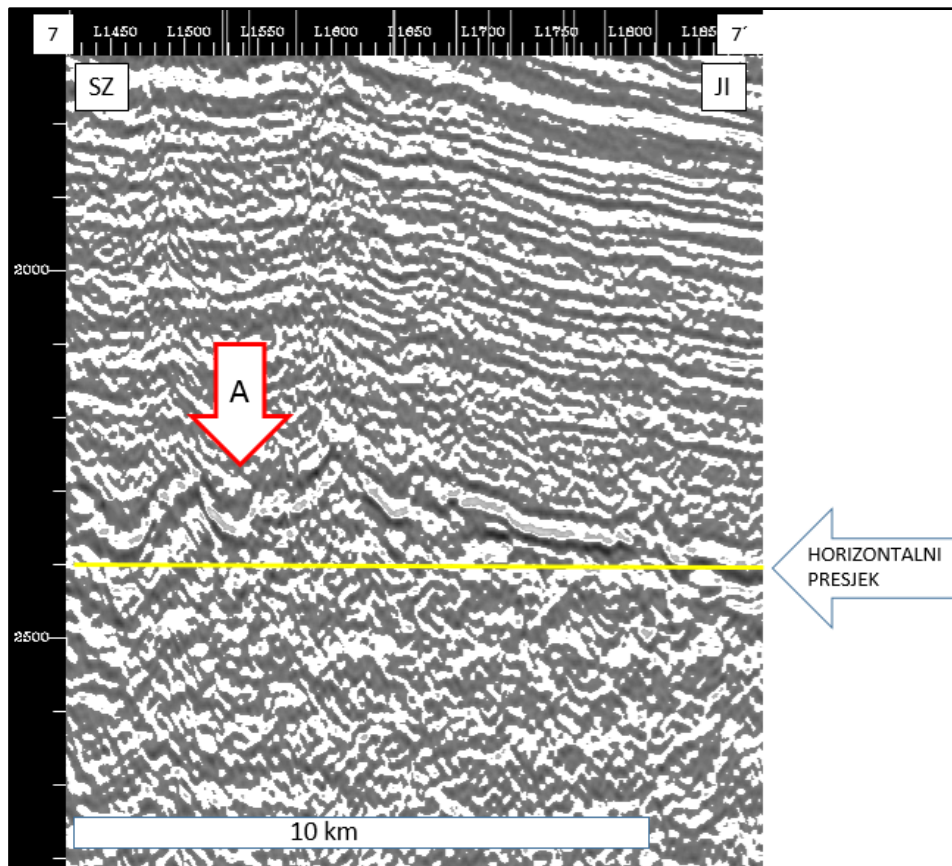
Veličina drenažnog bazena, uz njegov litološki sastav i klimu, uvjetuje koliku će površinu aluvijalne lepeze prekrivati, tako da one mogu biti dekametarskih, kilometarskih do rjeđe deka-kilometarskih dimenzija. Oblik im je generalno klinast na uzdužnim okomitim profilima, pri čemu je vrh prislonjen uz strmu padinu, dok distalno lepeza istanjuje te se tako mogu razlikovati gornji (proksimalni), srednji (medijalni) i donji (distalni) dio (slika 6.1). (TUCKER, 2008). Vrh lepeze je na ušću planinskog kanjona, odakle se može zrakasto pružati

niz plićih opskrbnih kanala prepunjenih sedimentom koji imaju obilježja bliska prepletenim rijekama (DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ, 1989).

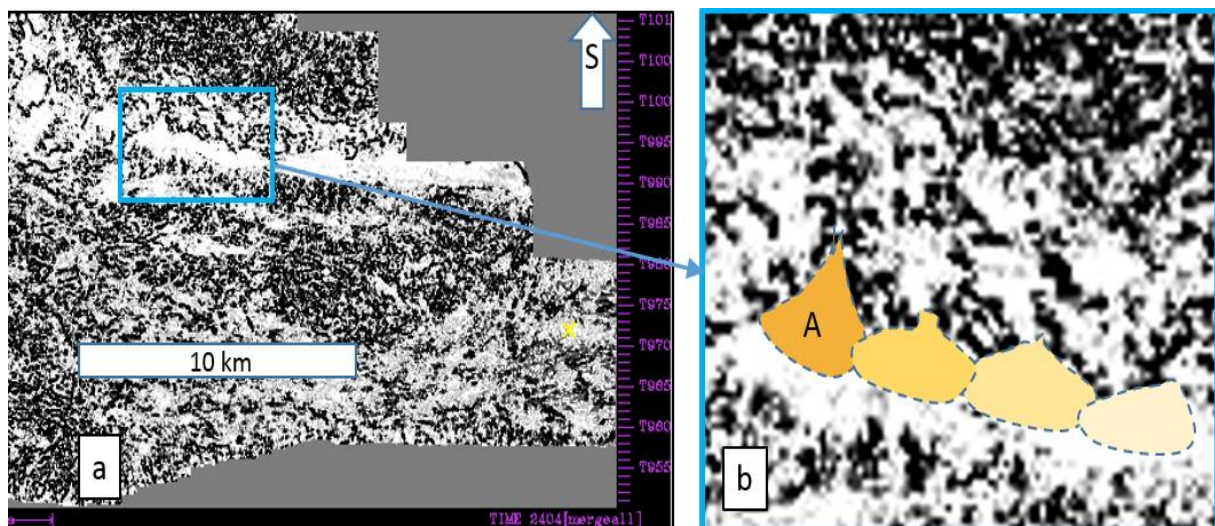


Slika 6.1: Model aridne aluvijalne lepeze na karti (gore) i na uzdužnom vertikalnom presjeku (prilagođeno prema TUCKER, 2008); krupnozrnasti litofacijesi gornje lepeze prelaze u srednje i sitnozrnaste u srednjoj i donjoj lepezi te distalno u muljeve salina jezera

U ekstenzijskim bazenima se, uz aktivne rasjede, može više lepeza dijelom bočno prekrivati (BLAIR & McPHERSON, 1994). Ukoliko se više lepeza spaja u podnožju planinskog čela (slika 6.3), tada tvore aluvijalni zastor ili bahadu (TIŠLJAR, 1994; TUCKER, 2008). Od proksimalnog prema distalnom dijelu lepeze generalno se smanjuje veličina zrna, tako da naslage strukturno nezrelih, slabo sortiranih breča i konglomerata s uglatim klastima, visokim udjelom matriksa i velikim rasponom dimenzija klasta i valutica, prevladavaju u gornjim i srednjim dijelovima. (npr. NEMEC & STEEL, 1984; TUCKER, 2008).



Slika 6.2: Glavni opskrbeni kanjon aluvijalne lepeze A na okomitom seizmičkom presjeku (označen crvenom strelicom) te položaj vodoravnoga presjeka (žuta linija); profil 7-7 se nalazi na SI rubu Dravske depresije (položaj profila je na prilogu 2)



Slika 6.3: a) bahada na SI rubu Dravske depresije i b) uvećani detalj preklapanja 4 lepeze u podnožju planinskog čela; (položaj horizontalnog presjeka na slici 6.2)

Mehanizmi kojima se pokreće sediment iz drenažnog bazena u dolinu mogu biti primjerice katastrofične poplave, lavine/odroni i tokovi debrita. Visoki reljef može sadržavati brojne kanale koji prihranjuju glavne kanale aluvijalnih lepeza. Topografija i oblik drenažnog bazena smještenog na strmim brdovitim područjima omogućava da se tijekom jake precipitacije brzo prenosi i ekstremno krupnozrnasti sediment (BLAIR & McPHERSON, 1994).

Primarni procesi odgovorni za prijenos sedimenta iz drenažnog prostora u aluvijalnu lepezu rezultiraju konstrukcijom, odnosno agradacijom aluvijalne lepeze i odvijaju se istovremeno s povećanjem drenažnog bazena, dok sekundarni remobiliziraju i modificiraju sediment već istaložen primarnim procesima u aluvijalnoj lepezi. To mogu biti: trošenje, erozija, bioturbacija, eolski procesi, pedogeneza te nastavak rasjedanja. Za razliku od primarnih, sekundarni procesi su dugotrajni i zbivaju se između katastrofičnih događaja. Dugi periodi između sukcesivnih taložnih epizoda utječu na razvoj paleotla (BLAIR & McPHERSON, 1994).

Primarni procesi najčešće su potaknuti rijetkim i katastrofičnim događajima poput poplava i potresa, koji su kratkog trajanja, ali ujedno od velikog utjecaja na konstrukciju lepeza (BLAIR & McPHERSON, 1994). Među njih spadaju gravitacijski tokovi (*sediment gravity flow*) i fluidalni tokovi (*fluid gravity flow*) (NEMEC & STEEL, 1984; BLAIR & McPHERSON, 1994).

Tokovi mogu biti različiti: od sporijih viskoznih debritnih tokova do turbulentnih fluidalnih tokova (NEMEC & STEEL, 1984). Gravitacijski tokovi su temeljni za razvoj aluvijalne lepeze, budući da su sve naslage lepeze dijelom transportirane nekim od njihovih mehanizama. Na inicijaciju gravitacijskih tokova utječu primjerice lomljenje i trošenje stijena, potresi, dodatna voda tijekom intenzivnih padalina te kombinacija nabrojanih procesa. Pri mogu nastati klizišta, slampovi, lavine, odroni te tokovi debrita. Klizišta se odlikuju koherentnim kretanjem stijenske mase, za razliku od zrnatog toka individualnih čestica/fragmenata. Odronske breče se akumuliraju na dnu litica kao talus. Sadrže uglate, loše sortirane klaste dimenzija valutica do blokova sa ili bez pjeskovitog ili muljevitog veziva. Suhi odroni mogu imati znatne debljine i to od desetak do preko 100 m (BLAIR & McPHERSON, 1994).

Debriti su vrsta laminarnih gravitacijskih tokova visoke gustoće i viskoznosti koji se najčešće pokreću prilikom rijetkih, ali obilnih padalina (BLAIR & McPHERSON, 2009). Detritus je u samom toku podržan kohezivnim matriksom, a kada smično naprezanje padne ispod vrijednosti čvrstoće popuštanja (engl. *yield strenght*) transportiranog materijala, dolazi do "smrzavanja" toka, odnosno taloženja čitave mase odjednom. Na taj način mogu nastati naslage s visokim sadržajem klasta, ali i one bogate matriksom (engl. *mudflows*, hrv. muljni

tokovi) pri čemu samo jedan događaj može prouzročiti stvaranje taložina obiju vrsta. Volumenski takvi materijali najviše doprinose razvoju lepeze. Naslage mogu imati veliko bočno prostiranje bez erozijske baze i najčešće su matriksom potporne (TUCKER, 2008). Većinom su bez gradacije, iako se kod nekih slojeva vidi bolja unutarnja organizacija što upućuje na značajnu ulogu disperzivnog tlaka u slučaju inverzne gradacije ili na taloženje iz viskozni, možda i turbulentnih, tokova pri čemu nastaje normalna gradacija (NEMEC & STEEL, 1984). Uz kohezivne klastima i matriksom potporne debritne naslage, treći tip su ne-kohezivni debriti, klastima potporni, kod kojih nedostatak gline uzrokuje smanjenu kohezivnu snagu pa je sediment u toku podržan disperzivnim, turbulentnim silama. Rezultirajući sedimenti kohezivnih i ne-kohezivnih tokova mogu biti slični, iako su često ne-kohezivni skloniji trošenju zbog manjka kohezivnih sila među zrnima.

Kod fluidalnih tokova (engl. *fluid gravity flow*) sediment i voda ostaju odvojene faze tijekom transporta (COSTA, 1988; BLAIR & McPHERSON, 2009). Potporni mehanizam toku je fluidna turbulencija, a tokovi mogu biti nekanalizirane tj. neograničene plošne poplave (engl. *sheetfloods*) te kanalizirane bujične poplave (engl. *streamfloods*) (NEMEC & STEEL, 1984; BLAIR & McPHERSON, 2009). Oba tipa rezultiraju iz naglih otjecanja kao što su povodnji. Bujične poplave su tokovi male viskoznosti ograničeni na kanale najčešće gornjih i srednjih djelova lepeza, dok su plošne poplave plitki tokovi velike površine u donjim djelovima aluvijalnih lepeza. Bujične poplave mogu rezultirati taloženjem koso slojevitih pješčenjaka i lećastih klastima potpornih konglomerata s imbrikacijom, dok plošne poplave mogu stvarati slojeve pješčenjaka i konglomerata s oštrom bazom te gradacijskom, kosom i vodoravnom slojevitošću.

Naslage aluvijalnih lepeza u okomitom slijedu mogu imati progradacijske i retrogradacijske trendove (npr. slike 5.6, 5.9, 5.12, 5.33), tako da pokrupnjavanje i zadebljavanje naviše može odražavati izdizanje kopna u pozadini, dok positnjavanje i istanjivanje naviše upućuje na povlačenje lepeze zbog smanjenog prinosa klastita iz drenažnog prostora tijekom njegovog zaravnavanja bez naknadnog izdizanja. Izmjena sekvenci positnjavanja i pokrupnjavanja naviše može odražavati ponavljanje tektonskih i klimatskih epizoda (DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ, 1989; TUCKER, 2008).

Distalno aluvijalne lepeze postupno prelaze u različite taložne sustave u ovisnosti o geografskom položaju i klimi, tako da se mogu nastavljati u more, jezera, jezerske delte, riječne doline s prepletenim ili meandrirajućim rijekama u prostorima s humidnom klimom te u plaje u prostorima s aridnom klimom (npr. BLAIR & McPHERSON, 1994; DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ, 1989; TUCKER, 2008).

6.2.2. Prepletene rijeke

Litofacijesi prepleteneh rijeka mogu se općenito svrstati u tri konglomeratična, pet pješčenjačkih te dva sitnozrnasta facijesa, s pripadajućim litofacijesnim kodovima (MIALL, 1996; 2000). Neki od tih litofacijesa su prepoznati u proučavanim jezgrovanim bušotinskim intervalima. To su: litofacijes klastima potpornih konglomerata (Gc), litofacijes vodoravno laminiranih pješčenjaka (Sl) i litofacijes masivnih pješčenjaka (Sm).

Prepletene rijeke obilježava veliki odnos širine u odnosu na dubinu kanala. Njihovi kanali su privremeni i brzo se mijenjaju, teku oko krupnozrnastih prudova preplićući se zbog zasićenosti trakcijski nošenim sedimentom čijim se taloženjem povećavaju prudovi nizvodnim prirastom. Visoke vode preplavljujući prudove odlažu na njih sitnozrnasti materijal tvoreći naslage prudnih pokrova (npr. MIALL, 1996).

Među glavnim obilježjima ovih riječnih naslaga je složena bočna i okomita izmjena litofacijesa. Općenito se može reći da se i niz tok i bočno mijenja kako morfologija sustava kanala i prudova, tako i veličina zrna. Također, u sustavima prepleteneh rijeka prevladavaju oksidacijski uvjeti (DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ, 1989). Konglomerati prepleteneh rijeka su često imbricirani, mogu imati erozijsku bazu, vodoravnu i kosu slojevitost te normalnu gradaciju. Pješčenjaci mogu imati tabularnu kosu slojevitost i kosu laminaciju. Niz tok konglomerati prelaze u koso slojevite pješčenjake i konglomeratične pješčenjake, a sitnozrnaste, tj. siltozne i glinovite naslage, mogu biti pri vrhu ciklusa positnjavanja u naslagama ispune kanala (DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ, 1989).

6.2.3. Hidrološki zatvorena (salina) jezera

Okoliš salina je jedan od okoliša koji se mogu distalno nastavljati na aluvijalne lepeze, slično kao što je opisano istraživanjima na prostoru sjevernih padina Požeške gore (PAVELIĆ, et al., 2016). To su kratkotrajna jezera koja nastaju nakupljanjem vode tijekom kišnih razdoblja u depresijama aridnih prostora. Fosilne naslage salina jezera mogu biti debele čak više stotina metara, a sadrže promjenjivi odnos količina evaporita i klastita (DIMITRIJEVIĆ & DIMITRIJEVIĆ, 1989).

Okolišu salina jezera odgovara izdvojeni litofacijes laminiranih dolomita, anhidrita i pelita (D), utvrđen samo u bušotinama Dravske depresije. Slične naslage opisane su u blizini Poljanske na južnim padinama Papuka (ŠČAVNIČAR et al., 1983; TIBLJAŠ & JELAVIĆ, 2013, PAVELIĆ et al., 2022), gdje autori opisuju laminarnu i slojevitou izmjenu autigenog

dolomita, vulkanoklastita, piroklastičnih čestica i terigenih psamitskih i pelitskih sedimenata u kojima je analcim prisutan u obliku raspršenih zrnaca ili u obliku monomineralnih lamina i tankih proslojaka, a nastaje izmjenom piroklastita i glina u hidrološki zatvorenom sustavu plitkih salina iz razdoblja ranog miocena (otnang) za vrijeme suhe i polusuhe klime, što podržavaju kako mineralna parageneza (analcim, dolomit), tako i sedimentne teksture. Uvjeti u takvim plitkim jezerima su povoljni za taloženje dolomikrita, a u razdobljima vlažnije klime taložili su se lapori dubljeg jezera koji sadrže montmorilonit i u manjim količinama klinoptilolit kao produkte alteracija.

Nemarinški karbonati često se pojavljuju kao proslojci koji sadrže plavo-zelene alge, željezne sulfide i sitnozrnasti detritus i pripisuju se kasno jesenskim do zimskim taloženjima, dijatomejski proslojci proljetnim, a mikritni s dinoflagelatima i dijatomejama – ljetnim i jesenskim. Pedogenezom nastaju mreže pukotina, nodule, rano i kasnodijagenetski kristali, a u asocijaciji se javlja i gips. Često su šupljine ispunjene polifaznim internim sedimentom sastavljenim od karbonata te vadoznog silta i vadoznog cementa (FREYET & VERRECHIA, 2002).

Razvoj nemarinških karbonata jako ovisi o klimatskim faktorima. Vrlo aridni ili vrlo humidni uvjeti ne pogoduju karbonatnom taloženju u jezerima, za razliku od prostora s obilježjima semi-aridne klime (ALONSO-ZARZA & WRIGHT, 2010) kakva je vladala u razdoblju otnanga u prostorima SHB-a (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).

6.2.4. Hidrološki otvoreno jezero

Kako u morskim, tako i u jezerskim uvjetima, može se odvijati razvoj raznovrsnih deltnih okoliša. Jezerske siliciklastične naslage najčešće se mogu prepoznati po nedostatku marinske faune (TUCKER, 2008). Promjena klime iz aridne u humidnu, kao što je slučaj u prostoru SHB-a približavanjem miocenskog klimatskog optimuma (npr. PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018) uvjetuje i veći volumen vode u bazenu, a time i razvoj izrazito uzdužnih tokova (slike 6.4 i 6.5) većeg drenažnog prostora te razvoj jezerskih delti (BLAIR & McPHERSON, 1994).

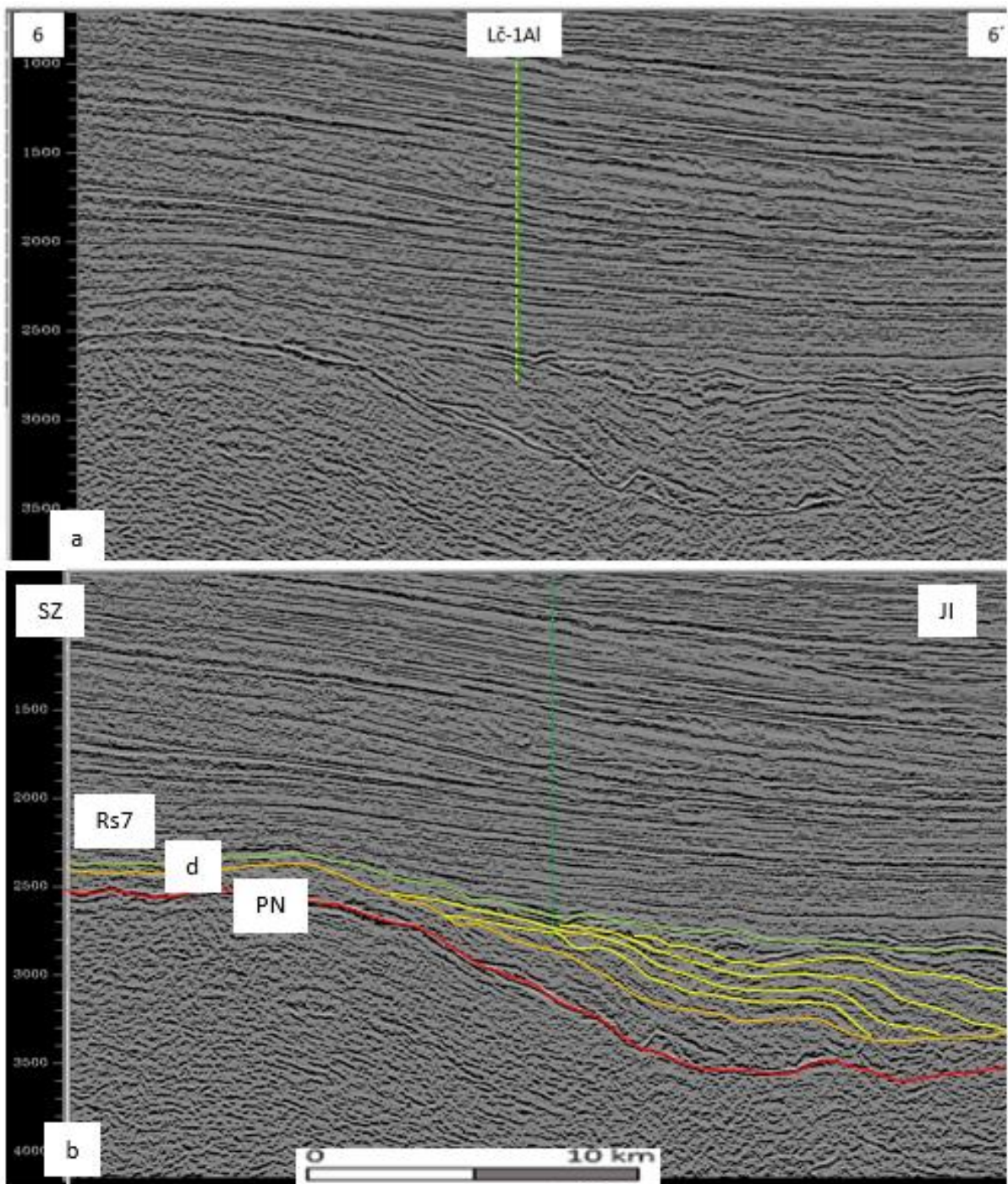
Jezerske delte često su krupnozrnastog Gilbertovog tipa. Mogu nastati iz aluvijalnih lepeza progradiranjem u dublju vodu niske energije, osobito u zoni rasjedanja gdje se uz spuštanje taložnog prostora razvija morfologija kopna i ruba taložnog prostora s pogodnom dubinom vode na ušću aluvijalne lepeze (BLAIR & McPHERSON, 1994; TUCKER, 2008). Ako je dubina vode preplitka, ne dolazi do razvoja strmih progradirajućih naslaga, a u slučaju

da je preduboka, šljunčani detritus se ne taloži u obliku podvodne lepeze, već izravno na jezerskom dnu (TIŠLJAR, 2006).

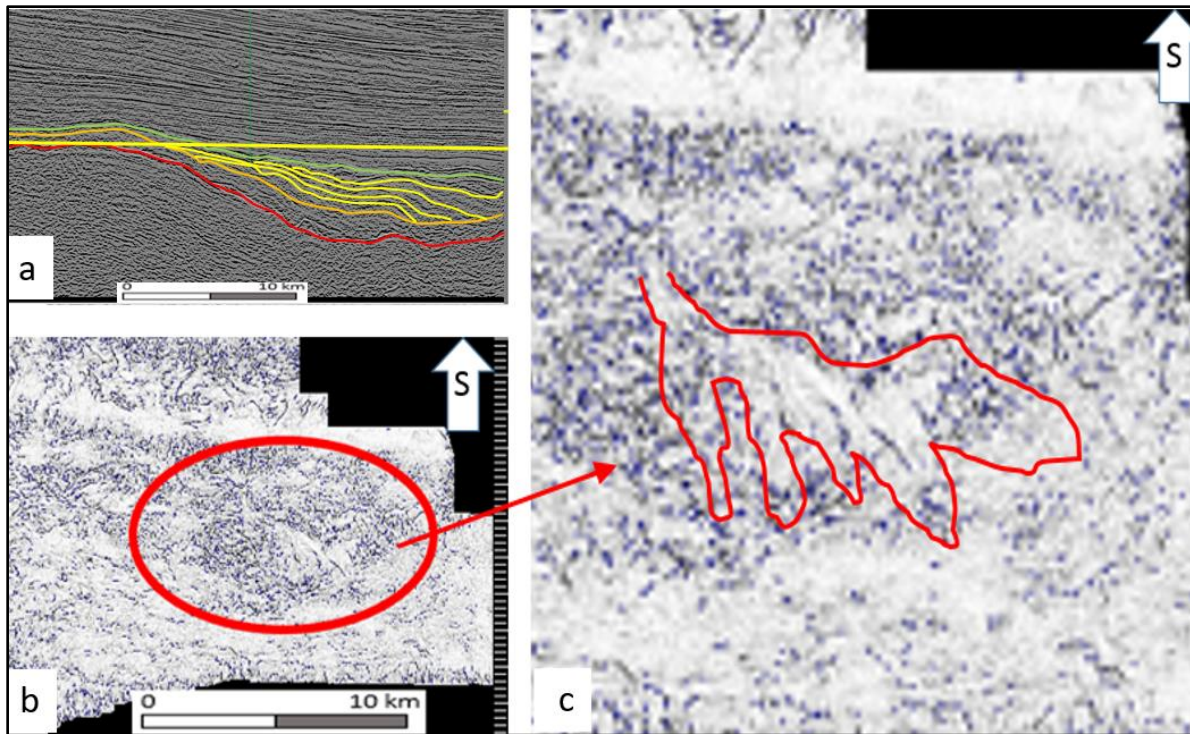
Gilbertove delte se sastoje od više ili manje razvijenog vršnog seta (engl. topset), dobro razvijenog čela delte (engl. foreset) koje nastaje kad se krupnozrnasti sediment koji se kreće strmom padinom taloži stvarajući pojedinačne kose slojeve te podnožnog seta (engl. bottomset).

Vršni ili gornji, subaerski dio, sadrži vodoravne do blago, u smjeru bazena, nagnute naslage konglomerata i pješčenjaka, često sa setovima kose slojevitosti odvojenima pješčanim ili muljevitim laminama. Čelo delte je podvodni dio debljine i do više 10-aka metara s nagibom 20-24° u smjeru bazena, a sa smanjivanjem nagiba postupno prelazi u podnožni set. Sadrži koso slojevite konglomerate i pješčenjake gravitacijskih tokova. Erozijski kanali se mogu prostirati i u bazenskom dnu. Podnožni set je donji dio delte koji distalno tangencijalno istanjuje. Sadrži pjeskovite i muljevite, često vodoravno laminirane litofacijese dubljeg, središnjeg dijela jezera, koji nastaju taloženjem iz razrijeđenih gustih struja te taloženjem čestica gline iz suspenzije (TUCKER, 2008; TIŠLJAR, 2006*).

Početak nove tektonske faze najčešće je indiciran inicijalno jezerskim, marinskim ili sitnozrnastim fluvijalnim sedimentima preko krupnozrnastih aluvijalnih lepeza i prepletenih rijeka (BLAIR & BILODEAU, 1988). To bi se u prostoru Dravske depresije moglo odnositi na taloženje jezerskih naslaga preko starijih aluvijalnih i salina naslaga. Tektonski utjecaj na krupnozrnaste delte u riftnim bazenima odražava se u njihovoj geometriji, tako da se faze aktivnog rasjedanja i tektonskoga spuštanja odražavaju u razvoju sigmoidalnih klinoforni s agradacijom te kosim klinoformama koje odražavaju progradacijski rast za vrijeme tektonskog mirovanja (GAWTHORPE & COELLA, 1990).



Slika 6.4: a) Neinterpretirani i b) interpretirani seizmički profil 6-6 s interpretiranim progradirajućim klinoformama donjobadenskog jezera označenima svijetlo žutom; u gornjem središnjem dijelu profila, između 1300 i 1700 ms, vide se i klinoforme Panonskog jezera; položaj profila se nalazi na prilogu 2



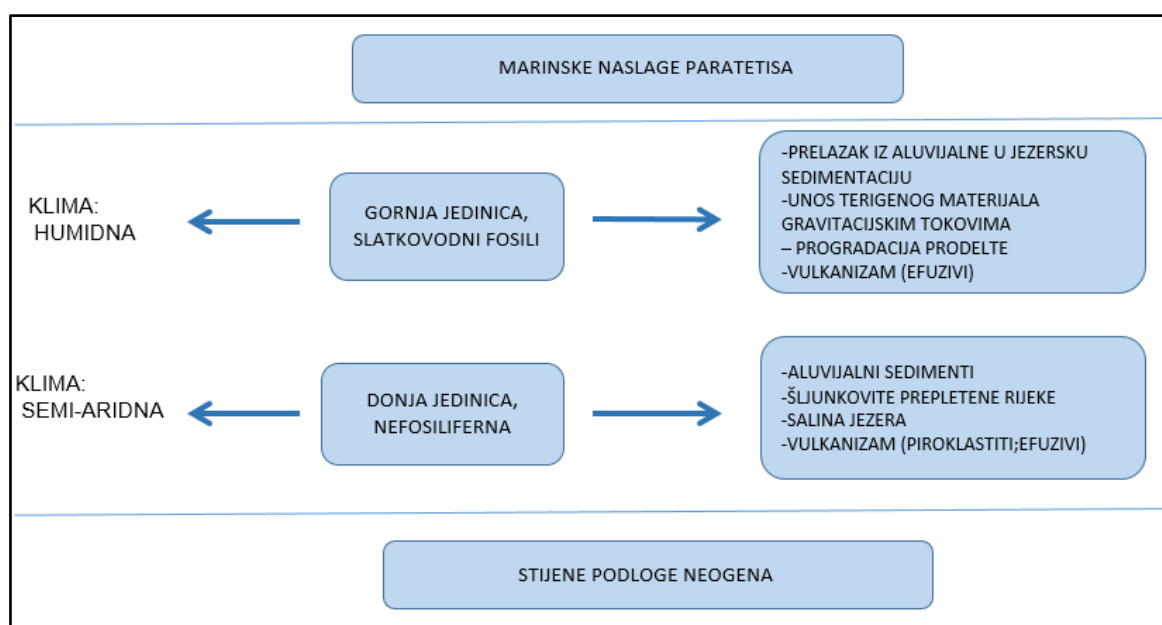
Slika 6.5: a) Položaj horizontalnog presjeka prikazanog slikom b) i c) uvećani detalj horizontalnog presjeka sustava deltnih opskrbnih kanala

Na uzdužnim seizmičkim profilima Dravske depresije, na istočnom dijelu istraženog prostora, vide se tipične progradacijske sekvencije kliniformi sigmoidalnog do koso sigmoidalnog oblika koje bočno naliježu na granicu PN (slike 6.4, 6.5). Reflektori su kontinuirani i srednje jakih amplituda te se mogu pratiti prema najdubljim prostorima bazena, gdje je podnožni set delte proslojen bazaltima i andezitima vulkana Orešac i Bakić na istoku. Reflektori gube kontinuitet bočno, gdje se JI od bušotine Lč-1A1 (prilog 1) nalazi zona promjera od oko 2,5 km, interpretirana kao vulkan tipa *maar*. U njoj su reflektori jezerskih kliniformi izrazito poremećeni, isprekidani i malih amplituda, kao i u panonskim naslagama iznad pretpostavljenog razorenog kratera što je interpretirano kao zona okomite migracije plinova (*gas chimneys*).

U proučavanim jezgrovanim intervalima prepoznati su litofacijesi koji bi mogli odgovarati naslagama čela delte te distalnim naslagama podnožnog seta. Litofacijes masivnih klastima potpornih konglomerata sa slatkovodnim mikrofossilima (Gmc) pripadao bi naslagama čela delte, nastalima mehanizmima gravitacijskih tokova, a litofacijes laminiranih lapora (F) distalnim naslagama najdubljih bazenskih prostora. Slične krupnozrnaste deltne naslage Gilbertovog tipa opisane su i na Požeškoj gori (PAVELIĆ, 2001; PAVELIĆ et al., 2016).

6.3. USPOREDBA INTERPRETIRANIH LITOFACIJESA I TALOŽNIH OKOLIŠA PO DEPRESIJAMA

Prema značajkama opisanih litofacijesa jezgrovanih intervala bušotina na prostorima Dravske, Slavonsko-srijemske i Savske depresije, intepretirani su kontinentalni okoliši taloženja za koje je pretpostavljeno da su nastali tijekom ranog miocena, a prekriveni su morskim naslagama Paratetisa (slika 6.6). Slične sukcesije sedimenata istražene su i opisane na brojnim površinskim lokalitetima (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).



Slika 6.6: Opća obilježja istraženih donjomiocenskih naslaga

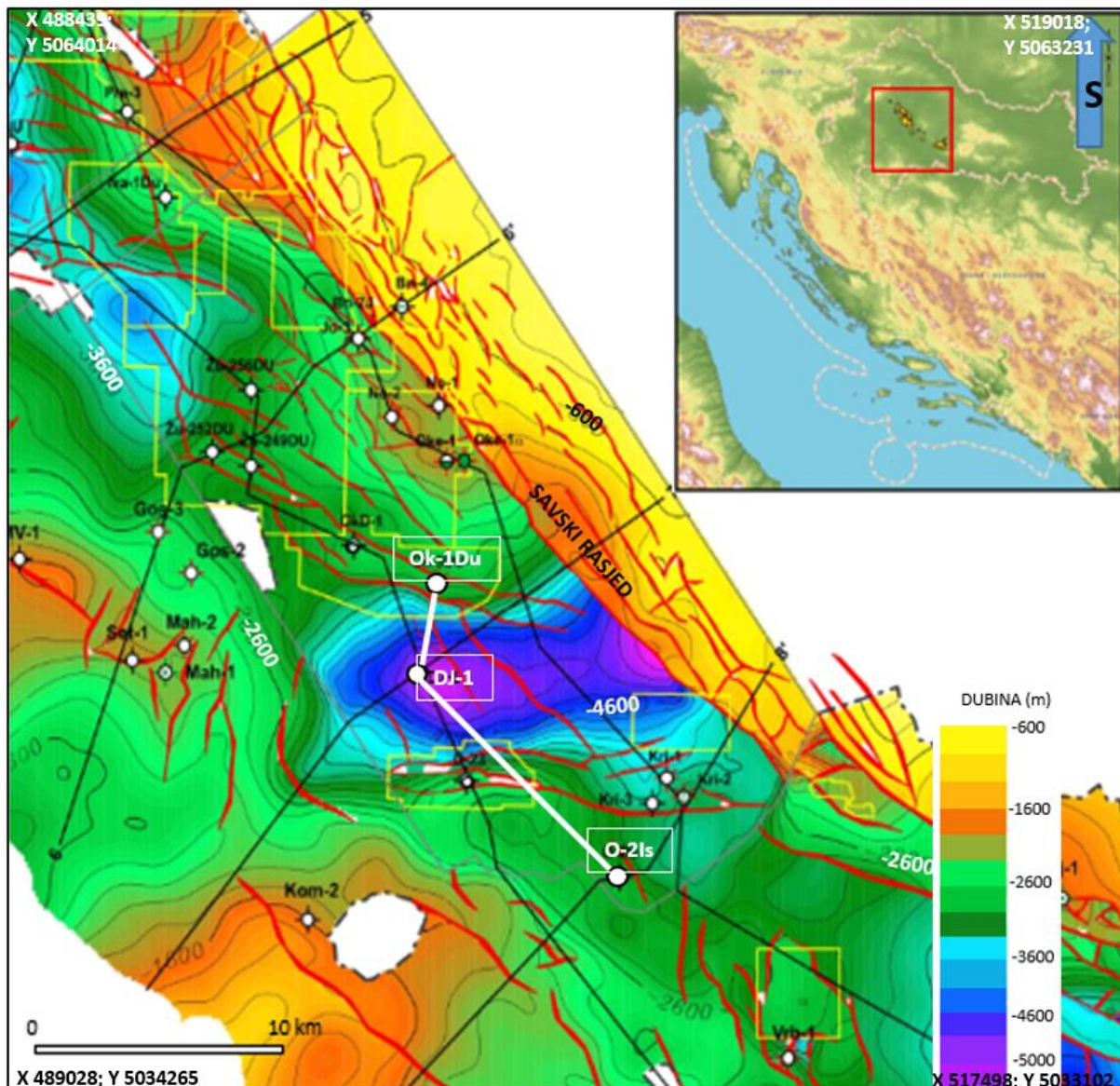
Uz obilježja litofacijesa, svim istraženim naslagama, osim jezerskih, zajedničko svojstvo je hematitiziranost. Krovina kopnenih litofacijesa, odnosno krovina donjomiocenskih naslaga (d) se na seizmičkim profilima rubnih bazenskih prostora prepoznaje kao površina na koju bočno naliježu (engl. *onlap*) srednjomiocenske jezerske i morske taložine, a na karotažnim krivuljama se ta stratigrafska granica prepoznaje kao nagla promjena trendova koja upućuje na diskordanciju. Najčešće se odražava u naglom otklonu GR udesno u odnosu na krovinske naslage, što prati i nagli pad vrijednosti DEN i R. Na krivulji GR-a odražavaju se ciklusi pokrupnjavanja i positnjavanja koji se češće izmjenjuju u donjim djelovima donjomiocenskih sukcesija, dok u gornjim djelovima prevladavaju ciklusi positnjavanja prema gore što upućuje na to da se početni, intenzivni tektonski pokreti u ranom stadiju riftinga nastavljaaju općenito

stabilnijim uvjetima u bazenu uz snižavanje kopnenoga reljefa (npr. STEEL & THOMPSON, 1983).

Najveća raznovrsnost litofacijesa i okoliša taloženja prisutna je u istraživanom dijelu Dravske depresije (prilog 5), a manja je u istraživanim dijelovima Savske i Slavonsko-srijemske depresije (prilog 6). Zajedničko svim trima depresijama je u razvoju aluvijalnih okoliša koji su u svim istraživanim dijelovima ovih depresija u vrijeme otnanga i karpata bili u uvjetima semi-aridne klime, na što upućuju opisani litofacijesi jezgrovanih intervala.

6.3.1. Savska depresija

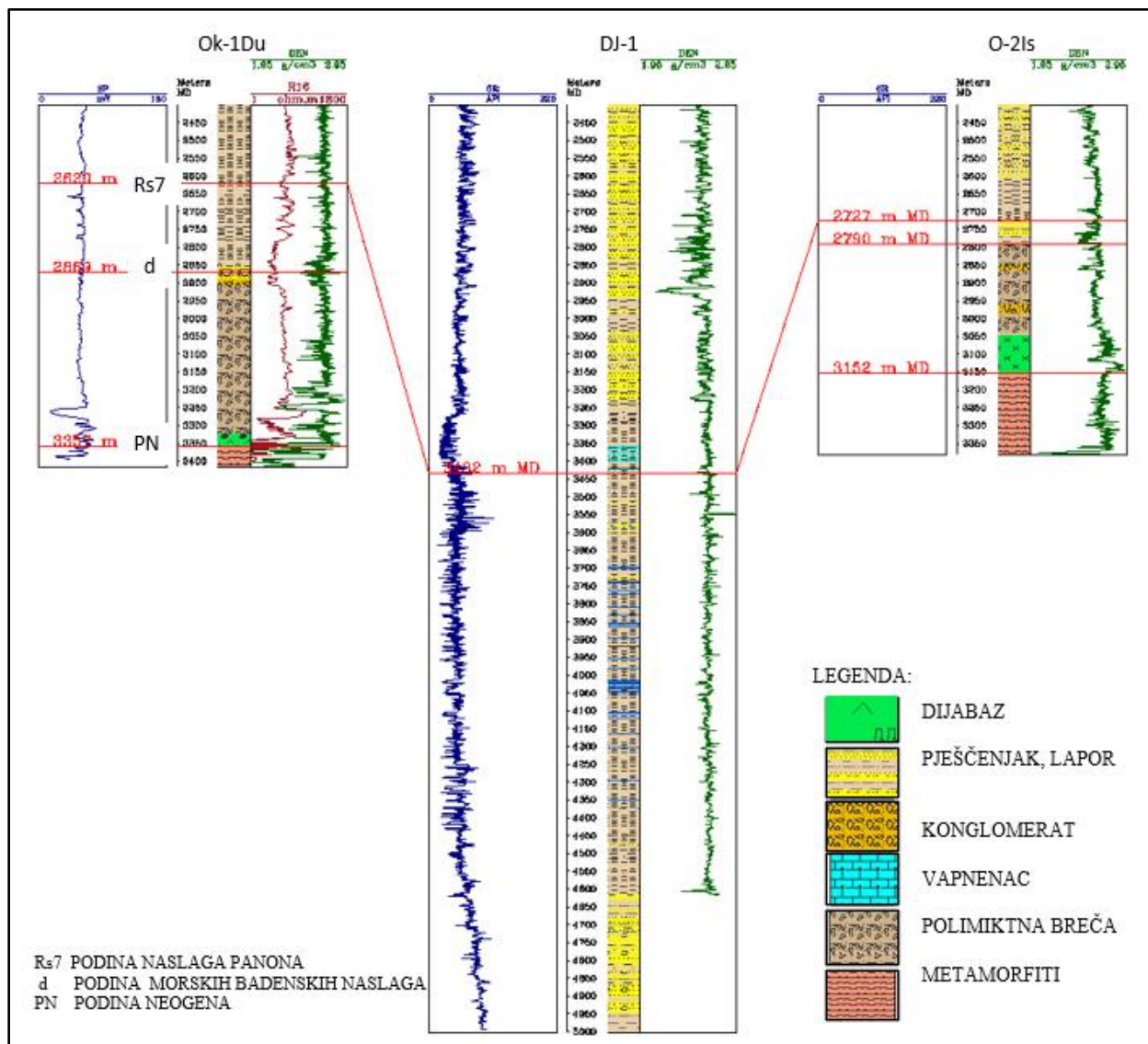
Istraživani prostor **Savske depresije**, za razliku od Dravske i Slavonsko-srijemske depresije, ima obilježja regionalnoga pull-apart bazena na što ukazuje i razvoj intrabazenskih rasjeda (MUŽINA et al., 2016*), što se odražava na strukturnim kartama sin-riftnih naslaga Savske depresije koja ima pružanje SZ-JI uz subvertikalni rubni Savski rasjed desnog horizontalnog pomaka (slika 6.7).



Slika 6.7: Dubinska struktura karta po krovini otnanga (MUŽINA et al., 2018*); preuzeto iz Arhive Ine; bijelim je označen korelacijski profil preko bušotina Ok-1Du, DJ-1 i O-2Is

U podini donjomiocenskih naslaga u istraživanom dijelu Savske depresije najčešće su graniti i metamorfne stijene različitih stupnjeva metamorfoze te rjeđe karbonatne stijene. Bušotine odabrane za istraživanje u ovom radu smještene su u Z dijelu Savske depresije, u blizini najdubljeg depocentra nabušenog bušotinom Donja Jelenska-1 (DJ-1) (slika 6.8). Podinu neogenskih naslaga u istraživanom dijelu Savske depresije čine kloritski škriljavci (Vz-5), karbonatni škriljavci (OkD-1), grafitni škriljavci (Žu-249 D), kloritski i amfibolski škriljavci (O-2Is), grafitični slejtovi, filiti i kvarc tinjčasti škriljavci (OkD-2) te gnajs (Vrb-1). Otvoreno je pitanje starosti dijabaza nabušenih bušotinom No-2 te dijabaza koji su probili škriljavce na bušotini OkD-1. Podrijetlom bi mogli biti miocenski sin-tektonski, posebno stoga što su

smješteni neposredno uz glavnu rasjednu zonu Savskog rasjeda (slika 6.7) koja je u vrijeme otvaranja Savske depresije mogla osigurati proboj ovih žičnih stijena.



Slika 6.8: Korelacijski profil SZ-JI preko bušotina Ok-1Du, DJ-1 i O-2Is; položaj profila naznačen je na slici 6.2

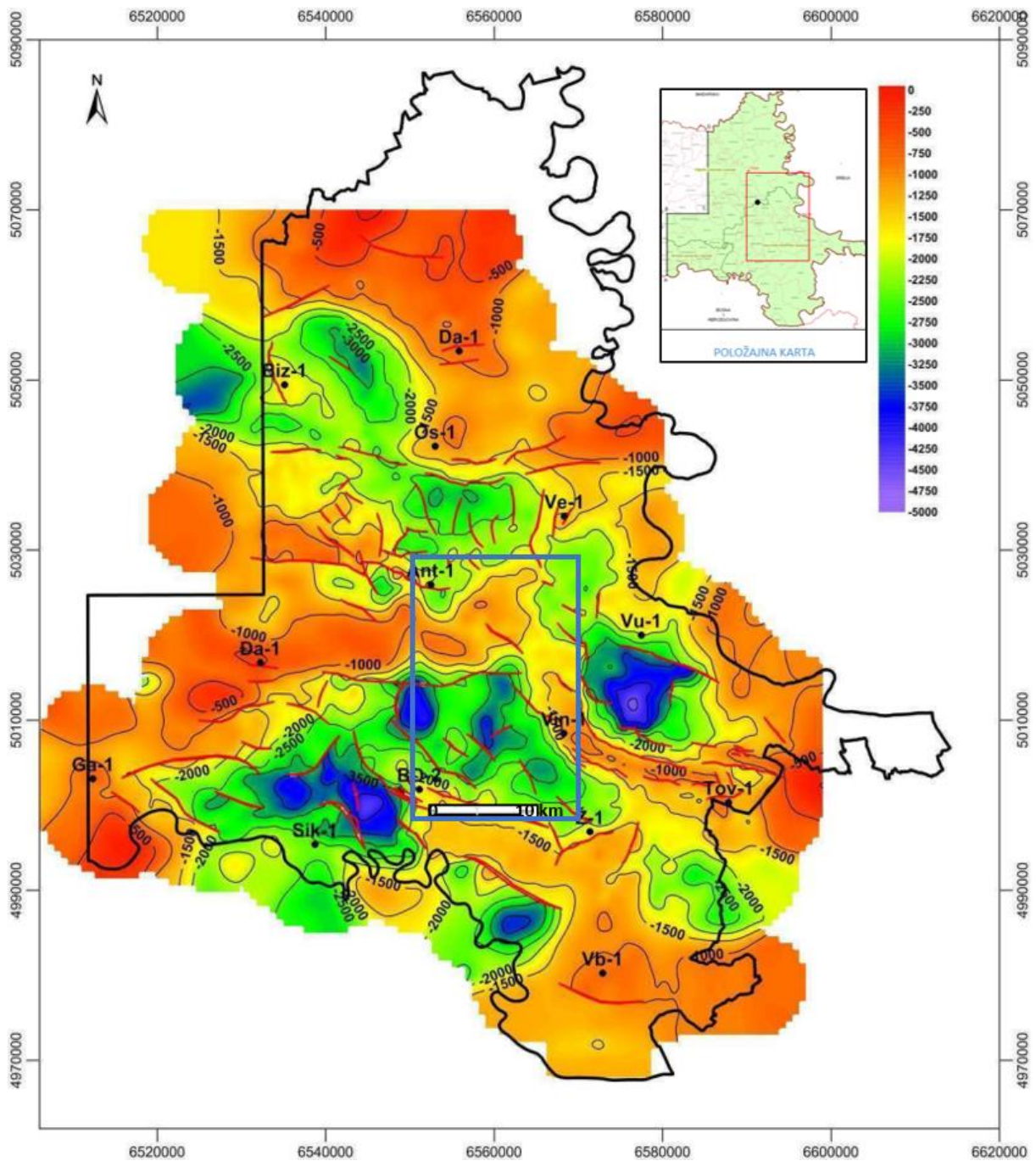
Stijene podine neogene također čine valutice u brečama i konglomeratima krovinskih donjomiocenskih naslaga pretpostavljene otnaške starosti (PAVELIĆ et al., 2010). Otnaško-karpatkim klastitima na analiziranim bušotinama pripadaju: hematizirani polimiktne konglomerati i breče (No-2, Vz-5, Oke-1A1, Žu-249 D, OkD-1, OkD-2, O-2Is, Vrb-1), pješčenjaci, mjestimično hematizirani (Žu-249 D, OkD-1) te hematizirane pelitne naslage (muljnjak?) (No-2). U podini crvenih kontinentalnih klastita bušotine O-2Is probušen je efuziv koji vjerojatno također pripada otnangu. Krovinu ovih naslaga čine morske naslage badena,

prema nalazima foraminiferske mikrofaune te rezultatima analiza nanoplanktona (VLAHOVIĆ, 1982*; IVAK, 2015*).

Jezerske naslage nisu utvrđene analizama navednih bušotina, čak ni u najdubljem depocentru nabušenom bušotinom Donja Jelenska-1 (DJ-1), koja niti na 5003 m konačne dubine nije dosegla podinu neogena (slika 6.8), niti je izašla iz badenskih lapora (5000-5003 m).

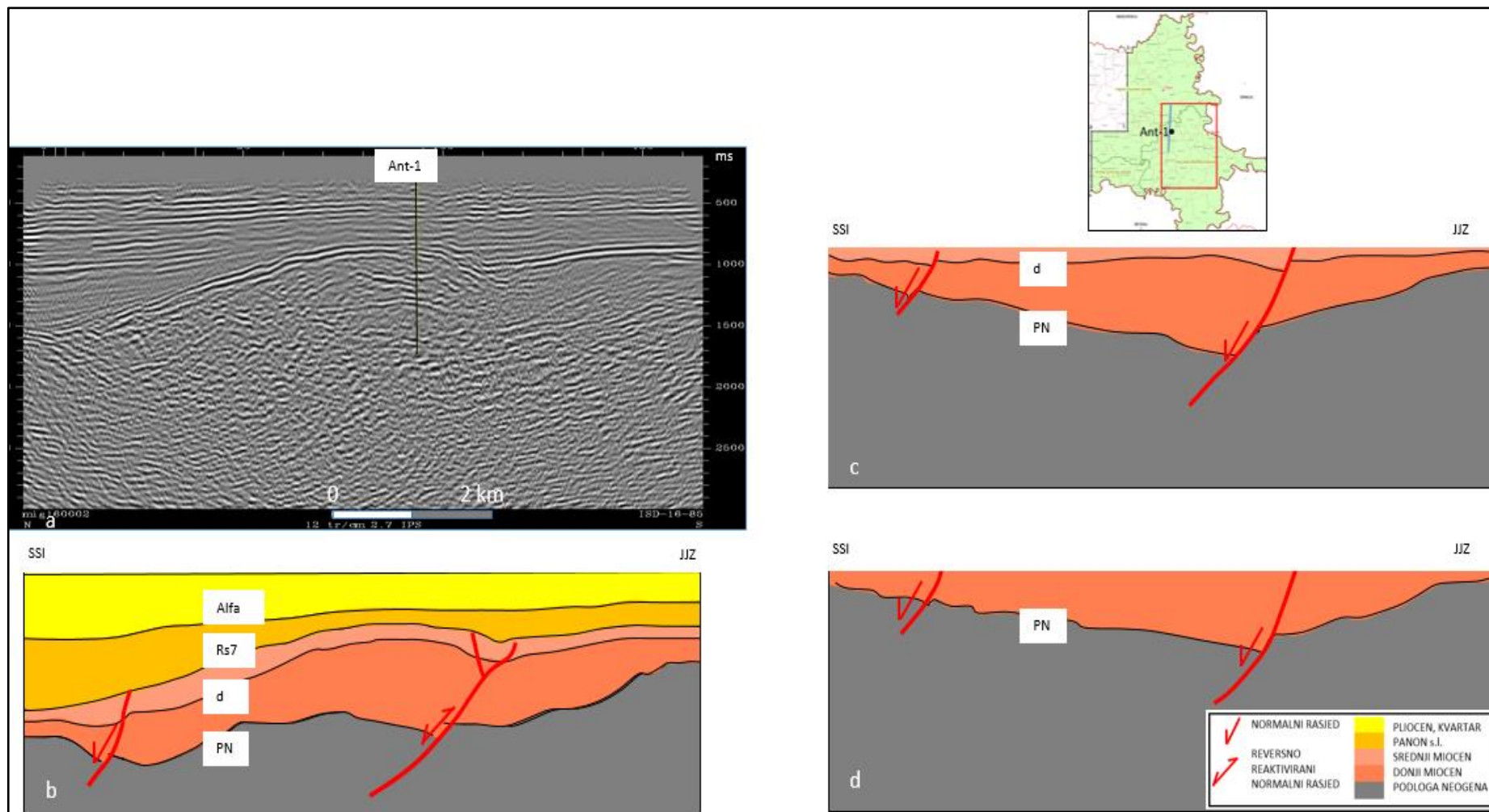
6.3.2. Slavonsko-srijemska depresija

Podinu neogena u **Slavonsko-srijemskoj depresiji** čine različiti varijeteti magmatskih i metamorfnih stijena, s tim da su u zapadnom dijelu zastupljenije magmatske, a u istočnom dijelu metamorfne stijene, i to uglavnom gnajsevi i kloritski škriljavci (ŠUIČA et al., 2019). Od 7 bušotina istraženih ovim radom, koje su smještene u središnjem i južnom dijelu depresije, samo 2 su nabušile podinu neogena i to Ot-1 koja je dosegla konačnu dubinu u granitu i Ran-1 koja je nabušila kataklazirane granite. Ove stijene se pojavljuju i kao klasti te valutice breča i konglomerata krovinskih donjomiocenskih naslaga. Na strukturnoj karti po podini neogenskih naslaga (slika 6.9) Slavonsko-srijemske depresije vidi se pružanje glavnih struktura i rasjeda SZ-JI te ZSZ-IJI.



Slika 6.9: Dubinska strukturalna karta po podini neogenih naslaga (KRANJČEC et al., 2014*). Plavim je označen prostor istražen ovim radom; preuzeto iz Arhive Ine

Glavni strukturalni elementi su grabe i horstovi, slično kao i u Dravskoj depresiji, s tim da je razvijeno i nekoliko inverznih struktura, kao što je je antiklinala nabušena bušotinom Ant-1, nastala vjerojatno u 1. kompresijskoj fazi nakon taloženja sarmatskih naslaga (slika 6.10).



Slika 6.10: a) Neinterpretirani i palinspastički profili s prikazom b) recentnih strukturalnih odnosa, c) strukturalnih odnosa krajem srednjeg miocena i d) krajem ranog miocena; bušotina Ant-1 je na vrhu asimetrične antiklinale tzv. "harpoon" tipa, nastale djelomičnom inverzijom donjomiocenskih naslaga u krovini listričkog rasjeda

Na podini neogena istaložene su kopnene, većinom hematitizirane psamitske, psefiske i pelitne naslage, pretpostavljeno otnanške starosti. To su: polimiktne breče (Ja-1, Ran-1), polimiktne konglomerati i pješčenjaci (Grd-1, Ant-1, Ja-2, Pa-1, Ot-1), crveni masivni siltiti (Ant-1, Pa-1) te tuf (Ja-2). S obzirom na značajke litofacijesa, ove naslage pripadaju najstarijim sin-riftnim taložinama Slavonsko-srijemske depresije. U krovini su im, prema nalazima foraminiferske mikrofaune, badenski biokalkareniti, biomikriti i lapori.

6.3.3. Dravska depresija

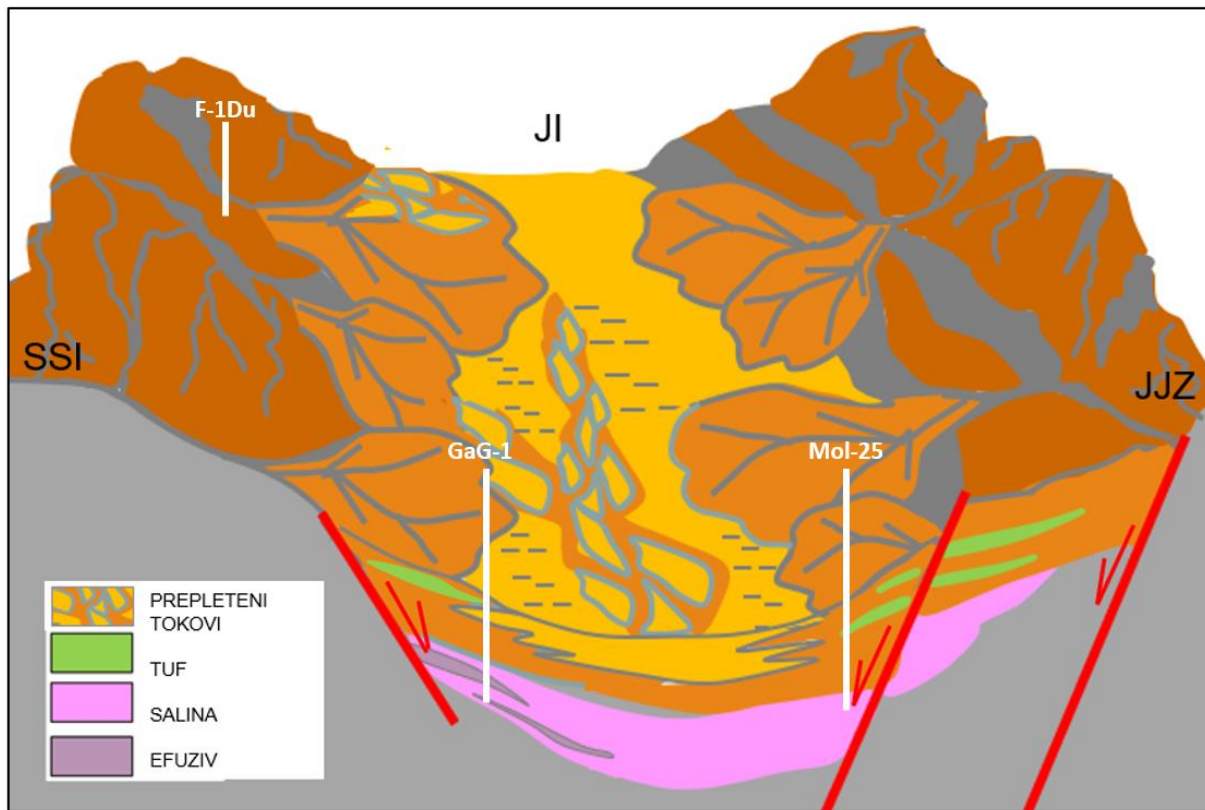
Prostor **Dravske depresije** istražen ovim radom ima obilježja asimetričnog rifta tj. tektonske polu-grabe omeđene na JZ strani normalnim glavnim rubnim Dravskim rasjedom, a na SI dijelu nizom normalnih rasjeda, ali znatno plićih i kraćih po pružanju (prilozi 1-4). Središtem zapadnog, plićeg dijela bazena, prostire se intrabazensko uzdignuće, rubni rasjedi su planarni, dok su samo na krajnjem SI rubu istočnog dijela bazena prisutni i manji listrički rasjedi (PAVELIĆ et al., 2010) koji s blago položenom podinom neogena čine površinu diskontinuiteta s mjestimično razvijenim sin-riftnim roll-over antiklinalama (slika 5.93). U istočnom, dubljem dijelu bazena, koji je ujedno i najdublji dio Dravske depresije, nalaze se jezerske klinoforme Gilbertove delte te dva paleovulkana i jedan razoreni krater (slika 5.91).

Vulkanski krateri tipa maar najčešće nastaju hidroklastičnim erupcijama, a istaknuto im je obilježje strukturno udubljenje okruženo subcirkularnim rubom sačinjenim od piroklastičnih debrita (tuff ring) koji može biti visine i do 300 m, promjera 100 – 3000 m te dubine 10 – 500 m. Glavni vulkanski kanal razvijen je u formi obrnutog konusa (dijatrema), a nastaje progresivnim urušavanjem kratera tijekom eksplozivnih erupcija (FISHER & SCHMINCKE, 1984). Na okomitim seizmičkim presjecima mogu se prepoznati kao depresije s istaknutim rubom (slika 5.91) u zoni prekinutih reflektora (BISHOF et al., 2019).

Podinske stijene najstarijih sin-riftnih naslaga u prostoru Dravske depresije istraženom ovim radom čine različiti varijeteti metamorfnih stijena. Većinom su to škriljavci te kvarciti, a mjestimično su na Z dijelu prisutne i mezozojske karbonatne stijene, koje su i klasti u sastavu krovinskih krupnoklastičnih naslaga i prema mikrofosilnom sadržaju pripadaju, moguće, trijasu (STANKOVIĆ, 1993*).

Na stijene podine neogena talože se naslage pretpostavljene otnanško-karpatске starosti. Na SZ i I dijelu istraženog prostora utvrđene su naslage salina jezera, predstavljene litofacijesom laminiranih dolomita, anhidrita i pelita (D), na njih naliježu psamitske, psefiske i pelitne naslage koje prema analizama litofacijesa jezgrovanih intervala pripadaju naslagama

aluvijalnih lepeza i prepletenih rijeka. Tufovi se pojavljuju kao proslojci te kao klasti breča i konglomerata (slike 6.11 i 6.12).

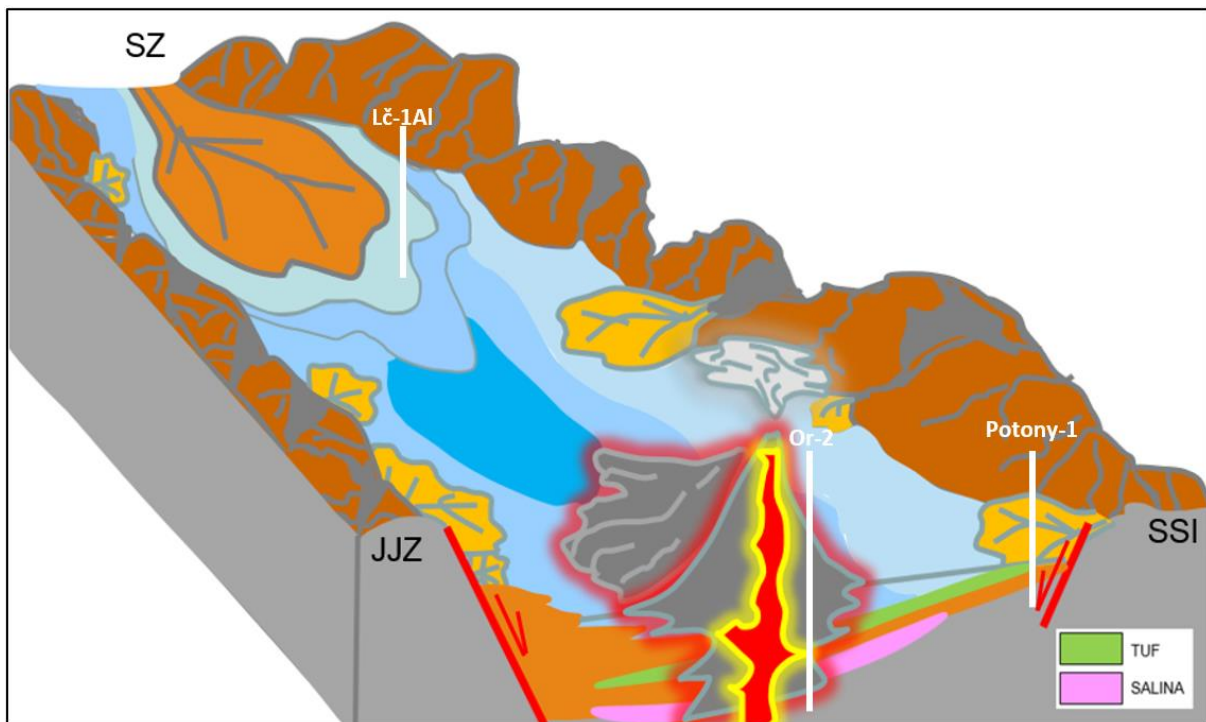


Slika 6.11: Paleogeografska rekonstrukcija otanško-karpatičkih taložnih okoliša zapadnog dijela Dravske depresije

Na I dijelu prostora razvoj otanško-karpatičkih naslaga je isti, ali su naslage piroklastita znatno deblje. Na naslage salina jezera i aluvijalnih lepeza rubova depocentara (slika 6.12) naliježu slatkovodne jezerske naslage, prema nalazima slatkovodnih algi u proksimalnim deltnim naslagama koje distalno, prema najdubljem dijelu bazena, prelaze u crne, većinom nefosiliferne lapore, dok su rjeđe utvrđeni lapori sa slatkovodnom ostrakodnom faunom u plićim intervalima (Or-2) (VLAHOVIĆ, 1983*), što sugerira da bi ove naslage mogle pripadati donjobadenskoj jezerskoj fazi razvoja bazena (PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018).

Efuzivne stijene u istraženom prostoru tvore značajne debljine sinriftnog kompleksa, a prema rezultatima ovog istraživanja, veliki dio efuziva akumuliran je tijekom donjeg badena, na što upućuje proslojenost bazalt-andezita s jezerskim laporima te pojave analcima kao proizvoda izmjene vulkanskog stakla u alkalnom jezeru, gdje su bili aktivni vulkani Orešac i Bakić, koji su ujedno i kartirani korištenjem 2D seizmičkih profila. Vulkansko staklo je metastabilno pa stoga vrlo brzo, tijekom samo nekoliko godina trošenja i dijagenoze podliježe

devitrifikaciji dajući minerale glina i zeolite. Izlučivanje zeolita odvija se pri odgovarajućem kemizmu alkalnog jezera (TUCKER, 2008).



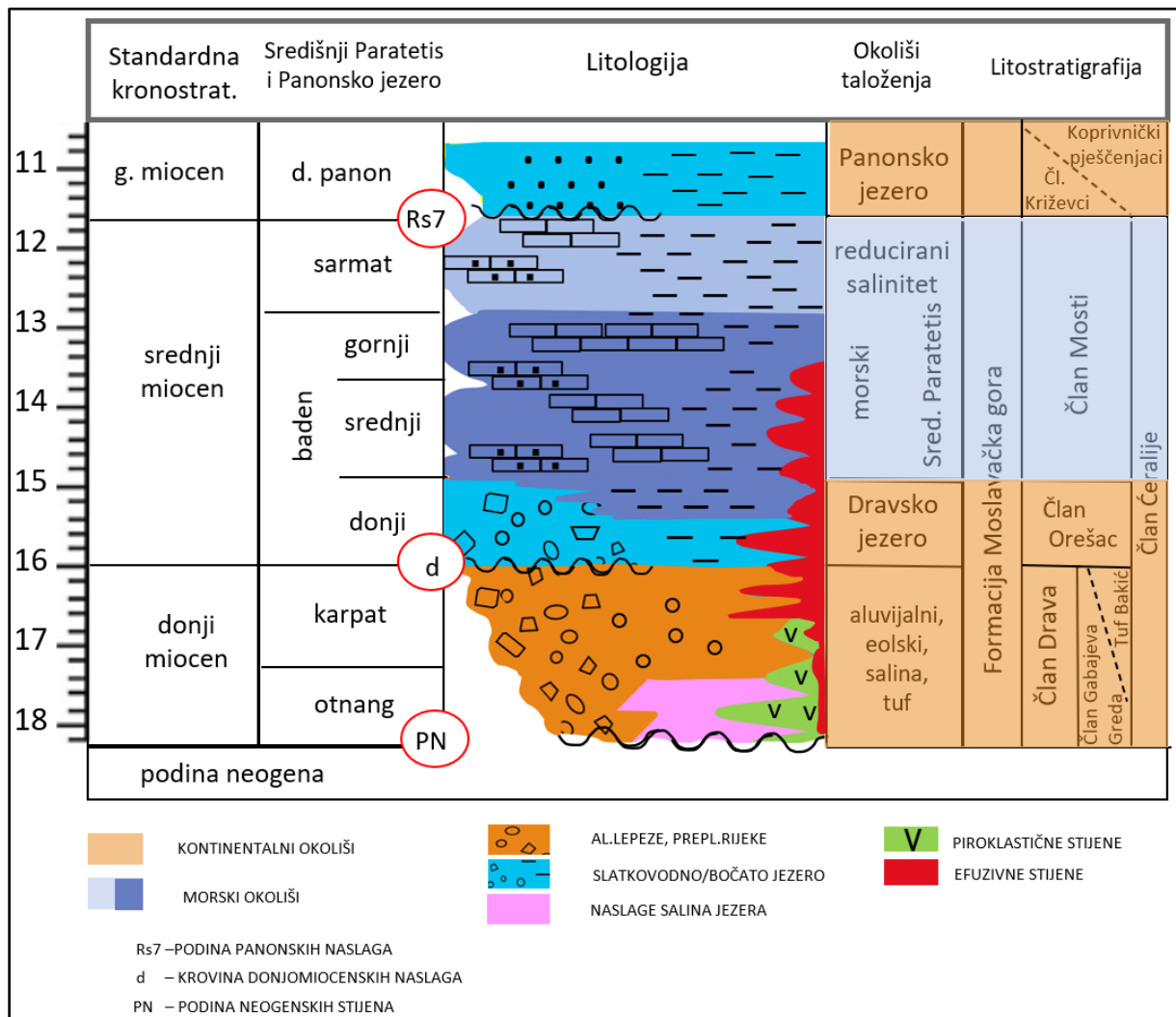
Slika 6.12: Paleogeografska rekonstrukcija donjobadenskih okoliša istočnog dijela istraženog prostora Dravske depresije

Mogući smjerovi paleotransporta, prema seizmičkoj interpretaciji i analizi litofacijesa, su longitudinalni SZ-JI, gdje su se duž dna graba mogle razviti prepletene rijeke i/ili salina jezera u hipsometrijski najnižim prostorima te transverzalni SI-JZ, na što upućuje smjer progradacije delte, kao i položaj aluvijalnih lepeza duž glavnih rubnih rasjeda (slike 6.11, 6.12).

6.4. OPIS I IZDVAJANJE NOVIH LITOSTRATIGRAFSKIH JEDINICA

U naslagama subaerski istaloženih klastita diljem svijeta, kao što su naslage aluvijalnih lepeza, rijeka i poplavnih ravnica, mikropaleontološke analize najčešće ne daju pozitivne rezultate pa je stratigrafski položaj naslaga nerijetko problematičan. Kontinentalne naslage istražene ovim radom do sada nisu bile izdvojene u članove. U naftno-geološkoj praksi, dijelom su pripisivane internim jedinicama: Podloga tercijara (Pt) pretpostavljene mezozojske starosti, a dijelom morskim naslagama člana Mosti, pretpostavljene starosti donji-srednji miocen. Stoga se ukazala potreba za imenovanjem novih članova u formaciji Moslavačka gora, koji bi se

odnosili na litofacijese izdvojenih okoliša slatkovodnog jezera, salina, aluvijalnih lepeza i prepletenih rijeka pretpostavljene donjomiocenske starosti. To su: član Drava (naslage aluvijalnih lepeza i prepletenih rijeka), član Gabajeva Greda (evaporitne salina naslage), član Orešac (jezerske naslage) te tuf Bakić (donjomiocenske piroklastične naslage) (slika 6.13).



Slika 6.13: Sedimentološki i stratigrafski shematski stup Dravske depresije (standardna kronostratigrafija, litologija, okoliši taloženja, Središnji Paratetis i Panonsko jezero prema PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018, dopunjeno prema BRLEK et al., 2020, a litostratigrafija prema rezultatima istraživanja ovog rada)

Član Drava je najzastupljeniji u istraženim bušotinama Dravske depresije gdje je u središnjem JZ dijelu istraženog prostora ujedno i najveće debljine preko 1800 m (slika 5.89), a utvrđen je i u bušotinama Slavonsko-srijemske i Savske depresije. Čine ga nefosiliferne i

najčešće hematitizirane breče, konglomerati i pješčenjaci koji su svrstani u naslage aluvijalnih lepeza i manjim dijelom u naslage prepletenih rijeka. Pripadaju mu: litofacijes klastima potpornih breča (Bc), litofacijes matriksom potpornih breča (Bmm), litofacijes matriksom potpornih konglomerata (Gmm), litofacijes klastima potpornih konglomerata (Gc), litofacijes vodoravno laminiranih pješčenjaka (Sl), litofacijes masivnih pješčenjaka (Sm) te litofacijes masivnih hematitiziranih muljnjaka do silita (Fm). Intervali izrazito visokih vrijednosti GR prisutni su u slučaju kada je član Drava proslojen naslagama tufa Bakić. Kao tipske bušotine izdvojene su Lšn-2, -1 i Di-1 (slika 5.12), iako većina bušotina Dravske depresije istraženih ovim radom sadrži ovaj član.

Član Orešac određen je samo u Dravskoj depresiji i to u istočnom dijelu istraženog prostora (prilog 5). Čine ga jezerske naslage. U rubnim djelovima jezera to su krupnoklastične naslage Gilberove delte, a u najdubljem, središnjem dijelu jezera ovaj član sačinjavaju tamno sivi do crni nefosiliferni lapori, sa svjetlijim laminama sastavljenim od mikrokristalastog kalcita i tamnijim laminama sastavljenim od minerala glina, oksida i hidroksida željeza te malo organske tvari. Lapor proslojava andezit-bazalt. Članu Orešac pripadaju litofacijes masivnih klastima potpornih konglomerata sa slatkovodnim mikrofosilima (Gmc) i litofacijes laminiranih lapora (F). Tipske bušotine za ovaj član su Lč-1Al i Or-1 (slike 5.49 i 5.58), a procijenjene debljine naslaga su između 50 i 150 m.

Član Gabajeva Greda zastupljen je samo u bušotinama sjeverozapadnog te istočnog dijela istraživanog prostora Dravske depresije. Prosječne je debljine oko 300 m. Čini ga litofacijes laminiranih dolomita, anhidrita i pelita (D) koji pripada evaporitnim naslagama hidrološki zatvorenih (salina) jezera. Palinološkim analizama utvrđeni su brojni ostaci višeg bilja poput velikih i oksidiranih klasta lignohumina, rijetke sporomorfe, ciste dinoflagelata te zelena alga *Botryococcus braunii*, što su palinofacijesna obilježja koja su inače česta u slatkovodnim i brakičnim sredinama Paratetisa. Tipska bušotina je GaG-1 (slike 5.4 i 5.5).

Tuf Bakić zastupljen je u jezgrovanim intervalima Dravske depresije u debljinama mjestimično i više od 200 m (Bak-1), dok su u istraženim bušotinama Slavonsko-srijemske rjeđi, a posve izostaju u istraženim bušotinama Savske depresije. Čine ga kisele piroklastične stijene i to tufovi, lapili, aglomerati, piroklastične breče i sedimenti piroklastičnih tokova. Tipske bušotine su Potony-1 i Lšn-1 (slike 5.51 i 5.12).

7. ZAKLJUČCI

U radu su istražene i opisane donjomiocenske kontinentalne naslage odabranih prostora Slavonsko-srijemske, Savske i Dravske depresije s ciljem pojašnjenja njihovih sedimentoloških i strukturnih osobitosti. Istražena su njihova litofacijsna obilježja, debljine i vertikalni i bočni trendovi. Prostorni i vremenski slijed naslaga opisan je korištenjem dubinskih strukturnih karata, vertikalnih i horizontalnih seizmičkih presjeka, palinspastičkim profilom invertirane donjomiocenske strukture u Slavonsko-srijemskoj depresiji te paleogeografskim rekonstrukcijama otnanško-karpatskih okoliša na primjeru zapadnog dijela istraženog prostora Dravske depresije te krovinskih donjobadenskih okoliša istočnog dijela istraženog prostora Dravske depresije.

U odabranom prostoru Dravske depresije za kartiranje krovine donjomiocenskih naslaga (d) te podine neogenskih naslaga (PN) korištena je metoda najmanjih kvadrata kao pristup koji se često koristi kod prikaza geoloških varijabli u tvrtki u kojoj je disertaciji nastala. Za ulazne podatke dobivene interpretacijom profila međusobno udaljenih u prostoru 30-40 m, na površini od približno 80x25 km uporabljeni algoritam najmanjih kvadrata može se smatrati dovoljno pouzdanim za ocrtavanje regionalnih i temeljnih struktura na razini odabranih površina PN i d.

Temeljem analize i opisa teksturno-strukturnih značajki jezgara kao što su: veličina i oblik zrna, zaobljenost, sortiranost, odnos zrna i veziva, boja, struktura, slojevitost, laminacija, deformacijske strukture, okomite promjene litofacijsa te dijagenetske promjene, izdvojeni su slijedeći litofacijsi: litofacijs klastima potpornih breča (Bc), litofacijs matriksom potpornih breča (Bmm), litofacijs matriksom potpornih konglomerata (Gmm), litofacijs klastima potpornih konglomerata (Gc), litofacijs masivnih klastima potpornih konglomerata (Gmc) sa slatkovodnim mikrofosilima, litofacijs laminiranih pješčenjaka (Sl), litofacijs masivnih pješčenjaka (Sm), litofacijs masivnih hematitiziranih muljnjaka do siltita (Fm), litofacijs laminiranih lapora (F), litofacijs laminiranih dolomita, anhidrita i pelita (D) te piroklastične i efuzivne stijene.

Kontinentalne naslage istražene ovim radom do sada nisu bile izdvojene u članove. U naftno-geološkoj praksi, dijelom su pripisivane internoj jedinici Podloga tercijara pretpostavljene mezozojske starosti, a dijelom morskim naslagama člana Mosti, pretpostavljene starosti donji-srednji miocen. Stoga se ukazala potreba za imenovanjem novih članova u formaciji Moslavačka gora, koji bi se odnosili na litofacijese izdvojenih kontinentalnih okoliša pretpostavljene donjomiocenske starosti i to: naslage aluvijalnih lepeza i prepletenih rijeka

(član Drava), evaporitne salina naslage (član Gabajeva Greda), jezerske naslage (član Orešac) te donjomiocenske piroklastične naslage (tuf Bakić).

Temeljem litofacijskih obilježja i interpretiranih mehanizama taloženja, litofacijesi su s obzirom na zajednice u kojima se pojavljuju razvrstani u nekoliko taložnih okoliša u kojima su se odlagale donjomiocenske naslage. To su: aluvijalne lepeze, prepletene rijeke, hidrološki zatvorena (salina) jezera te donjobadenske naslage hidrološki otvorenog jezera. Prema značajkama opisanih litofacijskih jezgrovanih intervala bušotina na prostorima Dravske, Slavonsko-srijemske i Savske depresije, interpretirani su navedeni kontinentalni okoliši taloženja za koje je pretpostavljeno da su nastali tijekom ranog miocena, a prekriveni su donjobadenskim jezerskim naslagama, morskim naslagama badena ili jezerskim naslagama panona. Uz obilježja litofacijskih, svim istraženim naslagama, osim jezerskih, zajedničko svojstvo je hematitiziranost.

Kartiranjem krovine kopnenih litofacijskih (d) utvrđeno je da se na seizmičkim profilima rubnih bazenskih prostora može prepoznati kao površina na koju bočno naliježu donjobadenske jezerske i badenske morske taložine, a na karotažnim krivuljama kao nagla promjena trendova koja upućuje na diskordanciju. Ciklusi pokrupnjavanja i positnjavanja se češće izmjenjuju u donjim djelovima donjomiocenskih sukcesija, dok u gornjim djelovima prevladavaju ciklusi positnjavanja prema gore što upućuje na to da se početni, intenzivni tektonski pokreti u ranom stadiju riftinga nastavljaju općenito stabilnijim uvjetima u bazenu uz snižavanje kopnenoga reljefa.

Donjomiocenski litofacijesi su najraznovrsniji u Dravskoj depresiji, a zajedničko svim trima depresijama je razvoj aluvijalnih okoliša u uvjetima semi-aridne klime u vrijeme otnanga i karpata, na što upućuju opisani litofacijesi jezgrovanih intervala. Osim tektonike i vulkanizma, važno je i djelovanje klime na taloženje tijekom ranog miocena, što se ogleda u njezinom utjecaju na intenzitet erozije i rezultirajućem prinosu sedimenta koji puni bazen. Tako primjerice smanjena precipitacija u uvjetima semi-aridne klime uvjetuje slab razvoj vegetacije koja bi mogla usporiti eroziju, što pogoduje rijetkim, ali intenzivnim poplavama, a to je posebno izraženo u sustavima aridnih aluvijalnih lepeza i prepletanih rijeka.

Prostor Dravske depresije istražen ovim radom ima obilježja asimetričnog rifta, tj. tektonske polugrabe omeđene na JZ strani normalnim glavnim rubnim Dravskim rasjedom, a na SI dijelu nizom normalnih rasjeda, ali znatno plićih i kraćih po pružanju. Središtem zapadnog, plićeg dijela bazena, prostire se intrabazensko uzdignuće, rubni rasjedi su planarni, dok su samo na krajnjem SI rubu istočnog dijela bazena prisutni i manji listrički rasjedi koji s blago položenom podinom neogena čine površinu diskontinuiteta s mjestimično razvijenim sin-

riftnim roll-over antiklinalama. U istočnom, dubljem dijelu bazena, koji je ujedno i najdublji dio Dravske depresije, nalaze se jezerske kliniforme Gilbertove delte te dva paleovulkana i jedan razoreni krater tipa maar. Na stijene podine neogena talože se naslage pretpostavljene otnanško-karpatске starosti. Na SZ i I dijelu istraženog prostora utvrđene su naslage salina jezera, s njima se proslojavaju i na njih naliježu psamitske, psefiske i pelitne naslage aluvijalnih lepeza i prepletenih rijeka. Tufovi se pojavljuju kao proslojci te kao klasti breča i konglomerata. Efuzivne stijene na zapadnom dijelu istraženog prostora Dravske depresije, prema rezultatima ovog istraživanja, pripadaju otnangu-karpatu, a na istočnom dijelu, osim otnangu-karpatu, vjerojatno i donjem badenu, na što upućuje proslojenost bazalt-andezita s jezerskim laporima.

U prostoru Slavonsko-srijemske depresije glavni strukturni elementi su grabe i horstovi, slično kao i u Dravskoj depresiji, s tim da je razvijeno i nekoliko inverznih struktura, kao što je Ant-1, nastala vjerojatno u prvoj, post-sarmatskoj kompresijskoj fazi. Polimiktne breče i konglomerati, pješčenjaci i crveni masivni siltiti su, s obzirom na značajke litofacijesa, svrstani u najstarije sin-riftnе taložine Slavonsko-srijemske depresije, odnosno otnang-karpat.

Istraživani prostor Savske depresije, za razliku od Dravske i Slavonsko-srijemske depresije, ima obilježja regionalnoga *pull-apart* bazena na što ukazuje i razvoj intrabazenskih rasjeda što se odražava na strukturnim kartama sin-riftnih naslaga Savske depresije koji ima smjer pružanja SZ-II uz subvertikalni rubni Savski rasjed desnog horizontalnog pomaka. Otnanško-karpatским klastitima na analiziranim bušotinama pripadaju: hematitizirani polimiktни konglomerati, breče, pješčenjaci i muljnјaci, moguće i efuzivne stijene. Otvoreno je pitanje starosti dijabaza nabušenih bušotinom No-2 te dijabaza koji su probili škrilјavce na bušotini OkD-1. Podrijetlom bi mogli biti mezozojski (?kreda), ali i miocenski sin-tektonski, posebno stoga što su smješteni neposredno uz glavnu rasjednu zonu Savskog rasjeda koja je u vrijeme otvaranja Savske depresije mogla osigurati proboј ovih žičnih stijena.

Budućim bi istraživanjima najsigurnije podatke o točnom vremenu taloženja kontinentalnih naslaga opisanih ovim radom dalo radiometrijsko datiranje tufova, a time bi se točnije utvrdilo i vrijeme početka otvaranja depresija.

8. LITERATURA

8.1. Objavljeni radovi

1. ALONSO-ZARZA, A.M. & WRIGHT, V.P. (2010): Palustrine carbonates. *Dev. Sedim.*, 61, 225-267.
2. BALIĆ, D., VELIĆ, J., & MALVIĆ, T. (2008): Selection of the most appropriate interpolation method for sandstone reservoirs in the Kloštar oil and gas field. *Geologia Croatica*, 61, 1, 27-35.
3. BALLA, Z.M., TÁTRAI, M.R., & DUDKO, A. (1987): Young tectonics of Transdanubia based on geological and geophysical data. *An.Rep. of MÁELGI Geoph. Inst.* from 1986, 74–94.
4. BALÁZS, A. (2017): Dynamic model for the formation and evolution of the Pannonian Basin. The link between tectonics and sedimentation. *Utrecht Stud. Earth Sci.* 132, 153.
5. BASSO, K.; ZINGANO, P. & FREITAS, C. (1999): Interpolation of Scattered Data: Investigating Alternatives for the Modified Shepard Method. *Proceedings of the XII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI '99)*, Campinas, Brazil, 17–20 October 1999; Stolfi, J., Tozzi, C.L., Eds.; Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) & Sociedade Brasileira de Computação (SBC): Campinas, Brazil, 1999; pp. 39–48.
6. BIGUNAC, D., KRIZMANIĆ, K., SOKOLOVIĆ, B. & IVANIČEK, Z. (2012): Sediment piroklastičnog toka (ignimbrit) miocenske formacije Tar u Dravskoj depresiji. *Nafta*, 63, 9-10, 307-314.
7. BISHOP, A., NICOL, A., COLE, J. & GRAVLEY, D.D. (2019): Stratigraphy of a Buried Monogenetic Volcanic System. *Jour. Op. Geosci.*, 581-316.
8. BLAIR, T.C. & BAKER, F. G. & TURNER, J. B. (1991): Cenozoic fluvial facies architecture and aquifer heterogeneity, Oroville, California, superfund site and vicinity. In: *The Three-Dimensional Facies Architecture of Terrigenous Clastic Sediments and Its Implications for Hydrocarbon Discovery and Recovery* (eds. A.D. Miall & N. Tyler). *SEPM Conc. In Sed. and Pal.*, 3, 148-159.
9. BLAIR, T.C. & BILODEAU, W.L. (1988): Development of tectonic cyclothemes in rift, pull-apart, and foreland basins: Sedimentary response to episodic tectonism. *Geology*, 16, 517-520.

10. BLAIR, T.C. & McPHERSON, J.G. (1994): Alluvial fan processes and forms. In: *Geomorphology of Desert Environments* (eds. A.D. Abrahams & A.J. Parsons), Chapman & Hall, London, 354-402.
11. BLAIR, T.C. & McPHERSON, J.G. (1999): Grain size and textural classification of coarse sedimentary particles. *Jour. Of Sed. Res.*, 69, 6-19.
12. BLAIR, T.C. & McPHERSON, J.G. (2009): Processes and Forms of Alluvial Fans. In: *Geomorphology of Desert Environments*, 2nd ed (eds. A.J. Parsons & A.D. Abrahams), Chapman & Hall, London, 413-467.
13. BRLEK, M., KUTTEROLF, S., GAYNOR, S., KUIER, K., BELAK, M., BRČIĆ, V. , HOLCOVA, K., WANG, K., BAKRAČ, K., HAJEK-TADESSE, V., MI ŠUR, I., HORVAT, M., ŠUICA, S & SCHLATEGGER, U. (2020): Miocene syn-rift evolution of the North Croatian Basin (Carpathian-Pannonian region): new constraints from Mts. Kalnik and Požeška gora volcanic record with regional implications. *Int.Journ. of Earth Sci.*, 109, 2775-2800.
14. CLIFTON, A. E., SCHLISCHE, R. W., WITHJACK, M. O. & ACKERMANN, R. V. (2000): Influence on rift obliquity on fault-population systematics: Results of experimental clay models, *J. Struct. Geol.*, 22, 1491–1509.
15. CSONTOS, L. & NAGYMAROSY, A.(1998): The Mid-Hungarian line: a zone of repeated tectonic inversions. *Tectonophysics*, 297, 51-71.
16. COSTA, J. E. (1988): Rheologic, geomorphic and sedimentologic differentiation of water floods, hyperconcentrated flows and debris flows. In: *Flood geomorphology*. V.R. Baker, R.C. Kochel & P.C. Patton (eds.), Wiley, NY, 113-122.
17. DIMITRIJEVIĆ, M. & DIMITRIJEVIĆ, M. (1989): *Depozicioni sistemi klastita*. IGI, Zagreb, 458 str.
18. ĆORIĆ, S., PAVELIĆ, D., RÖGL, F., MANDIĆ, O., VRABAC, S., AVANIĆ, R., JERKOVIĆ, L. & VRANJKOVIĆ, A. (2009): Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratetis). *Geol. Croat.*, 62, 31-43.
19. FREYET, P. & VERRECHIA, E.P., 2002: Lacustrine and palustrine carbonate petrography: an overview, *Journ. Of Paleolim.*, 27, 221-237.
20. FISHER, R.V. & SCHMINCKE, J.-U. (1984): *Pyroclastic Rocks*. Springer-Verlag, Berlin, 472 p.

21. GAWTHORPE, R.L. & COLELLA, A. (1990): Tectonic controls on coarse-grained delta depositional systems in rift basins. In: *Coarse-grained Deltas* (eds. A. Collella & D.B. Prior). *Spec. Publs IAS*, 10, 113-127.
22. GAWTHORPE, R.L. & LEEDER, M.R. (2000): Tectono-sedimentary evolution of active extensional basin. *Bas. Res.*, 12, 195-218.
23. GORJANOVIĆ - KRAMBERGER, D. (1900): Die Fauna der unterpontische Bildungen um Lonjica in Slavonien. *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 49/1, 125-134, Wien.
24. GUCCIONE, M. J. (1993): Grain-size distribution of overbank sediment and its use to locate channel position. In: Marzo M. & Puigdefábregas C. (eds.): *Alluvial sedimentation*. *Spec. Pub. IAS*, 17, 185-194.
25. HAJEK-TADESSE, V., BELAK, M., SREMAC, J., VRSALJKO, D. & WACHA, L. (2009): Early Miocene ostracods from Sadovi section (Mt Požeška gora, Croatia). *Geol. Carp.*, 60, 3, 251-262.
26. HARDENBOL, J., THIERRY, J., FARLEY, M.B., JACQUIN, T., DE GRACIANSKY, P.-C. & VAIL, P.R. (1998): Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. In: de Graciansky, P. C., Hardenbol, J., Jacquin, T., Vail, P.R. (eds.), *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. *SEPM Spec. Publ*, vol. 60, 3-13.
27. HARZHAUSER, M. & PILLER, W.E. 2007. Benchmark data of a changing sea. – *Palaeogeography, palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 253 (2007) 8–31.
28. HERNITZ, Z., BOKOR, N. & MALVIĆ, T. (2001) Geostatistical modeling of petrophysical data of oil fields in the northern Croatia. *EAGE, Ext. abs. book*, 63.
29. HEWARD, A.P. (1978): Alluvial fan sequence and megasequence models: with example from Westphalian D - Stephanian B coalfields, Northern Spain. In: *Fluvial Sedimentology* (ed. A.D. Miall), *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, 5, 669-702.
30. HORVÁTH, F. (1995): Phases of compression during the evolution of the Pannonian Basin and its bearing on hydrocarbon exploration. *Mar. Petrol. Geol.*, 12, 837-844.
31. HORVÁTH, F. & CLOETINGH, S. (1996): Stress-induced late-stage subsidence anomalies in the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 266, 287-300.
32. IVŠINOVIĆ, J. & MALVIĆ, T. (2020): Application of the radial basis function interpolation method in selected reservoirs of the Croatian part of the Pannonian Basin System. *Mining of mineral deposits*, 14, 3, 37-42, doi:10.33271/mining14.03.037.

33. LEEDER, M.R. & GAWTHORPE, R.L. (1987): Sedimentary models for extensional tilt-block/half-graben basins. In: COWARD, M.P., DEWEY, J.F. & HANCOCK, P.L. (eds.) Continental Extensional Tectonics, Geol. Soc. Of Lond. Spec. Pub., 28, 139-152.
34. KOCHANSKY-DEVIDÉ, V. & SLIŠKOVIĆ, T. (1978): Miocenske kongerije Hrvatske, Bosne i Hercegovine. Paleont. Jugosl., 19, 1-98.
35. KOVAČIĆ, M., HORVAT, M., PIKIJA, M. & SLOVENEK, D. (2011): Composition and provenance of Neogene sedimentary rocks of Dilj gora (south Pannonian Basin, Croatia) . Geol. Croat., 64, 2, 121-132.
36. KRANJEC, V. (1972): O utvrđivanju najnovijih tektonskih pokreta i njihovu naftnogeološkom značenju u savsko-dravskom području. Nafta, 23, 10, 463-474.
37. KRUMBEIN, W. C. & SLOSS, L. L. (1963): Stratigraphy and sedimentation. W. H. Freeman & Co., San Francisco, 660 p.
38. LASKAREV, V.N., 1924. Sur les equivalentes du Sarmatien supérieur en Serbie. Recueil de travaux offert a M. Jovan Cvijic par ses amis et collaborateurs, 73–85.
39. 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. Mar. Petrol. Geol., 18, 133-147.
40. LY, S., CHARLES, C.& DEGRÉ, A. (2011): Geostatistical interpolation of daily rainfall at catchment scale: The use of several variogram models in the Ourthe and Ambleve catchments, Belgium. Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 2259–2274.
41. MALVIĆ, T. (2006): Middle miocene depositional model in the Drava depression described by geostatistical porosity and thickness maps (case study: Stari Gradac-Barcs Nyugat field). Rud.-geol.-naf. zborn., 18, 63-70.
42. MALVIĆ, T. (2008): Primjena geostatistike u analizi geoloških podataka (Application of Geostatistics in Geological Data Analysis – in Croatian). INA-Industrija nafte d.d., Zagreb, Croatia, 103 str.
43. MALVIĆ, T. (2012): History of geostatistical analyses performed in the Croatian part of the Pannonian Basin System. Nafta, 63, 7-8, 223-235.
44. MALVIĆ, T., IVŠINOVIĆ, J., VELIĆ, J., SREMAC, J.& BARUDŽIJA, U. (2020): Application of the Modified Shepard's Method (MSM): A Case Study with the Interpolation of Neogene Reservoir Variables in Northern Croatia. Stats, 3, 1, 68-83, doi:10.3390/stats3010007.
45. MALVIĆ, T. & PRSKALO, S. (2007): Koristi upotrebe neuronske mreže u procjeni poroznosti (na primjeru polja Beničanci). Nafta, 58, 9, 462-467.

46. MALVIĆ, T. & CVETKOVIĆ, M. (2013): Lithostratigraphic units in the Drava Depression (Croatian and Hungarian parts) – a correlation. *Nafta*, 64, 1, 34-38.
47. MALVIĆ, T. & VELIĆ, J. (2008): *Geologija ležišta fluida*, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 139 str., Zagreb.
48. MALVIĆ, T. & VELIĆ, J. (2010): Relations between effective thickness, gas production and porosity in heterogeneous reservoirs: an example from the Molve Field, Croatian Pannonian Basin. *Petr. Geosci.*, 16, 41–51.
49. MALVIĆ, T. & VELIĆ, J. (2011): Neogene Tectonics in Croatian Part of the Pannonian Basin and Reflectance in Hydrocarbon Accumulations. In: Schattner, U. (ed.): *New Frontiers in Tectonic Research: At the Midst of Plate Convergence*, InTech, Rijeka, 215-238.
50. MANDIĆ, O.; DE LEEUW, A.; BULIĆ, J.; KUIPER, K.F.; KRIJGSMAN, W. & JURISIĆ-POLŠAK, Z. (2012): Paleogeographic evolution of the Southern Pannonian Basin: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age constraints on the Miocene continental series of Northern Croatia. *Int. J. of Earth Sci.*, pp. online first.
51. MANDIĆ, O., KUREČIĆ, T., NEUBAUER, T.A. & HARZHAUSER, M. (2015): Stratigraphic and palaeogeographic significance of lacustrine molluscs from the Pliocene *Viviparus* beds in Central Croatia. *Geol. Croat.* 68, 179–207.
52. MARKOVIĆ, F., KUIPER, K., ĆORIĆ, S., HAJEK-TADESSE, V., HERNITZ KUČENJAK, M., BAKRAČ, K., PEZELJ, Đ. & KOVAČIĆ, M. (2021): Middle Miocene marine flooding: New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age constraints with integrated biostratigraphy on tuffs from the North Croatian Basin. *Geol. Croat.* 74/3, Article in press.
53. MATENCO, L.C. & RADIVOJEVIĆ, D. (2012): On the formation and evolution of the Pannonian Basin: constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides. *Tectonics* 31, TC6007. <http://dx.doi.org/10.1029/2012TC003206>.
54. MARTON, E., PAVELIĆ, D., TOMLJENOVIĆ, B., AVANIĆ, R., PAMIĆ, J. & MARTON, P. (2002): In the wake of a counterclockwise rotating Adriatic microplate: Neogene paleomagnetic results from northern Croatia. *Int. J. of Earth Sci.*, 91, 514-523.
55. MIDDLETON, G. V. & HAMPTON, M. A. (1976): Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. In: *Marine Sediment Transport and Environmental Management* (eds. D.J. Stanley & D. J. P. Swift), Wiley, NY, 198-211.
56. MIAL, A. D. (1996): *The geology of fluvial deposits*, Springer, 582 str.

57. MIALL, A. D. (2000): Principles of Sedimentary Basin Analysis. Springer-Verlag, NY, 616 str.
58. MIDDLETON, G.V. & HAMPTON, M.A. (1976): Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. In: Marine Sediment Transport and Environmental Managing (eds. D.J. Stanley & D.J.P. Swift), Wiley, New York, 198-218.
59. MOSCIARELLO, A. (2017): Alluvial fans and fluvial fans at the margins of continental sedimentary basins: geomorphic and sedimentological distinction for geo-energy exploration and development. Geol. Soc., London, Spec. Pub., 440, 215-243.
60. MÜLLER, G. (1967): Methods in Sedimentary Petrology. Sedimentary Petrology, Part I. Schweizerbart, Stuttgart, 283.
61. NEMEC, W. & STEEL, R.J. (1984): Alluvial and costal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits. In: Sedimentology of gravels and conglomerates (eds. E.H. Coster & R.J. Steel), Can. Soc. Petrol. Geologists Mem., 10, 1-31.
62. NEUBAUER, T.A., HARZHAUSER, M., KROH, A., GEORGOPOULOU, E. & MANDIC, O. (2015): A gastropod-based biogeographic scheme for the European Neogene freshwater systems. Earth Sci. Rev. 143, 98–116.
63. PAVELIĆ, D. (2001): Tectonostratigraphic Model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System. Blackwell Science, Basin Res., 13, 359-376.
64. PAVELIĆ, D. (2002): The South-Western Boundary of Central Paratethys. Geol. Croat., 55, 1, 83-92.
65. PAVELIĆ, D. (2005): Cyclicity in the evolution of the Neogene North Croatian Basin (Pannonian Basin System). In: MABESOONE, J.M. & NEUMANN, V.H. (eds.): Cyclic Development of Sedimentary Basins. Dev. Sedim., Elsevier, 57, 273–283.
66. PAVELIĆ, D. (2013): Karpatsko-badenski slatkovodni sedimenti Psunja. Vijesti Hrv. geol. društ. 49, 1, 21-22.
67. PAVELIĆ, D. (2015): Povijest datiranja prve marinske transgresije u miocenskome sjevernohrvatskom bazenu. History of dating of first marine transgression in the Miocene North-Croatian Basin.- Međunarodni skup – 100-ta obljetnica rođenja akademkinje Vande Kochansky-Devidé. International Meeting – 100th Birth Anniversary of Vanda Kochansky-Devidé, Member of Academy, Zagreb, 41-45.

68. PAVELIĆ, D., KOVAČIĆ, M., BANAK, A., JIMÉNEZ-MORENO, G., MARKOVIĆ, F., PIKELJ, K., VRANJKOVIĆ, A., PREMUŽAK, L., TIBLJAŠ, D. & BELAK, M. (2016): Early Miocene European loess: A new record of aridity in southern Europe. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 128, 110-121.
69. PAVELIĆ, D. & KOVAČIĆ, M. (2018): Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift-type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia): A review. *Marine and petroleum geology*, 91, 455-469.
70. PAVELIĆ, D., AVANIĆ, R., KOVAČIĆ, M., VRSALJKO, D. & MIKNIĆ, M. (2003): An Outline of the Evolution of the Croatian Part of the Pannonian Basin System. In: VLAHOVIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (eds.): *Evolution of Depositional Environments from the Paleozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin*. 22nd IAS Meet. of Sed., F.Trip Guide, 155–161.
71. PAVELIĆ, D., AVANIĆ, R., BAKRAČ, K. & VRSALJKO, D. (2001): Early Miocene braided river and lacustrine sedimentation in the Kalnik Mountain area (Pannonian Basin System, NW Croatia). *Geol. Carpath.* 52, 6, 375-386.
72. PAVELIĆ, D., AVANIĆ, R. & ZUPANIĆ, J. (2000): Otnangian lacustrine sediments on Mt. Medvednica: facies, depositional environments, and tectonic controls. U: 2. hrvatski geološki kongres. Zb. rad. (ur. I. Vlahović & R. Biondić), Zagreb, 339-343.
73. PAVELIĆ, D. & KOVAČIĆ, M. (1999): Lower Miocene Alluvial Deposits of the Požeška Mt. (Pannonian Basin, Northern Croatia): Cycles, Megacycles and Tectonic implications. *Geol. Croat.*, 52, 1, 67-76.
74. PAVELIĆ, D., KOVAČIĆ, M., TIBLJAŠ, D., GALIĆ, I., MARKOVIĆ, F. & PAVIČIĆ, I. (2022): The transition from a closed to an open lake in the Pannonian Basin System (Croatia) during the Miocene Climatic Optimum: Sedimentological evidence of Early Miocene regional aridity. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110786>.
75. PAVELIĆ, D., MIKNIĆ, M. & SARKOVIĆ ŠLAT, M. (1998): Early to Middle Miocene facies succession in lacustrine and marine environments on the southwestern margin of the Pannonian basin system (Croatia). *Geol. Carpath.*, 49, 6, 433–443.
76. PAVELIĆ, D., ŠIMUNIĆ, An., ŠIMUNIĆ, Al., AVANIĆ, R. & KOVAČIĆ, M. (1995): Aluvijalne naslage otnanga – lokalitet Vidovec-1. U: *Geološki vodič Medvednice* (ur. K. Šikić), Inst. za geol. istraž., INA d.d., Zagreb, 152-153.

77. PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. & SIEVER, R. (1972): Sand and Sandstones. Springer-Ver., New York-Heidelberg-Berlin, 615.
78. PEZELJ, Đ., SREMAC, J. & SOKAČ, A. (2007): Palaeoecology of the Late Badenian foraminifera and ostracoda from the SW Central Paratethys (Medvednica Mt., Croatia). *Geol. Croat.* 60, 139–150.
79. PILLER, W.E., HARZHAUSER, M. & MANDIĆ, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. *Stratigraphy*, 4, 151-168.
80. PLETIKAPIĆ, Ž., GJETVAJ, I., JURKOVIĆ, M., URBIHA, H. & HRNČIĆ, LJ. (1964): Geologija i naftoplinonosnost Dravske potoline. *Geol. vj.*, 17, 49-78.
81. POPOV, S.V., RÖGL, F., ROZANOV, A.Y., STEININGER, F.F., SHCHERBA, I.G. & KOVÁČ, M. Eds. (2004): Lithological-Paleogeographic maps of Paratetis : 10 maps Late Eocene to Pliocene. *Cour. Forsch. Senck.*, 250, 1-46.
82. POTTER, P. E., MAYNARD, J. B. & PRYOR, W. A. (1980): Sedimentology of shale. Springer-Verlag, New York, 306 p.
83. PRELOGOVIĆ, E., JAMIČIĆ, D., ALJINOVIĆ, B., VELIĆ, J., SAFTIĆ, B. & DRAGAŠ, M., (1995): Dinamika nastanka struktura južnog dijela Panonskog bazena. U: 1. hrv. geol. kong. (ur. I. Vlahović, I. Velić, M. Šparica), Opatija, 481-486.
84. PRELOGOVIĆ, E., SAFTIĆ, B., KUK, V., VELIĆ, J., DRAGAŠ, M. & LUČIĆ, D. (1998): Tectonic activity in the Croatian part of the Pannonian basin. *Tectonophysics*, 297, 283-293.
85. PRELOGOVIĆ, E., & VELIĆ, J. (1992): Correlation of Quaternary sediments and tectonic activity of the eastern part of the Drava river depression. *Geol. Croat., Zagreb*, 45, 151-162.
86. PROSSER, S. (1993): Rift-related linked depositional systems and their seismic expression. In: Williams, G. D. & Dobb, A. (eds.) *Tectonica and Seismic Sequence Stratigraphy*, *Geol. Soc. Spec. Pub.*, 71, 35-66.
87. SCHLISCHE, R.W. (1995): Geometry and origin of fault-related folds in extensional settings. *AAPG Bul.*, 79, 1661-1678.
88. SCHMID, R. (1981): Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: recommendation of the IUGS subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology* 9, 41–43.
89. RADIVOJEVIĆ, D. & RUNDIĆ, LJ. (2016): Synrift and postrift Miocene sediments of northern Banat, Serbia. *Undergr. Min. Eng.*, 28, 39–60.

90. REINECK, H. E. & SINGH, J. B. (1973): Depositional environments. Springer-Verlag, 439 str.
91. RENKA, R.J. (1988): Multivariate Interpolation of Large Sets of Scattered Data. *Acm Trans. Math. Softw.* 1988, 14, 139–148.
92. RETALLACK, G.J. (1986): The fossil record of soils. In: Wright, V.P. (eds.) *Palaeosoils: their recognition and interpretation*. Unwin Hyman, Boston, 1-57.
93. RÖGL, F. (1996): Stratigraphic correlation of the Paratetis Oligocene and Miocene. *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, 41, 65–73.
94. RÖGL, F. (1998): Paleogeographic considerations for Mediterranean and Paratetis seaways (Oligocene to Miocene). *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 99A, 279-310.
95. RÖGL, F. & STEININGER, F. (1983): Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran und Paratetis. Die Neogene Palaeogeographie und Palinspastik des zirkum-mediterranen Raumes. *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 85, 135-163.
96. ROYDEN, L., HORVAT, F., NAGYMAROSY, A. & STEGENA, L. (1983): Evolution of the Pannonian Basin system; 1, Tectonics, *Tectonics*, 2, 63–90.
97. ROYDEN, L.H. & DÖVÉNYI, P. (1988): Variations in Extensional Styles at Depth Across the Pannonian Basin System. *AAPG Memoir 45 (Chap. 17) - The Pannonian Basin* (eds. Royden, L.H. & Horváth, F.), 235-255.
98. 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). *Geol. Croat.*, 56, 101-122.
99. SANT, K., PALCU, D.V., MANDIĆ, O. & KRIJGSMAN, W. (2017): Changing seas in the Early–Middle Miocene of Central Europe: a Mediterranean approach to Paratethyan stratigraphy. *Terra Nova*, 29, 5, 273-281.
100. SEBE, K., SEMECZI, I., SZUROMI-KORECZ, A., HABLY, L. & KOVACS, A. (2019): Miocene syn-rift lacustrine sediments in the Mecsek Mts. (SW Hungary). *Swiss Jour. Of Geosc.*, 112, 83-100.
101. SELLEY, R. C. (1988) : *Applied Sedimentology*. Academic press, London, San Diego, New York, Boston, 446.
102. SHCLISCHE, R. W. (1995): Geometry and origin of fault-related folds in extensional settings. *AAPG bulletin* 79 (11), 1661-1678.
103. SCHMID, S.M., BERNOULLI, D., FUGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K. (2008): The

- Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: compilation and evolution of tectonic units. *Swiss Journ. Of Geosci.* 101, 139-183.
104. SMITH, N. D. (1970): The braided stream depositional environment: Comparison of the Platte river with some Silurian clastic rocks, North-Central Appalachians. *Geol. Soc. Am. Bul.*, 82, 3407-3420.
 105. STANISTREET, I.G. & McCARTHY, T.S. (1993): The Okavango fan and the classification of subaerial fan systems.- *Sed. Geol.*, 85, 115-133.
 106. STEEL R.J. & THOMPSON, D.B. (1983): Structures and textures in Triassic braided-stream conglomerates (Bunter Pebble Beds) in the Sherwood Sandstone Group, North Staffordshire, England. *Sedimentology*, 30, 341-367.
 107. STEININGER, F. & RÖGL, F. (1979): The Paratetis history – a contribution towards the Neogene dynamics of the Alpine Orogene (an abstract). *Ann. Géol. Pays Hellén.*, Tome Hors Serie, Fasc., 3, 1153-1165.
 108. STEININGER, E., MÜLLER, C. & RÖGL, F. (1988): Correlation of Central Paratetis, Eastern Paratetis and Mediterranean Neogene Stages. In: ROYDEN, L.H. & HORVÁTH, F. (eds.): *The Pannonian Basin. A Study in Basin Evolution.* AAPG Memoir 45, 79-87.
 109. ŠČAVNIČAR, S., KRKALO, E., ŠČAVNIČAR, B., HALLE, R. & TIBLJAŠ, D. (1983): Naslage s analcimom u Poljanskoj. *Rad JAZU*, Zagreb, 404, 137-169.
 110. ŠUICA, S., KRIZMANIĆ, K. & BIGUNAC, D. (2019): Basin evolution in the eastern part of the Slavonia-Srijem Depression (Eastern Croatia). 8th International Workshop on the NCSEE, Warsaw.
 111. TARI, G., HORVATH, F. & RUMPLER, J. (1992): Styles of extension in the Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 208, 203-219.
 112. TIBLJAŠ, D. & JELAVIĆ, S. (2013): Zeolite deposits in Croatia. *Proceedings.* (ur. N. Rajić, J. Bronić & N. Zabukovec Logar, 24-27.
 113. TIŠLJAR, J. (1993): Sedimentary bodies and depositional models for the Miocene oil-producing areas Ladislavci, Beničanci and Obod (Croatia). *Nafta*, 10, 531–542.
 114. TIŠLJAR, J. (1994): *Sedimentne stijene.* Školska knjiga, Zagreb, 433 str.
 115. TOMLJENović, B & CSONTOS, L. (2001): Neogene-Quaternary structures in the border zone between Alps, Dinarides and Pannonian Basin (Hrvatsko zagorje and Karlovac Basins, Croatia). *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 90 (2001), 3; 560-578.

116. TUCKER, M. E. (2008): Petrologija sedimentata. Uvod u postanak sedimentnih stijena, Blackwell Science Ltd., 262 str.
117. USTASZEVSKI, K., SCHMID, S. M., FÜGENSCHUH, B., TISCHLER, M., KISSLING, E. & SPAKMAN, W. (2008): A map-view restoration of the Alpine-Carpathian-Dinaridic system for Early Miocene. *Swiss Jour. of Geosc.*, 101, 1, 273-294.
118. VELIĆ, J., WEISSER, M., SAFTIĆ, B., VRBANAC, B. & IVKOVIĆ, Ž. (2002): Petroleum-geological characteristics and exploration level of the three Neogene depositional megacycles in the Croatian part of the Pannonian basin. *Nafta*, 53, 6-7, 239-249.
119. VELIĆ, J. (2007): Geologija ležišta nafte i plina. (ed. Zorić, I.). Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 342 str.
120. VENTRA, D. & CLARKE, L. E. (2018): Geomorphology of alluvial and fluvial fans: current progress and research perspectives, *Geol. Soc., London, Spec. Pub.*, 440, 1-21.
121. VRSALJKO, D., ŠIKIĆ, K., PIKIJA, M., GLOVACKI-JERNEJ, Ž. & MIKNIĆ, M. (1995): Miocenske naslage Gornjeg Vrapča. *Geološki vodič Medvednice* (ur. K. Šikić), *Inst. za geol. istraž.*, 61–66.
122. VRSALJKO, D., PAVELIĆ, D., AVANIĆ, R., KOVAČIĆ, M., MIKNIĆ, M., BASH, O. & BAKRAČ, K. (2003): The Late Miocene Lacustrine Transgression on Mt. Žumberak (Western Croatia). Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin. 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija, Field Trip Guidebook / Vlahović, Igor ; Tišljarić, Josip (ur.). Zagreb: Institute of Geology, 163-165.
123. VRSALJKO, D., PAVELIĆ, D., MIKNIĆ, M., BRKIĆ, M., KOVAČIĆ, M., HEĆIMOVIĆ, I., HAJEK- TADESSE, V., AVANIĆ, R. & KURTANJEK, N. (2006): Middle Miocene (Upper Badenian/Sarmatian) Palaeoecology and Evolution of the Environments in the area of Medvednica Mt. (North Croatia). *Geol. Croat.*, 59, 1, 51–63.
124. WALKER, T.R., WAUGH, B. & CRONE, A.J. (1978): Diagenesis in first-cycle desert alluvium of Cenozoic age, southwestern United States and northwestern Mexico. *Geol. Soc. Am. bull.*, 89, 19-32.
125. WENTWORTH, C. K. (1933): The shapes of rock particles: a discussion. *Jour. Geol.*, 41, 306-309.

126. WITHJACK, M.O., SCHLISCHE, R.W. & OLSEN, P.E. (2002): Rift-basin structure and its influence on sedimentary systems. In: Sedimentation in Continental Rifts, ed. R.W. Renaut and G.M. Ashley, Tulsa ,73, 57–81.

8.2. Doktorske disertacije i magistarski radovi

1. HERNITZ, Z., (1980) Dubinski strukturno – tektonski odnosi u području istočne Slavonije. Doktorska disertacija. RGNF Sveučilišta u Zagrebu.
2. MALVIĆ, T. (1998): Strukturni i tektonski odnosi, te značajke ugljikovodika širega područja naftnoga polja Galovac-Pavljani. Magistarski rad, RGNF Sveučilišta u Zagrebu, 111 str.
3. MALVIĆ, T. (2003): Naftnogeološki odnosi i vjerojatnost pronalaska novih zaliha ugljikovodika u Bjelovarskoj uleknini. Doktorska disertacija, RGNF Sveučilišta u Zagrebu, 123 str.
4. MATOŠ, B. (2014): Neotectonic and recently active faults in Bilogora mountain area and assessment of their seismogenic potential. Doktorska disertacija, RGNF Sveučilišta u Zagrebu, 256 str.
5. PAVELIĆ, D. (1998): Taložna evolucija slatkovodnog donjeg i srednjeg miocena sjeverne Hrvatske na temelju analize facijesa. Doktorska disertacija, PMF Sveučilišta u Zagrebu, 149 str.
6. RUKAVINA, D. (2021): Riftne tektonostratigrafske sekvencije donjeg i srednjeg miocena u istočnom dijelu Dravske depresije: primjena za procjenu potencijala geološkog uskladištenja ugljikovog dioksida. Doktorska disertacija, RGNF Sveučilišta u Zagrebu, 245 str.
7. ŠIMON, J. (1980): Prilog stratigrafiji u taložnom sustavu pješćanih rezervoara Sava-grupe naslaga mlađeg tercijara u Panonskom bazenu sjeverne Hrvatske. Doktorska disertacija, RGNF Sveučilišta u Zagrebu.
8. TADEJ, J. (2011): Razvoj ranomiocenskih i srednjomiocenskih taložnih okoliša sjeverozapadnoga dijela Dravske depresije na temelju podataka iz dubokih bušotina. Doktorska disertacija, RGNF Sveučilišta u Zagrebu, 166 str.

8.3. Neobjavljeni radovi

1. BAN, D. & BRODARIĆ, A. (1990), BRODARIĆ, A., SOKOLOVIĆ, B. & IVANIČEK, Z. (2006): Geološka dokumentacija bušotine Lončaruša-1 alfa (Lč-1a). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
2. BARBIĆ, Z. (1984): Geološka dokumentacija bušotine Kalinovac-2 (Kal-2). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
3. BARKOVIĆ, Z., DUNDIĆ, LJ. & VLAHOVIĆ, T. (1983), SOKOLOVIĆ, B. & KRIZMANIĆ, K. (2006): Geološka dokumentacija bušotine Orešac-2 (Or-2). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
4. BRODARIĆ, A. & RAŠKAJ, N. (1992): Geološka dokumentacija bušotine Stari Gradac-6 (StG-6). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
5. DUJMIĆ, D. & ŠIKIĆ, L. (1979): Geološka dokumentacija bušotine Jarmina-1 (Ja-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
6. DUNDIĆ, LJ. (1986): Geološka dokumentacija bušotine Podravska Slatina-5 (PS-5). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
7. DUNDIĆ, LJ. & TROSKOT, K. (1984), VRAGOVIĆ, M. & SOKOLOVIĆ, B. (1985), ŠUICA, S. (2019): Geološka dokumentacija bušotine Bakić-1 (Bak-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
8. HAJNŠEK, S. (1971): Tektonika zapadne i istočne Bilogorske zone. Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
9. IVANIČEK, Z. (1984), MIKNIĆ, S. 1990; SLAVKOVIĆ, R. & BRODARIĆ, A. (1991): Geološka dokumentacija bušotine Miljanovićevo-1 (Mlj-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
10. IVANIČEK, Z., RAŠKAJ, N. & VRAGOVIĆ, M. (1984): Geološka dokumentacija bušotine Orešac-3 (Or-3). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
11. IVANIČEK, Z. & SOKOLOVIĆ, B. (2010), TADEJ, J. (2010): Geološka dokumentacija bušotine Kalinovac-19 (Kal-19). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
12. IVANIČEK, Z. & VLAHOVIĆ, T. (1984), PREMEC FUČEK, V. & HERNITZ KUČENJAK, M. (2016): Geološka dokumentacija bušotine Okoli Duboka -1 (OkD-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
13. IVANIČEK, Z. & VLAHOVIĆ, T. (1995): Geološka dokumentacija bušotine Kalinovac-16 (Kal-16). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.

14. JELASKA, V., ŠIKIĆ, I., SARKOTIĆ, M., GLOVACKI JERNEJ, Ž. & MATIČEC, D. (1983): Facijelna interpretacija karbonatnih naslaga između EK markera Rs7 i PT u području duboke Drave. FSD INA-Naftaplina, 81 str., Zagreb.
15. KALAC, K., ŠIKIĆ, L., MATIŠIN, D. & MALJAK, Z. (1978), TIŠLJAR, J. (1989), VRAGOVIĆ, M. (1990) : Geološka dokumentacija bušotine Molve-6 (Mol-6). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
16. KRANJČEC, B., LARVA, A., TAKAČ, D., BIJELIĆ, J. & IVIČIĆ, K. (2014): Naftno-geološki potencijal istražnog bloka Istočna Slavonija. Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
17. KRIZMANIĆ, K., RAŠKAJ, N. & SOKOLOVIĆ, B. (2006): Geološka dokumentacija bušotine Orešac-1 (Or-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
18. LUČIĆ, D. & STANKOVIĆ, D., (1993): Geološka dokumentacija bušotine Lešćan-2 (Lšn-2). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
19. MAGDALENIĆ, Z. & MATIŠIN, D. (1972): Geološka dokumentacija bušotine Pačetin-1 (Pa-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
20. MALJAK, Z. & MATIŠIN, D., (1980): Geološka dokumentacija bušotine Otok-1 (Ot-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
21. MARIĆ, Z., BRODARIĆ, A. (1981): Geološka dokumentacija bušotine Kalinovac-4 (Kal-4). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
22. MARIĆ, Z., BRODARIĆ, A. & MESIĆ, I. (1981): Geološka dokumentacija bušotine Kalinovac-5 Alfa (Kal-5 Al). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
23. MARIĆ, Z., BRODARIĆ, A. & MESIĆ, I. (1981), TADEJ, J. (2010): Geološka dokumentacija bušotine Kalinovac-5 (Kal-5). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
24. MARIĆ, Z. (1981), TADEJ, J. (2010): Geološka dokumentacija bušotine Stari Gradac-1 (StG-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
25. MARJANAC, T. (2008): Geološka interpretacija petrofizičkih podataka iz bušotina, Prirodoslovno-matematički fakultet, skripta za PD stud., 116 str., Zagreb.
26. MATIŠIN, D. (1971): Geološka dokumentacija bušotine Novoselec-2 (No-2). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
27. MATIŠIN, D. (1978), ŠUICA, S. (2019): Geološka dokumentacija bušotine Donja Bukovica-1 (DB-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
28. MESIĆ, I. (1981), BRODARIĆ, A., SOKOLOVIĆ, B. & DUNDIĆ, LJ. (1982), TADEJ, J. (2010) : Geološka dokumentacija bušotine Stari Gradac-3 (StG-3). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.

29. MESIĆ, I., ŠIKIĆ, L. & BRODARIĆ, A. (1981), TIŠLJAR, J., (1990): Geološka dokumentacija bušotine Kalinovac-1 Zapad (Kal-1Z). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
30. MILETIĆ, D., IVANIČEK, Z. & SOKOLOVIĆ, B. (2001): Geološka dokumentacija bušotine Antin-1 (Ant-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
31. MUŽINA, M., KRKLEC, N., BAKETARIĆ, T., MOLNAR, T., TADEJ, J (2018): Sava regionalna studija istražni blokovi Sava 6 i Sava 7. Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
32. NAJDENOVSKI, J., HAJNŠEK, S. (1982): Strukturni odnosi Bjelovarskog sinklinorija i graničnog područja Savske i Dravske depresije. Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
33. PARLOV, B. & BRODARIĆ, A., (1985), TIŠLJAR, J. (1989), TADEJ, J. (2010): Geološka dokumentacija bušotine Molve-17 (Mol-17). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
34. PAVELIĆ, D., TOMLJENIĆ, B. & VRANJKOVIĆ, A. (2010): Tectonic model, sedimentary environments and depositional mechanisms of potential hydrocarbon reservoirs in the middle and western part of the Drava Depression from the basement to the Miocene. Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
35. PIKIJA, M. & ŠIKIĆ, K. (1996): Stratigrafsko – facijesna interpretacija naslaga miocena (zaključno sa sarmatom) Dravske potoline. Inst. za geol. istraž., Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
36. PIKIJA, M., VRSALJKO, D., PAVELIĆ, D., AVANIĆ, R., HALAMIĆ, J., ŠIKIĆ, K. & CRNKO, J. (1992): Aktualizacija modela sedimentacije sjeverne Hrvatske. Inst. za geol. istraž., Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
37. PILJUROVIĆ, LJ., NOVOSEL-ŠKORIĆ, S. & RAŠKAJ, N., (1989): Geološka dokumentacija bušotine Leščan-1 (Lšn-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
38. RAŠKAJ, N. & BRODARIĆ, A. (1984), TIŠLJAR, J. (1990), TADEJ, J. (2010): Geološka dokumentacija bušotine Kalinovac-1 Sjever (Kal-1 S). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
39. RAŠKAJ, N. & TADEJ, J. (1986): Geološka dokumentacija bušotine Okoli Duboka -2 (OkD-2). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
40. RAŠKAJ, N., TADEJ, J. & BRODARIĆ, A., (1989): Geološka dokumentacija bušotine Molve-33 (Mol-33). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.

41. RAŠKAJ, N. & VLAHOVIĆ, T.(1988), IVANIČEK, Z.(1996): Geološka dokumentacija bušotine Molve-25 (Mol-25). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
42. RENIĆ, M. & RAŠKAJ, N. (1992), RAŠKAJ, N. (2006),: Geološka dokumentacija bušotine Okrugljača-1 (Okr-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
43. SOKOLOVIĆ, B. (1995): Geološka dokumentacija bušotine Gradište-1 (Grd-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
44. SOKOLOVIĆ, B. (1982), BRODARIĆ, A. (1983): Geološka dokumentacija bušotine Dinjevac-1 (Di-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
45. SOKOLOVIĆ, B. & BRODARIĆ, A. (1988): Geološka dokumentacija bušotine Ranisavlje-1 (Ran-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
46. SOKOLOVIĆ, B & BRODARIĆ, A. (1982), TADEJ, J. (2010) : Geološka dokumentacija bušotine Stari Gradac-2 (StG-2). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
47. SOKOLOVIĆ, B., IVANIČEK, Z. & MILETIĆ, D. (2001): Geološka dokumentacija bušotine Molve-38 (Mol-38). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
48. SOKOLOVIĆ, B., IVANIČEK, Z., MILETIĆ, D. & KRIZMANIĆ, K. (2009), FARKAS SZUROMINE KORECZ, (2010): Geološka dokumentacija bušotine Potony-1. Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
49. SOKOLOVIĆ, B. & VLAHOVIĆ, T. (1982), VESELI, V. & IVAK, P. (2015): Geološka dokumentacija bušotine Osekovo-2 Istok (O-2Is). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
50. SOKOLOVIĆ, B. (1981), TIŠLJAR, J. (1989), VRAGOVIĆ, M. (1990): Geološka dokumentacija bušotine Kalinovac-12 (Kal-12). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
51. SOKOLOVIĆ, B. (1981), TIŠLJAR, J. (1989), VRAGOVIĆ, M. (1990): Geološka dokumentacija bušotine Molve-14 (Mol-14). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
52. STANIĆ, M., (1985), VLAHOVIĆ, T., RAŠKAJ, N. & TADEJ, J. (1988): Geološka dokumentacija bušotine Molve-1 istok (Mol-1Is). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
53. STANKOVIĆ, D., PREMEC FUČEK, V. & TADEJ, J. (1994): Geološka dokumentacija bušotine Okešinec-1 Alfa (Oke-1 Al). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
54. STANKOVIĆ, D. & TADEJ, J. (1994): Geološka dokumentacija bušotine Vezišće-5 (Vz-5). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.

55. ŠIKIĆ, L., (1977), MALJAK, Z. & MATIŠIN, D. (1978), ŠČAVNIČAR, (1987), VRAGOVIĆ, M. & RAŠKAJ, N. (1990). Geološka dokumentacija bušotine Molve-4 (Mol-4). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
56. ŠIMON, J. (1968/1969): Shematski stratigrafski presjek. Informativne litostratigrafske jedinice tercijarnog kompleksa u profilima dubokih bušotina na području Dravske potoline. Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
57. TADEJ, J. & VLAHOVIĆ, T. (1990): Geološka dokumentacija bušotine Gabajeva Greda-1 (GaG-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
58. TIŠLJAR, J. (1989): Kompleksna sedimentološko-litofacijelna interpretacija plinskog polja Molve. Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
59. TIŠLJAR, J., (1990): Geološka dokumentacija bušotine Kalinovac-15 Zapad (Kal-15). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
60. TIŠLJAR, J. (2006): Petrološko-sedimentološke značajke kolektorskih stijena. Interna skripta, Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
61. TIŠLJAR, J., & VRAGOVIĆ, M. (1989), VRAGOVIĆ, M. & RAŠKAJ, N. (1990) : Geološka dokumentacija bušotine Molve-29 (Mol-29). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
62. VESELI, V. (1988), TADEJ, J. (2010): Geološka dokumentacija bušotine Kalinovac-7 (Kal-7). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
63. VLAHOVIĆ, T., IVANIČEK, Z. & SOKOLOVIĆ, B. (1989): Geološka dokumentacija bušotine Molve-36 (Mol-36). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
64. VLAHOVIĆ, T. & MESIĆ, I. (1981): Geološka dokumentacija bušotine Vrbak-1 (Vrb-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
65. VLAHOVIĆ, T., TADEJ, J. & VRAGOVIĆ, M. (1989), ŠUIČA, S. (2019): Geološka dokumentacija bušotine Bukovica-1 (Bkc-1). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
66. VLAHOVIĆ, T. (1983), RAŠKAJ, N. & VRAGOVIĆ, M. (1984), ĆORIĆ, S. (2008): Geološka dokumentacija bušotine Žutica-249 Duboka (Žu-249 D). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
67. VLAHOVIĆ, T., VRAGOVIĆ, M. & RAŠKAJ, N. (1984): Geološka dokumentacija bušotine Jarmina-2 (Ja-2). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.
68. VRAGOVIĆ, M. & RAŠKAJ, N. (1985), ŠUIČA, S. (2019): Geološka dokumentacija bušotine Donja Bukovica-2 (DB-2). Arhiva INA Industrije nafte d.d., Zagreb.

Korišteni licencirani programski paketi

U radu su korištene aplikacije programskog paketa Landmark i to: SeisWorks za interpretaciju seizmičkih profila, TDQ za izradu modela pretvorbe kartiranih horizonata Rs7 i d te ploha rasjeda iz vremenske (TWT) u dubinsku domenu, Z-Map za izradu dubinskih karata, StratWorks za izradu karte debljina, geoloških profila u dubinskom mjerilu, korelacijskih profila bušotina i geološke stupove bušotina koji prikazuju sin-riftne i dio poslijeriftnih naslaga (panon s.l.) te jezgrovane intervale i izdvojene cikluse positnjavanja i pokrupnjavanja.

9. ŽIVOTOPIS

Dijana Bigunac je rođena 12. veljače 1964. godine u Šibeniku, gdje je završila srednjoškolsko obrazovanje u Centru za usmjereno obrazovanje, smjer Suradnik u nastavi. Studij geologije na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu završila je 1990. gdje je diplomirala na smjeru Geologija i paleontologija.

Od 1992. godine zaposlena je u tvrtki Ina d.d., gdje je do 2019. godine radila u Sektoru za istraživanje, a od 2019. u Sektoru za razradu polja. Od 1992. do 2000. godine radila je kao stratigraf te administrator Oracle baze podataka. Od 2000. do 2009. godine radila je kao specijalist za geološka istraživanja u prostorima Hrvatske, Mađarske, Sirije, Libije, Alžira i Jordana. Kao dio istraživačkog tima, sudjelovala je u otkriću plinskog polja Zalata-Dravica.

Od 2007. do 2008. godine pohađala je poslijediplomski studij izvršnog menadžmenta na poslovnoj školi Cotrugly u Zagrebu te stekla stupanj Executive Master of Business Administration (EMBA).

Od 2009. do 2015. godine radila je kao ekspert za geološka istraživanja, voditelj timova i voditelj projekta na istraživačkim projektima u prostorima Hrvatske, Mađarske, Sirije i Egipta. Od 2015. do 2019. godine obavljala je poslove starijega geološkog eksperta za integrirane geološke i seizmičke interpretacije u prostorima Hrvatske. Od 2019. godine radi kao stariji geofizički ekspert za seizmičke interpretacije i atributne analize u prostorima Savske i Dravske depresije.

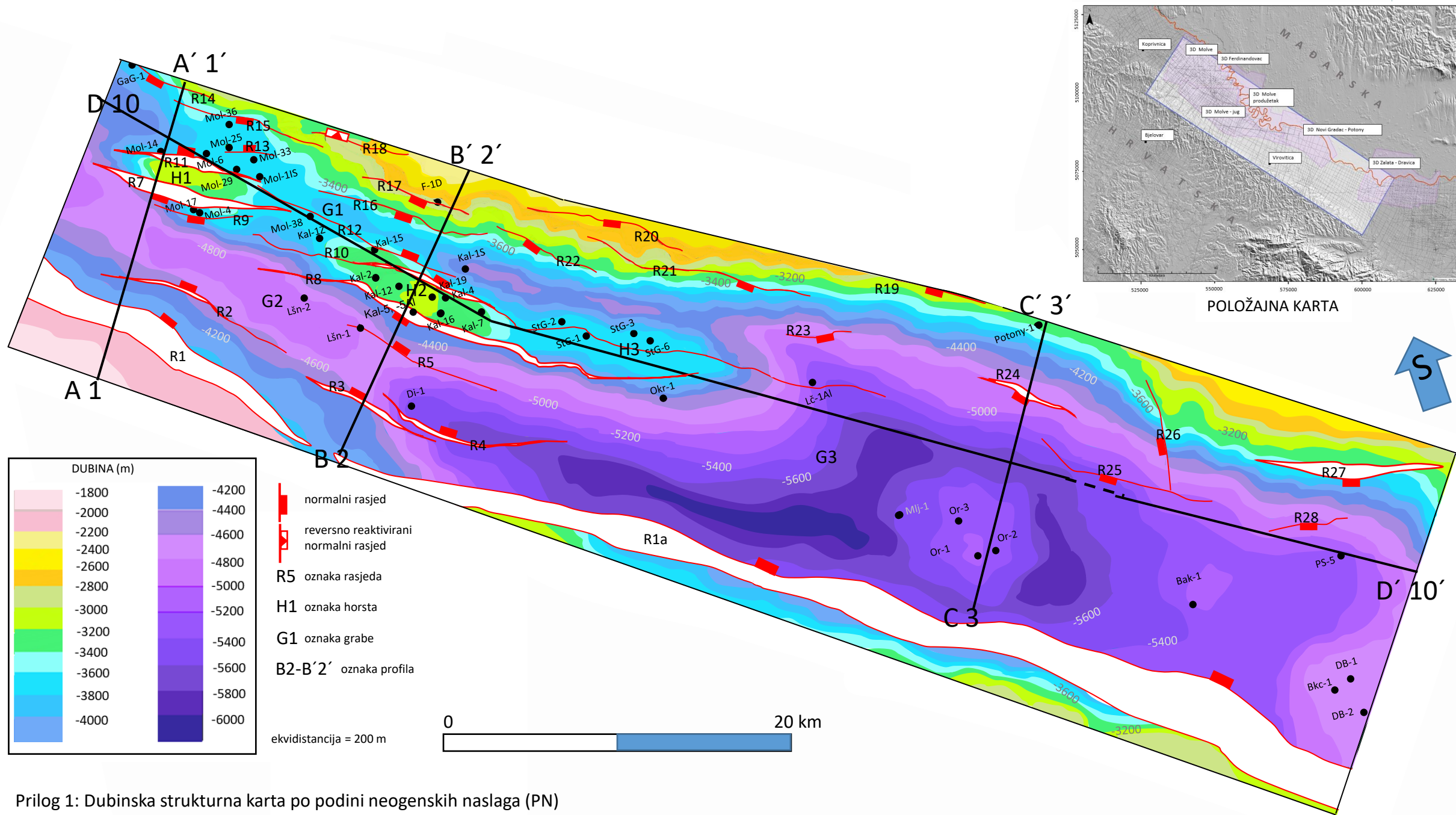
Pohađala je brojne stručne tečajeve i seminare u zemlji i inozemstvu. Članica je Hrvatskog geološkog društva (HGD) od 1992. godine.

10. POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

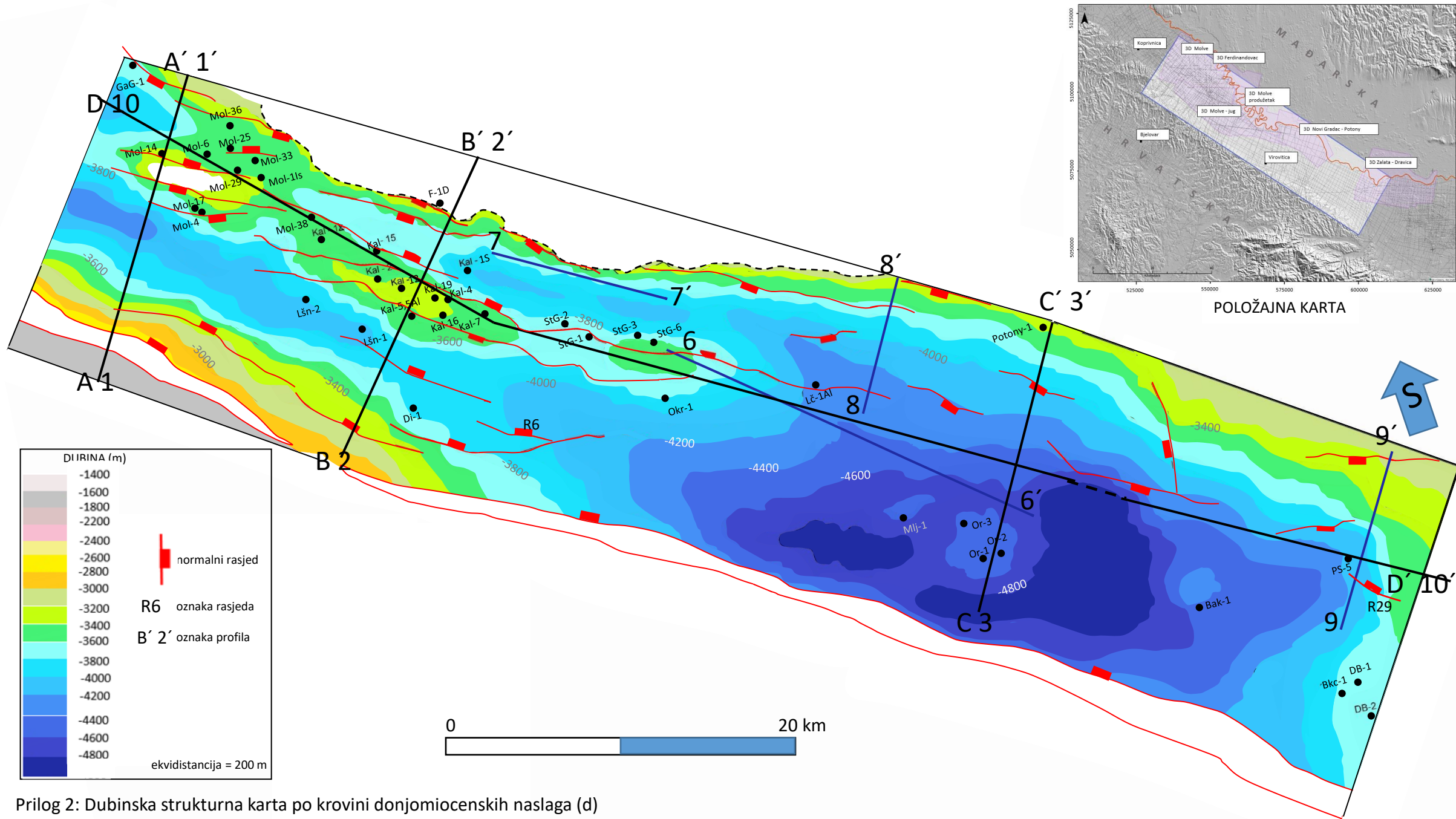
1. SEBE, K., KOVAČIĆ, M., MAGYAR, I., KRIZMANIĆ, K., ŠPELIĆ, M., BIGUNAC, D., SÜTÖ-SZENTAI, M., KOVÁCS, Á., SZUROMI-KORECZ, A., BAKRAČ, K., HAJEK-TADESSE, V., TROSKOT-ČORBIĆ, T. & SZTANÓ, O. (2020): Correlation of upper Miocene-Pliocene Lake Pannon deposits across the Drava Basin, Croatia and Hungary, *Geol. Croat.*, 73: (3) 177-195.
2. BIGUNAC, D. (2019): Correlation of Tuff Intervals in Syn-Rift Sediments of the Western Part of the Drava Depression, North Croatian Basin. 6th Cro. Geol. Cong.: Abs. Book (Horvat, M.; Matoš, B. & Wacha, L.; eds.), Croatian Geological Survey - Zagreb,

26-26.

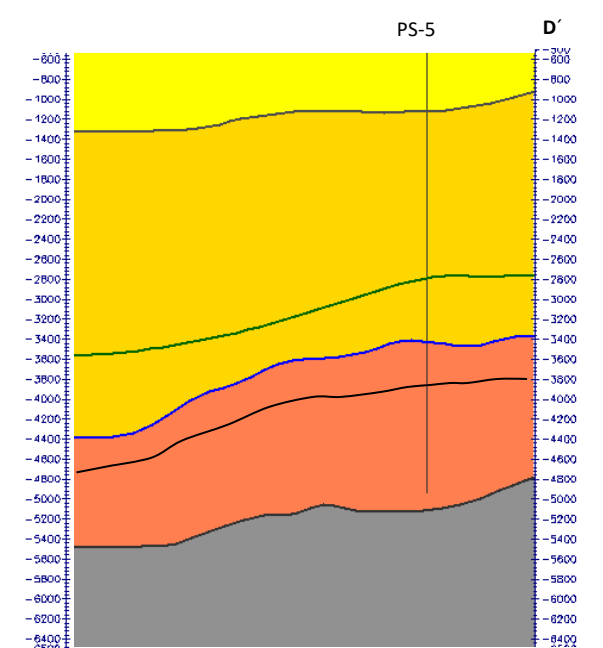
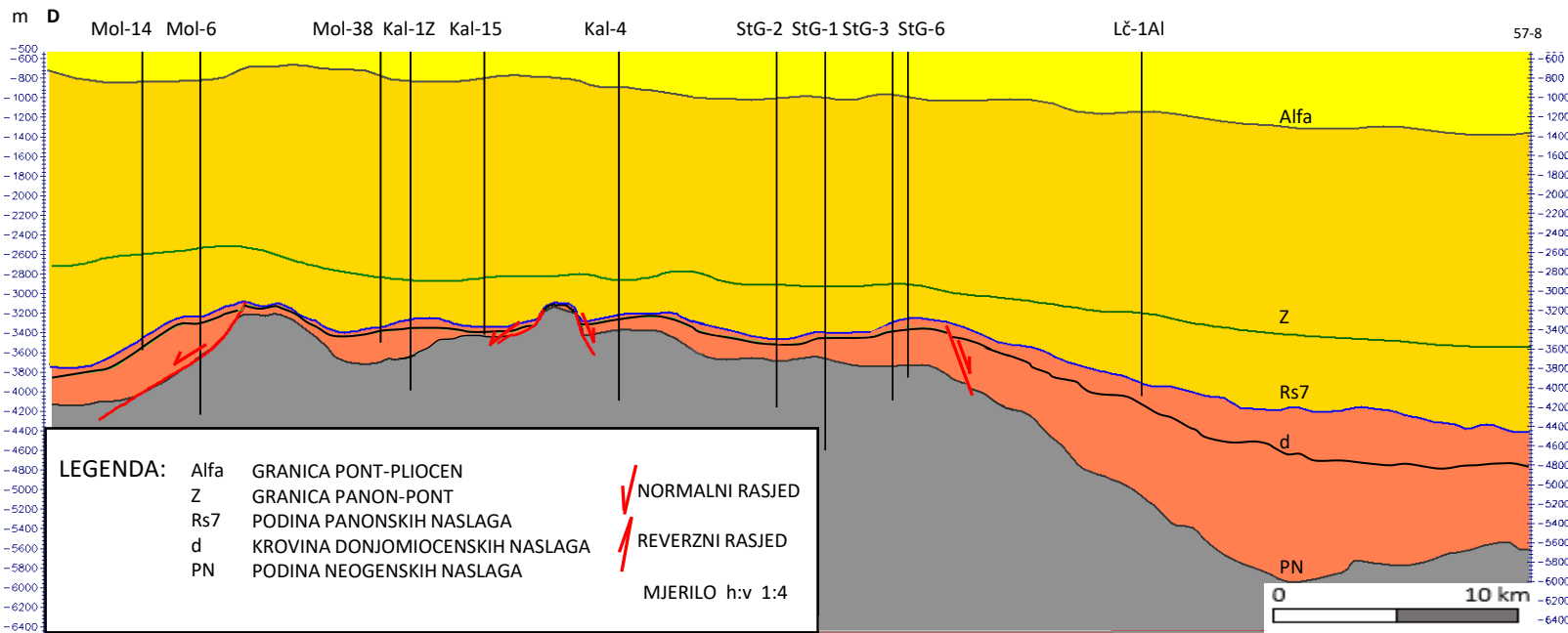
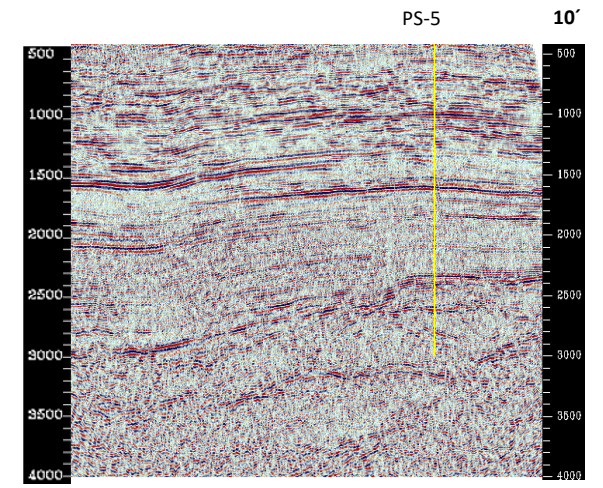
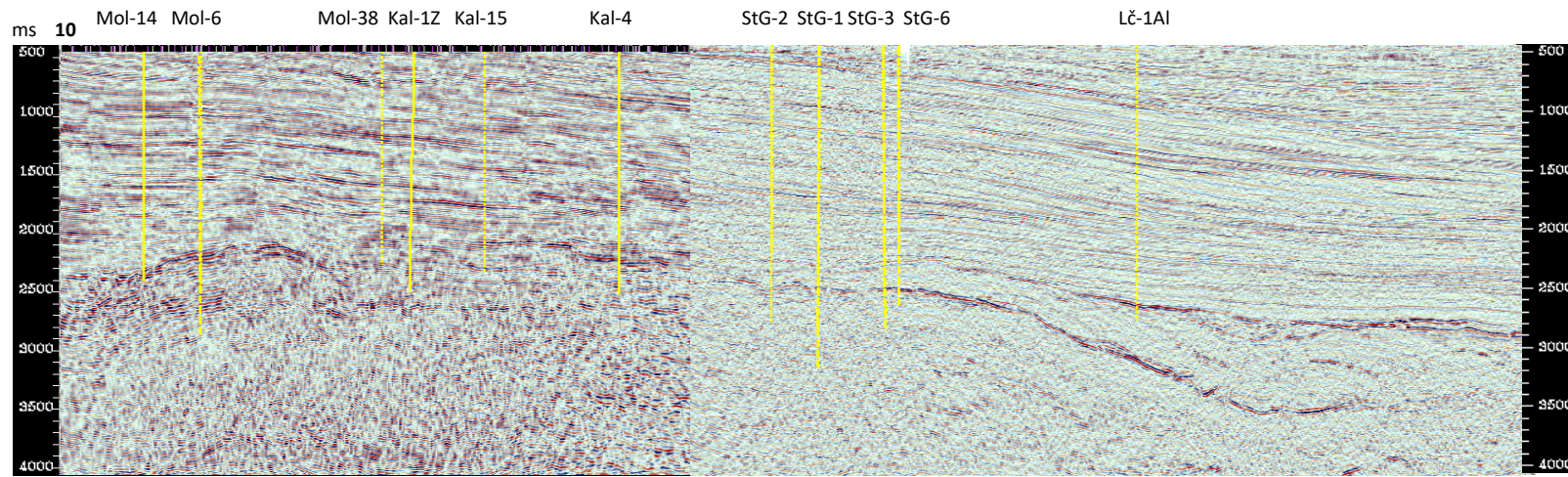
3. BIGUNAC, D. (2019): Early Miocene Alluvial Fans on the Northern Margin of the Drava Depression, North Croatian Basin. 6th Cro. Geol. Cong.: Abs. Book (Horvat, M.; Matoš, B. & Wacha, L.; eds.), Croatian Geological Survey - Zagreb, 27-27.
4. BIGUNAC, D. (2019): Early Miocene Lake Successions in the Drava Depression, North Croatian Basin. 6th Cro. Geol. Cong.: Abs. Book (Horvat, M.; Matoš, B. & Wacha, L.; eds.), Croatian Geological Survey - Zagreb, 28-28.
5. BIGUNAC, D., MATOŠ, B. & ŠUIČA, S. (2019): A Report on the Well-Preserved Miocene Volcanic Cone from the Drava Depression, North Croatian Basin – Inference from the Deep Seismic Reflection Data. 6th Cro. Geol. Cong.: Abs. Book (Horvat, M.; Matoš, B. & Wacha, L.; eds.), Croatian Geological Survey - Zagreb, 29-29.
6. ŠUIČA, S., KRIZMANIĆ, K. & BIGUNAC, D. (2019): Basin evolution in the eastern part of the Slavonia-Srijem Depression (Eastern Croatia). 8th Int. Work. Neog. of Cent. and SE Eur. Abs. Vol. / Studencka, B (Ed.), Polish Academy of Sciences, Chęciny, Poland.
7. BAKETARIĆ, T., PLEIĆ, M., BIGUNAC, D., KRPAN, B. & JOVIĆ, G. (2018): Spectral Decomposition Mapping of Middle Miocene Channel-lobe Systems in the Pannonian Basin (Drava Depression, Croatia). 80th EAGE Conf. and Exhib. Copenhagen, 1 – 5.
8. BIGUNAC, D., KRIZMANIĆ, K. & IVANIČEK, Z (2012): Pyroclastic flow sediment (ignimbrite) in Miocene Tar Formation, Drava Depression. NAFTA 63 (9-10) 307-314.
9. TARI, V., KOCH, G. & BIGUNAC, D. (2007): Triassic Terrains of Adriatic and Dinarides (Croatia). Bulletin of the Tethys Geological Society (1687-4889), 2 ,111-116.



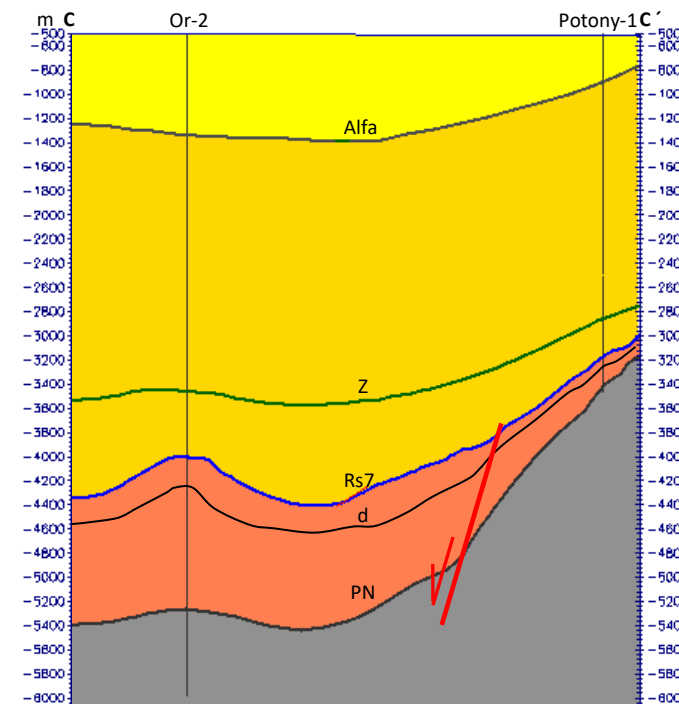
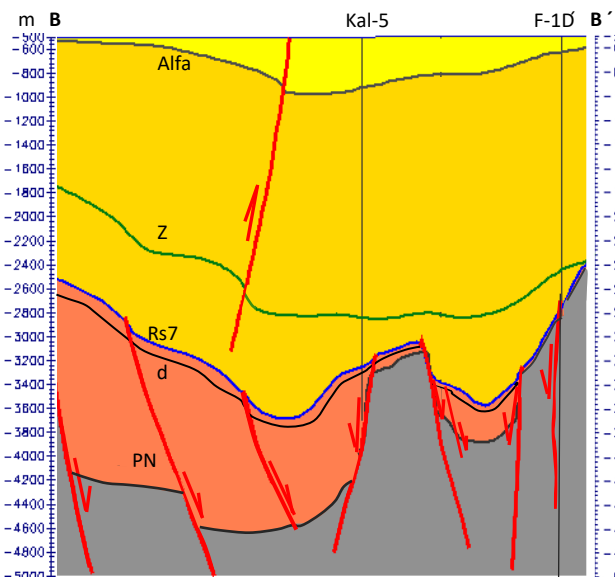
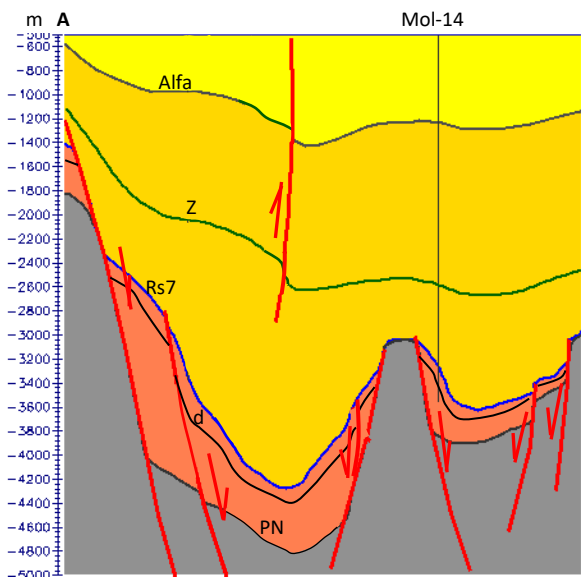
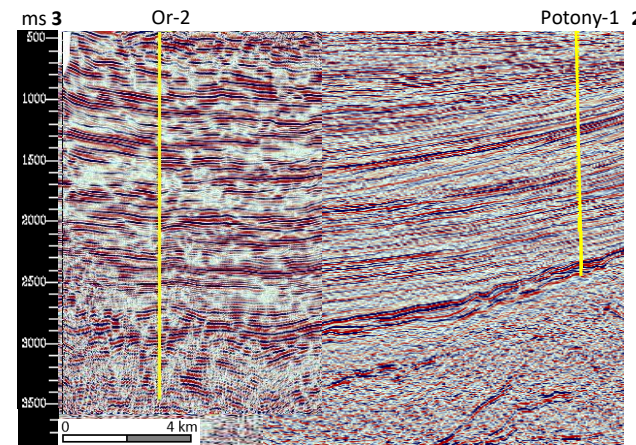
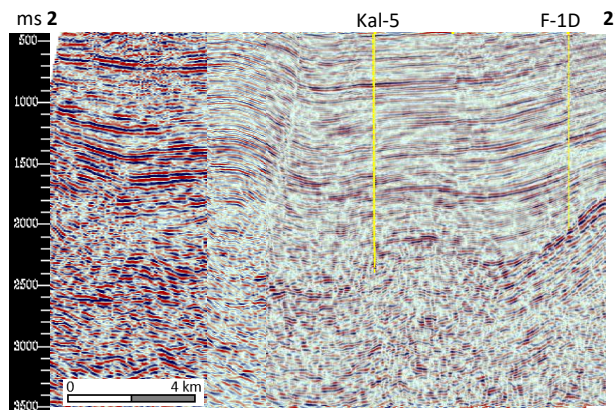
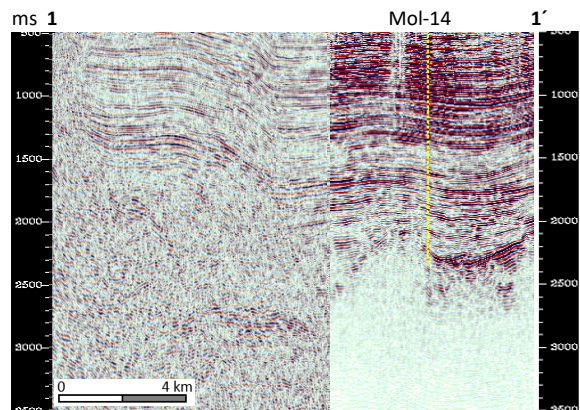
Prilog 1: Dubinska strukturna karta po podini neogenskih naslaga (PN)



Prilog 2: Dubinska strukturalna karta po krovini donjomiocenskih naslaga (d)

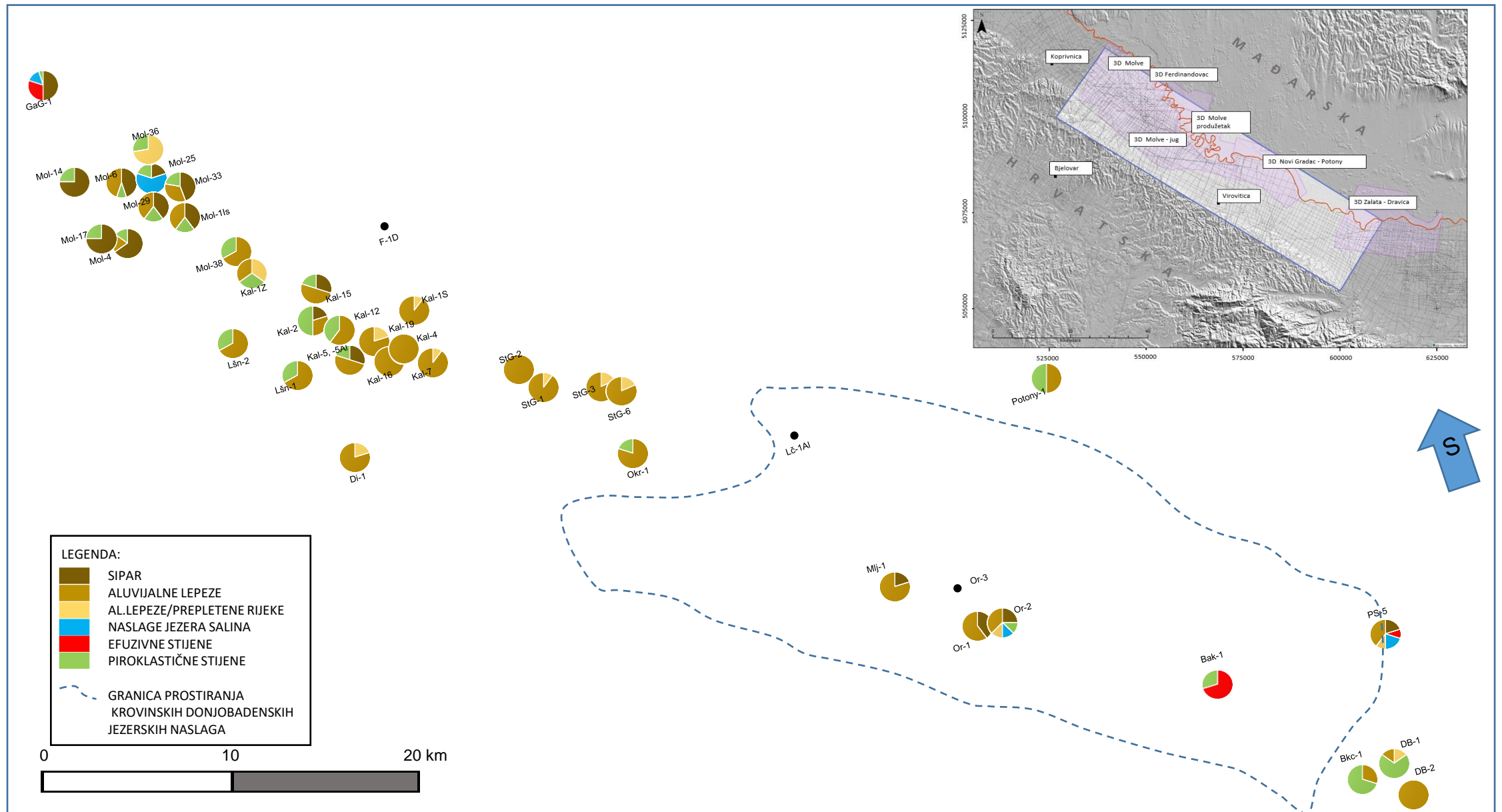


Prilog 3: Uzdužni profili 10-10' i D-D'

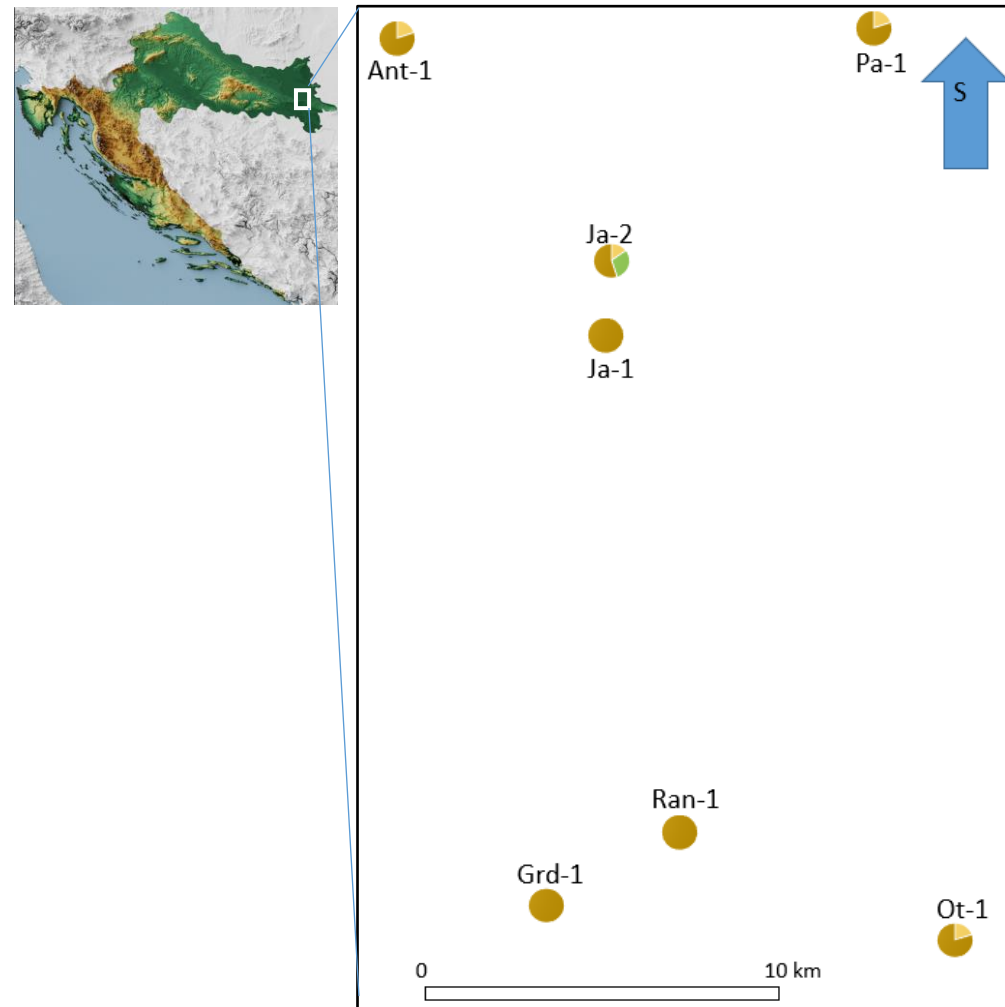
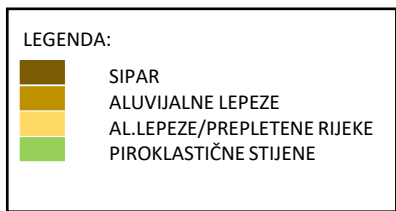
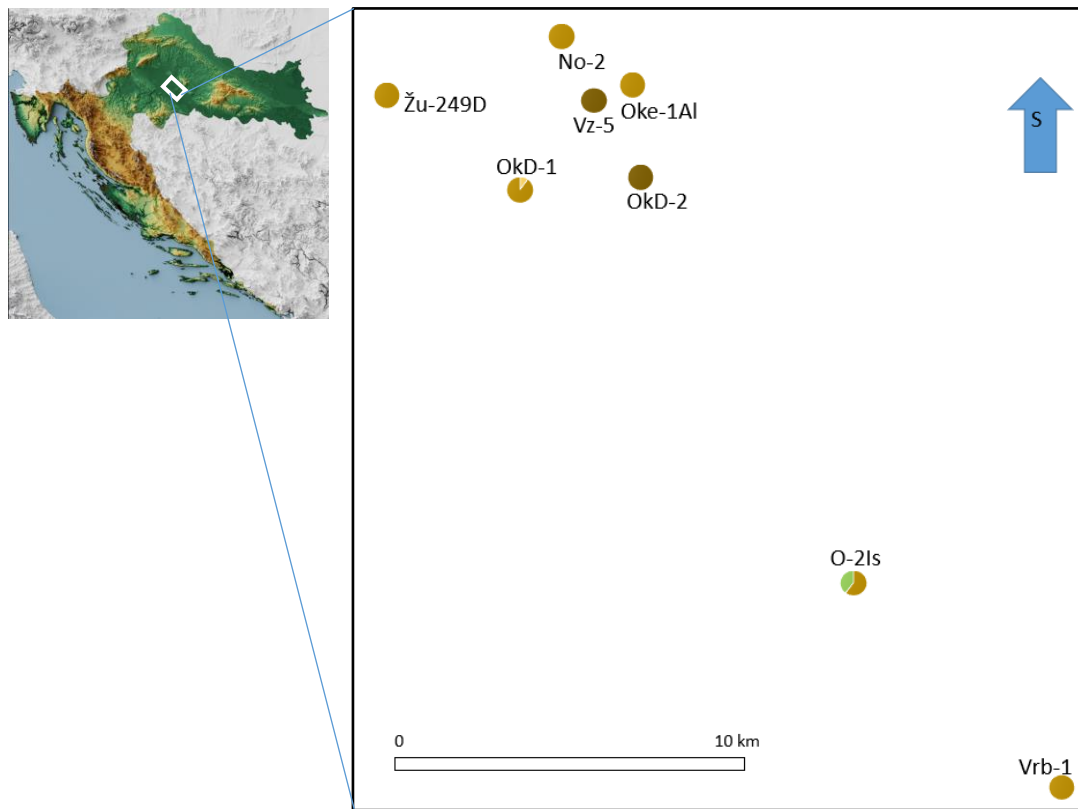


LEGENDA:	Alfa	GRANICA PONT-PLIOCEN	NORMALNI RASJED REVERZNI RASJED	MJERILO h:v 1:4
	Z	GRANICA PANON-PONT		
	Rs7	PODINA PANONSKIH NASLAGA		
	d	KROVINA DONJOMIOCENSKIH NASLAGA		
	PN	PODINA NEOGENSKIH NASLAGA		

Prilog 4: Poprečni profili 1-1', A-A', 2-2', B-B' i 3-3' C-C'



Prilog 5: Shematski grafički prikaz donjomiocenskih kopnenih okoliša istraživanog prostora Dravske depresije; crtkana linija označava pretpostavljenu granicu krovinskih donjobadenskih jezerskih naslaga.



Prilog 6: Shematski grafički prikaz donjomiocenskih kopnenih okoliša istraživanog prostora Savske depresije (lijevo) te istraživanog prostora Slavonko-srijemske depresije (desno)