Seizmostratigrafske jedinice pliocenskih naslaga u jadranskom podmorju južno od Visa

Arandia-Krešić, Dario

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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:169:796180

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO–GEOLOŠKO–NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geologije

SEIZMOSTRATIGRAFSKE JEDINICE PLIOCENSKIH NASLAGA U JADRANSKOM PODMORJU JUŽNO OD VISA

Diplomski rad

Dario Arandia-Krešić
G – 255

Zagreb, 2018. godine

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO–GEOLOŠKO–NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geologije

SEIZMOSTRATIGRAFSKE JEDINICE PLIOCENSKIH NASLAGA U JADRANSKOM PODMORJU JUŽNO OD VISA

Diplomski rad

Dario Arandia-Krešić
G – 255

Zagreb, 2018. godine

Zahvaljujem mentoru prof. Bruni Saftiću i asistentu Davidu Rukavini na strpljenju i konstruktivnim savjetima. Njihovo iskustvo i stručne kritike su značajno doprinijeli kvaliteti u izradi ovoga rada.

Također se želim zahvaliti članovima komisije čije su primjedbe i savjeti pomogli oblikovati izrađeni diplomski rad.

Hvala obitelji i prijateljima na podršci tijekom studiranja. Osigurali su da ovo višegodišnje iskustvo bude ugodno, zabavno i bezbrižno.

Zahvaljujem gospođi Tatjani Durn, dipl. ing. geol., direktorici Sektora za upravljanje podacima Agencije za ugljikovodike koja mi je pripremila bušotinske i seizmičke podatke, Ministarstvu na dozvoli za korištenje istih, a posebno gospođi Srebrenki Matej dipl. ing. geol. i gospodinu Damiru Takaču dipl. ing. geol. iz poduzeća INA d.d. koji su mentoru i meni pomogli da odaberemo dio Jadranskog podmorja na kojem ću raditi istraživanja.

Special thanks to the Schlumberger Limited Company for the donation and permission to use Petrel Seismic to Simulation software.

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

SEIZMOSTRATIGRAFSKE JEDINICE PLIOCENSKIH NASLAGA U JADRANSKOM PODMORJU JUŽNO OD VISA

DARIO ARANDIA-KREŠIĆ

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

Na temelju seizmičkih i bušotinskih podataka na području jadranskog podmorja južno od Visa, korištenjem programskog paketa Petrel, definirane su strukturne karte krovine miocenskog i krovine pliocenskog slijeda naslaga u vremenskom mjerilu. Seizmostratigrafskom interpretacijom između ovih strukturnih površina proučeni su stratigrafski odnosi stijena pliocenske starosti u kojima je izdvojeno pet sekvencijskih granica tipa 1 (nazvane granice *a*, *b*, *c*, *d*, i *e*) kojima su definirane podinske i krovinske granice četiriju seizmostratigrafskih jedinica – *A, B, C* i *D*. Izrađene su strukturne karte po navedenim stratigrafskim granicama u vremenskom mjerilu kao i karte debljina izdvojenih jedinica u vremenskom mjerilu. S obzirom na dobivene rezultate potvrđuje se da nakon taloženja sekvencije *A* tijekom donjeg-srednjeg pliocena dolazi do regionalne promjene taložnih uvjeta u gornjem pliocenu, i to postupno od taloženja na vanjskom šelfu do taloženja na srednjem i unutarnjem šelfu. Ova promjena se reflektira u progradaciji gornjopliocenskih sedimenata koji čine sekvencije *B*, *C* i *D*, sa sjevernog ruba kartiranog područja prema jug-jugozapadu.

Ključne riječi: srednji dio jadranskog podmorja, sekvencijska stratigrafija, seizmička stratigrafija, pliocen
Diplomski rad sadrži: 29 stranica, 14 slika i 12 referenci
Jezik izvornika: hrvatski
Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr. sc. Bruno Saftić, izv. prof., RGNF
Pomoć pri izradi: asistent David Rukavina, mag.geol., mag.ing.rud.

Ocjenjivači: Dr. sc. Bruno Saftić, izv. prof., RGNF
Dr. sc. Bruno Tomljenović, red. prof., RGNF
Dr. sc. Marko Cvetković, doc., RGNF
Datum obrane: 20.4.2018., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Zagreb, 2018. godine

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Master's Thesis

PLIOCENE SEISMOSTRATIGRAPHIC UNITS IN THE ADRIATIC OFFSHORE, SOUTH OF THE VIS ISLAND

DARIO ARANDIA-KREŠIĆ

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Mineralogy, Petrology and Mineral deposits
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

Based on seismic and well data of Adriatic offshore area south of Vis island, tops of the Miocene and Pliocene age rocks were mapped using Petrel™ software package. Seismostratigraphic interpretation of Pliocene rock interval is based primarily on the five type 1 sequence stratigraphic boundaries named – *a*, *b*, *c*, *d* and *e*. The first four of these boundaries represent the base surfaces of four new seismostratigraphic sequences named *A*, *B*, *C* and *D*, while *e* is the top of sequence *D* and equals the top of Pliocene sediments. The reconstruction of the of these units is based on time-depth maps. The thickness of sequences was mapped in two-way time scale, as well as their boundary surfaces. As a result of this study it was concluded that after the sedimentation of sequence A in outer shelf environment during the Lower-Middle Pliocene, a shallowing event occurs at the beginning of Upper Pliocene. As indicated by *B*, *C* and *D* sequences, sedimantation is characterized by gradual progradation of the middle and inner shelf sediments from the northern edge of the mapped area towards the south-southwest.

Keywords: middle Adriatic offshore, sequence stratigraphy, seismic stratigraphy, Pliocene
Thesis contains: 29 pages, 14 figures and 12 references
Original in: Croatian
Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Bruno Saftić, Associate Professor
Technical support and assistance: David Rukavina, mag.geol., mag.ing.rud.

Reviewers: PhD Bruno Saftić, Associate Professor
PhD Bruno Tomljenović, Professor
PhD Marko Cvetković, Assistant Professor
Date of defence: 20th April, 2018. Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

Zagreb, year 2018.

Zahvaljujem mentoru prof. Bruni Saftiću i asistentu Davidu Rukavini na strpljenju i konstruktivnim savjetima. Njihovo iskustvo i stručne kritike su značajno doprinijeli kvaliteti u izradi ovoga rada.

Također se želim zahvaliti članovima komisije čije su primjedbe i savjeti pomogli oblikovati izrađeni diplomski rad.

Hvala obitelji i prijateljima na podršci tijekom studiranja. Osigurali su da ovo višegodišnje iskustvo bude ugodno, zabavno i bezbrižno.

Zahvaljujem gospođi Tatjani Durn, dipl. ing. geol., direktorici Sektora za upravljanje podacima Agencije za ugljikovodike koja mi je pripremila bušotinske i seizmičke podatke, Ministarstvu na dozvoli za korištenje istih, a posebno gospođi Srebrenki Matej dipl. ing. geol. i gospodinu Damiru Takaču dipl. ing. geol. iz poduzeća INA d.d. koji su mentoru i meni pomogli da odaberemo dio Jadranskog podmorja na kojem ću raditi istraživanja.

Special thanks to the Schlumberger Limited Company for the donation and permission to use Petrel Seismic to Simulation software.

SADRŽAJ:

1. UVOD 1

2. ZEMLJOPISNI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA 2

3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA 4

4. METODOLOGIJA DEFINIRANJA SEIZMOSTRATIGRAFSKIH JEDINICA 8

5. REZULTATI 12

5.1. Strukturna vremenska karta po krovini miocenskog slijeda naslaga 12

5.2. Strukturna vremenska karta po krovini pliocenskog slijeda naslaga 12

5.3. Referentni seizmički profil i njegova interpretacija 15

5.4. Karte debljine izdvojenih sekvencija u vremenskom mjerilu 18

6. DISKUSIJA 23

7. ZAKLJUČAK 26

8. POPIS LITERATURE 27

POPIS SLIKA:

Slika 2-1: Zemljopisni polozaj istraživanog područja (*http://geoportal.dgu.hr/*)..... **2**

Slika 2-2: Položajna karta odabranih bušotina i seizmičkih profila..... **3**

Slika 3-1: Karta Jadranskog podmorja koja prikazuje okopnjene dijelove Jadranske i Apulijske karbonatne platforme (zeleno), miocenske depresije (tamno žuto) i kasno-kenozojske depresije (bež) (VELIĆ i dr., 2015)..... **5**

Slika 3-2: Skica glavnih geoloških struktura (orogenetski pojas, halokinetske strukture) u Jadranskom podmorju. Preuzeto iz GELETTI i dr., 2008..... **5**

Slika 3-3: Pojednostavljeni geološki stup na lokacijama bušotina Patricija-1 i Palagruža-1. Dio slijeda naslaga prikazan žutom bojom predstavlja predmet istraživanja rada (prema INA-Naftaplin, 1984). **7**

Slika 4-1: Različiti oblici prekida refleksa (prema EMERY & MYERS, 1996). **8**

Slika 4-2: Distribucija refleksa unutar sekvencijske granice tipa 1. Prikazuje pet sedimentacijskih segmenata koji se obično grupiraju u tri sustavna trakta (prema EMERY & MYERS, 1996)..... **10**

Slika 5-1: Strukturna karta po krovini miocenskog slijeda stijenskih naslaga u vremenskom mjerilu..... **13**

Slika 5-2: Strukturna karta po krovini pliocenskog slijeda stijenskih naslaga u vremenskom mjerilu..... **14**

Slika 5-3:Referentni seizmički profil A-B snimljeni (a) i interpretirani (b) **17**

Slika 5-4: Karta debljine sekvencije A u vremenskom mjerilu. **19**

Slika 5-5: Karta debljine sekvencije B u vremenskom mjerilu. **20**

Slika 5-6: Karta ukupne debljine sekvencije B i C u vremenskom mjerilu. **21**

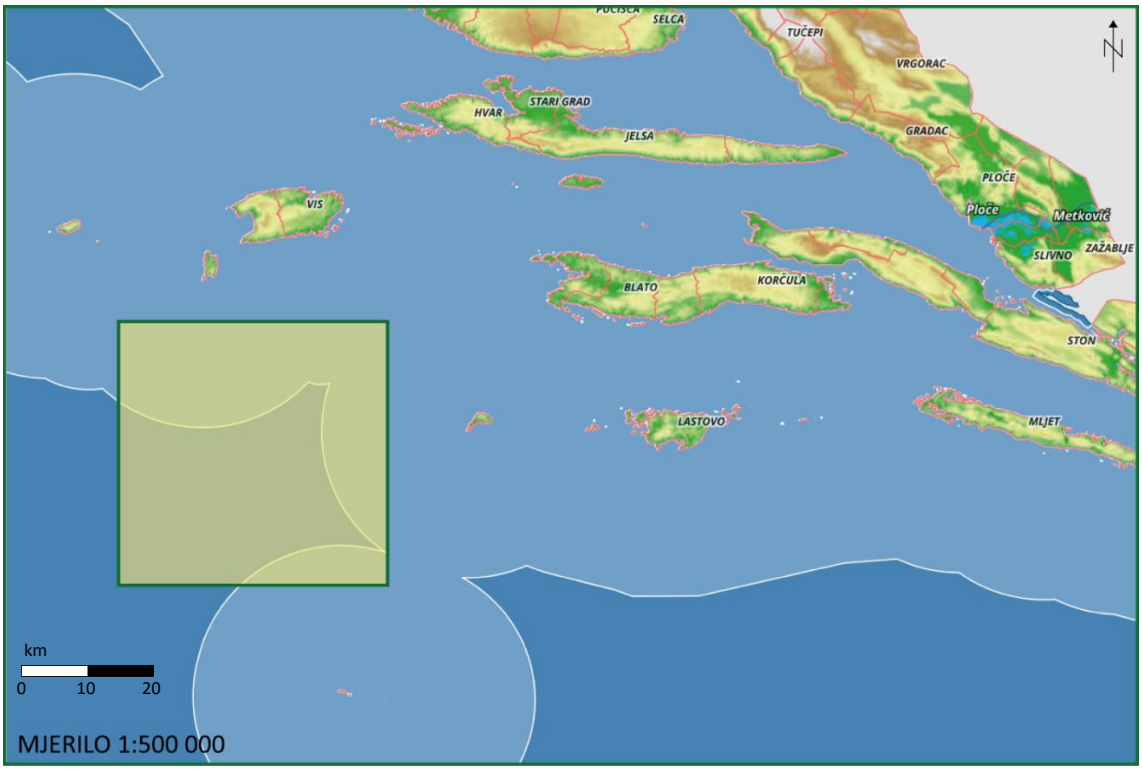
Slika 5-7: Karta ukupne debljine sekvencije B, C i D u vremenskom mjerilu. **22**

1. UVOD

U svrhu istraživanja ugljikovodičnog potencijala u osamdesetim godinama 20. stoljeća, na području srednjeg Jadrana INA-Naftaplin izrađuje niz bušotina. U isto vrijeme se osim bušotina izvode i ekstenzivna seizmička istraživanja čiji je primarni cilj dobiti uvid u geološke odnose mezozojskih karbonatnih stijena Jadranske karbonatne platforme, a zatim i kenozojskih klastičnih stijena. Na temelju navedenih podataka, u ovom radu je izvedena interpretacija geoloških odnosa unutar kenozojskog slijeda stijenskih naslaga, preciznije unutar naslaga pliocena. U tu svrhu korišten je programski paket Petrel^{TM} kako bi se izradile strukturne karte krovine miocena i krovine pliocena u vremenskom mjerilu, a zatim i karte debljina nekoliko pliocenskih sekvencija, također u vremenskom mjerilu. Za povezivanje bušotinskih sa seizmičkim podacima korišten je zakon brzina izmjeren u bušotini Patricija-1 (Pat-1). Bitno je je još reći da je ovako detaljna intrepretacija bila otežana činjenicom da se radi o starim seizmičkim profilima snimljenim 1984. godine. To se prvenstveno odnosi na nedovoljno precizno definirane trase seizmičkih profila u prostoru kao i na razliku u vertikalnom mjerilu što otežava „vezanje petlje“. Zbog toga je interpretacija zasigurno opterećena određenom greškom, no prikazani geološki odnosi vjerojatno značajno ne odstupaju od stvarnih.

2. ZEMLJOPISNI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

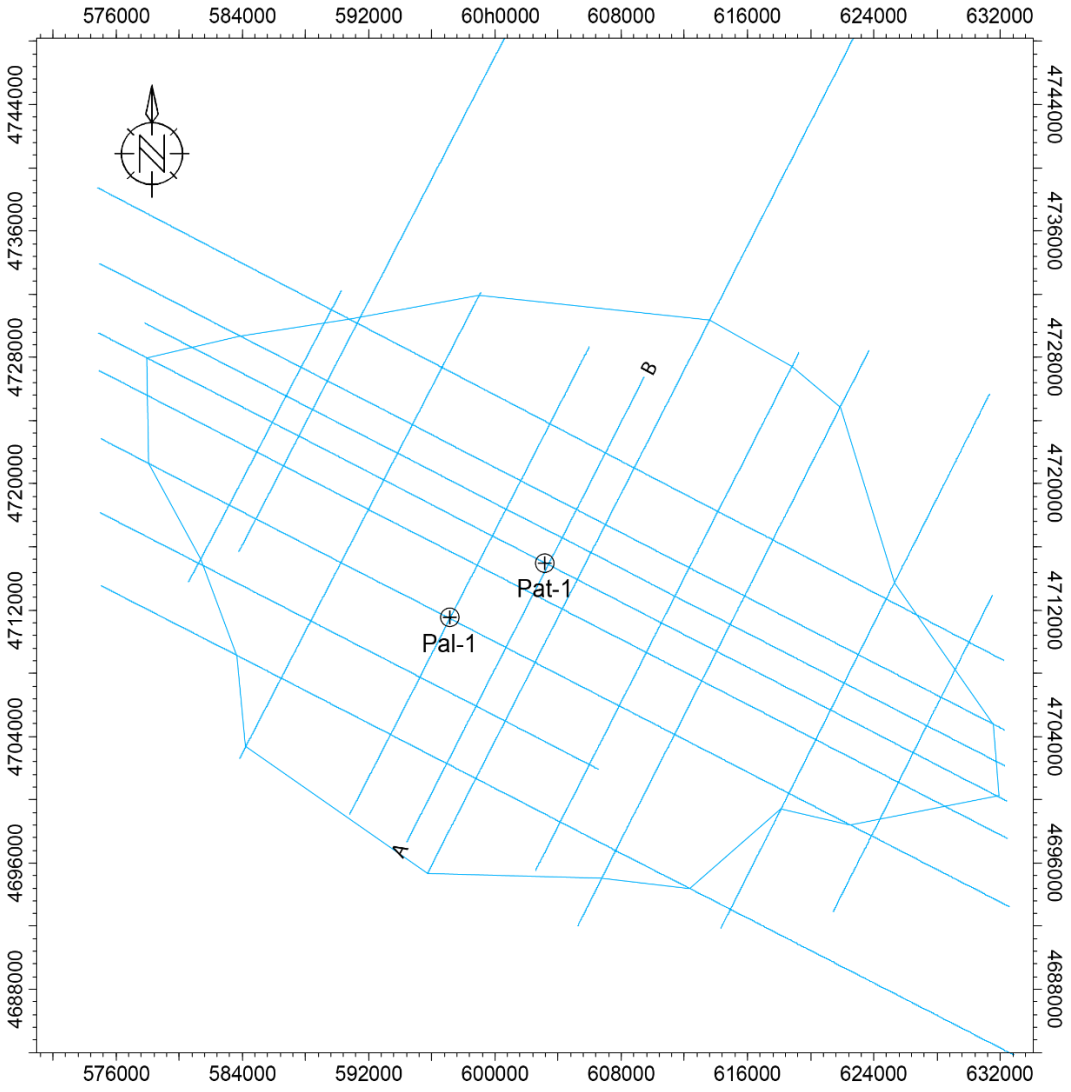
Na slici 2-1, prikazano je područje obuhvaćeno ovim istraživanjem provedenim na odabranim seizmičkim profilima. Područje se nalazi u srednjem dijelu Jadranskog mora, odnosno prostoru između otoka Visa na sjeveru i Palagruže na jugu, te zapadno od otoka Lastova. Karta smjestišta izrađena je na Geoportalu Državne geodetske uprave (*http://geoportal.dgu.hr/*).



Slika 2-1: Zemljopisni položaj istraživanog područja prikazan žutim četverokutom (*http://geoportal.dgu.hr/*).

Trase odabranih seizmičkih profila i lokacije bušotina su prikazane na slici 2-2, zajedno s okvirom unutar kojeg je izvedena interpretacija. Da bi se postigla što jednoličnija distribucija podataka i da bi preciznost interpolacije bila ujednačena odabrane su dvije serije međusobno okomitih seizmičkih profila. Prvu seriju čini 8 profila pružanja SZ-JI, a druga serija se sastoji od 10 profila pružanja SI-JZ. Kao referentni profil je korišten profil okomit na pružanje prisutnih klinformnih oblika seizmičkih refleksa. Označen je s A-B i najbolje prikazuje prostorni položaj zanimljivijih seizmičkih pojava. Dvije istraživačke bušotine,

Palagruža-1 i Patricija-1 nalaze se u sredini kartiranog područja. Za povezivanje bušotinskih i seizmičkih podataka korišten je zakon brzina iz bušotine Patricija-1 zato što je njome probušen cjelovitiji slijed svih naslaga razvijenih na tome području pa je stoga taj zakon brzina ocijenjen reprezentativnijim. Okvir interpretacije prikazan je plavom linijom koja obuhvaća trase gotovo svih profila , a predstavlja prostor unutar kojeg je bilo moguće pratiti odabrane seizmičke horizonte.



Slika 2-2: Položajna karta odabranih bušotina i seizmičkih profila s okvirom unutar kojeg je izvedena interpretacija.

1. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Jadranska karbonatna platforma jedna je od većih mezozojskih karbonatnih platformi mediteranske regije. Do sredine trijasa, područje današnje Jadranske karbonatne platforme je predstavljalo sjevernu granicu superkontinenta Gondwane koju su karakterizirali siliciklastični i karbonatni taložni uvjeti na epikontinentalnoj platformi. Od gornjeg perma do sredine trijasa područje Gondwane je zahvatila tektonika praćena vulkanizmom te je došlo do formiranja izolirane platforme koju nazivamo Južnotetiska megaplatforma (STM — South Tethyan Megaplatform). Dezintegracijom ove platforme tijekom toarcija nastale su Jadranska karbonatna platforma, Apeninska i Apulijska platforma odvojene tektonskim grabama/koritima od kojih su najveći Jonska depresija s Umbria-Marche i Belluno koritima. Time je dakle nastala i Jadranska depresija kao prethodnik današnjeg Jadranskog bazena (VLAHOVIĆ i dr., 2005).

U periodu srednje i kasne jure te početkom krede, dolazi do tektonskog spuštanja podloge platforme što omogućuje taloženje do nekoliko kilometara debelog slijeda karbonatnih stijena. Krajem krede platforma se dalje dezintegrira kao posljedica kolizijskih procesa što dovodi do diferencijacije taložnih okoliša, pa se tijekom najkasnije krede te paleogena između ostalog taloži i fliš. Od ranog cenomana Jadransku karbonatnu platformu čini niz različitih tektonskih blokova koji su ili u emerziji, ili imaju plitkomorski okoliš, ili karbonatne rampe, ali i dublje tektonske jarke između njih. Krajem krede dolazi do opće emerzije, a zatim i do paleogenske transgresije tijekom eocena (VLAHOVIĆ i dr., 2005). Kompresivna tektonika tijekom paleogena negdje dovodi do inverzije starijih rasjeda normalnog karaktera i halokineze trijaskih evaporita. Ova dijapirna tijela koja deformiraju mezozojske i kenozojske naslage su česta pojava i općenito se vežu uz strike-slip rasjedne zone (GELETTI i dr., 2008). Uslijed tektonike, uz formiranje predgorskih bazena veže se i taloženje Liburnijskih naslaga i foraminiferskih vapnenaca, a naknadno se talože i karbonatno-klastične Promina naslage, te Jelar breče (VLAHOVIĆ i dr., 2005).

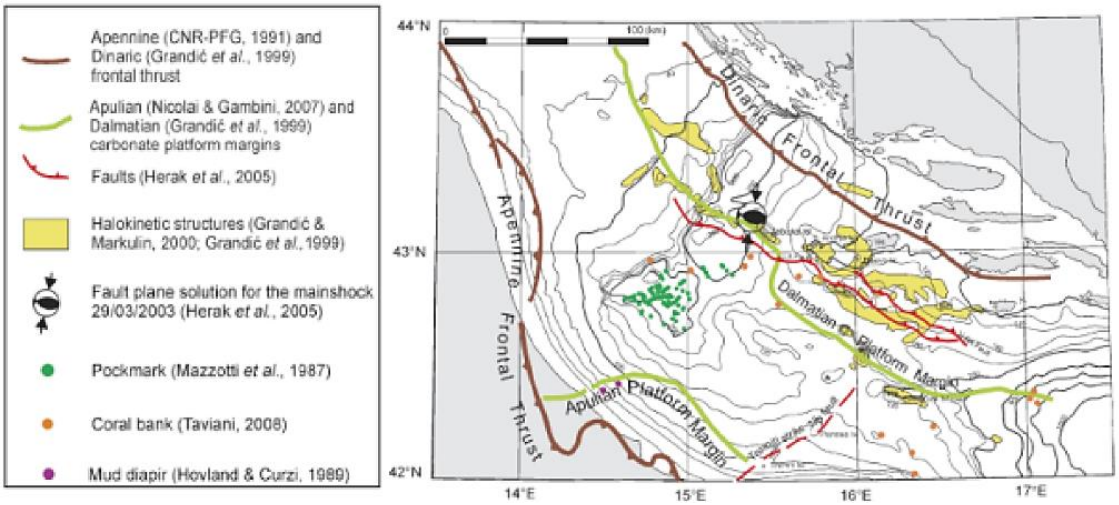
Prema karti Jadranskog podmorja (VELIĆ i dr., 2015) istraživano područje pripada jugozapadnom, rubnom području Jadranske karbonatne platforme uz sjeverni dio Jadransko-jonske depresije (Slika 3-1). Prisutne halokinetske strukture odnosno solni dijapiri koji se kontinuirano pojavljuju duž ruba Jadranske karbonatne platforme pružaju se smjerom sjeverozapad-jugoistok kako je to vidljivo na slici 3-2 (GELETTI i dr., 2008). Žutom bojom

je označen položaj većih solnih dijapira zbog kojih je analiza seizmičkih profila u ovom radu prostorno ograničena kako bi se izbjegao dio istražnog prostora zahvaćen deformacijama u kojem nije moguće pratiti odabrane seizmičke horizonte. Prema GRANDIĆ i dr., 2010. istražno područje definirano na slici 2-1 je vrlo zanimljivo zbog povoljnih uvjeta za nakupljanje ugljikovodika u zamkama na dubini od oko 3500 metara.

Analizom bušotinskih podataka u sklopu starijih istraživanja na ovom području zaključeno je da debeli slijed donjokrednih madstona u izmjeni s grainstonima i pekstonima završava kutnom erozijskom diskordancijom (Slika 3-3). Preko ove diskordancije u bušotini Palagruža-1 naliježu gornjomiocenske naslage, dok u bušotini Patricija-1 na erozijsku granicu u krovini gornjokrednih naslaga naliježu eocenski vapnenci proslojeni gipsom i



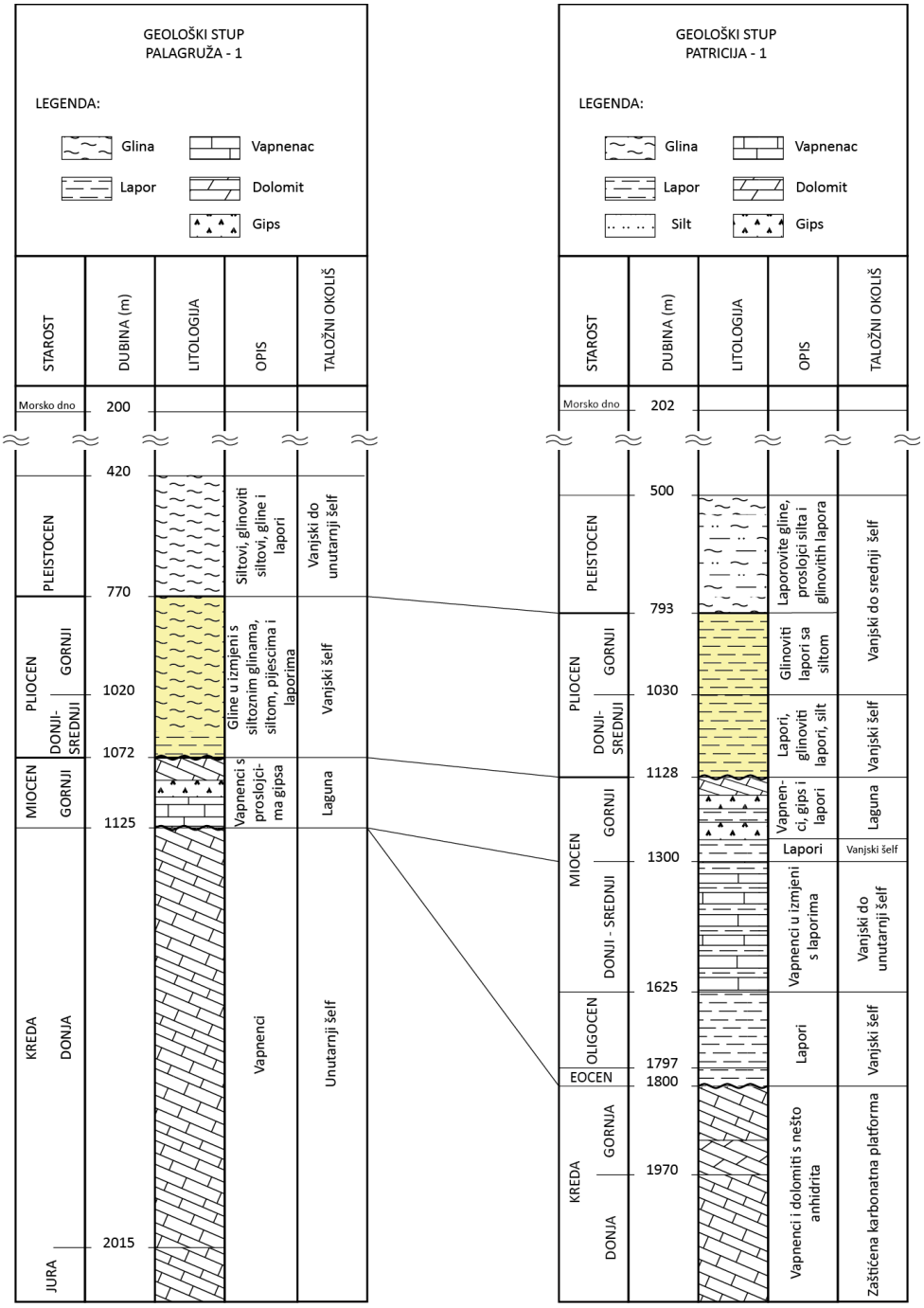
Slika 3-1: Karta Jadranskog podmorja koja prikazuje okopnjene dijelove Jadranske i Apulijske karbonatne platforme (zeleno), miocenske depresije (tamno žuto) i kasno-kenozojske depresije (bež) (VELIĆ i dr., 2015).



Slika 3-2: Skica glavnih geoloških struktura (orogenetski pojas, halokinetske strukture) u Jadranskom podmorju. Preuzeto iz GELETTI i dr., 2008.

laporima, taloženi u uvjetima izoliranog unutarnjeg šelfa. Paleogenski slijed naslaga kojeg čine gornjoeocenski i oligocenski lapori taloženi na vanjskom šelfu u području bušotine Patricija-1 naliježe na erozijsku granicu, dok u bušotini Palagruža-1 ovi slojevi potpuno izostaju (Slika 3-2). Lapori, vapnenci i gips čine slijed neogenskih naslaga donjeg i gornjeg miocena taložen u uvjetima od vanjskog šelfa do taložnih uvjeta lagune. Navedeni podaci su preuzeti iz završnih geoloških izvješća bušotina Patricija-1 i Palagruža-1 koje je izradila INA-Naftaplin u Zagrebu, 1984. godine (Slika 3-3, INA-NAFTAPLIN, 1984; KALAC i dr., 1984).

Prema istim izvješćima, te u skladu s njima izrađenim geološkim stupom, naslage pliocenske starosti su stratigrafski podijeljene na naslage donjeg-srednjeg pliocena i gornjeg pliocena. Prvo se dominantno talože lapori i gline u okolišnim uvjetima vanjskog šelfa. U istom izvoru se zaključuje se taloženje kontinuirano odvijalo od donjeg pliocena do pleistocena u istim okolišnim uvjetima vanjskog šelfa. Početkom gornjeg pliocena postupno dolazi do oplićavanja i taloženja u uvjetima srednjeg do unutarnjeg šelfa. Tada se dominantno talože gline s povećanim udjelom kalcita koje su proslojene siltom, pijeskom i laporima.



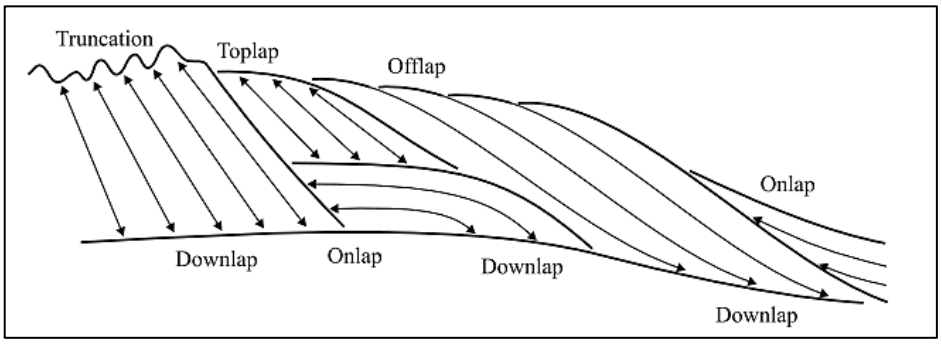
Slika 3-3: Pojednostavljeni geološki stup na lokacijama bušotina Patricija-1 i Palagruža-1. Dio slijeda stijenskih naslaga prikazan žutom bojom predstavlja predmet istraživanja rada (Prema INA-NAFTAPLIN, 1984).

2. METODOLOGIJA DEFINIRANJA SEIZMOSTRATIGRAFSKIH JEDINICA

Sekvencijska stratigrafija je danas opće prihvaćena metoda stratigrafske analize, kako u akademske tako i u industrijske svrhe. Ova metoda nam daje mogućnost uvida u način na koji taložni bazeni akumuliraju sedimente, što se pokazalo kao uspješna tehnika u analizi taložnih bazena u potrazi za ugljikovodicima.

S obzirom na mogućnosti i granice primjene u određenim tektonskim uvjetima, koriste se tri različita sekvencijsko stratigrafska modela. To su razni varijeteti taložnih sekvencija, zatim genetske stratigrafske sekvencije, te naposlijetku transgresivno regresivne sekvencije. Kako svaki od modela bolje odgovara određenim tektonskim uvjetima i strukturi dostupnih podataka o građi podzemlja, niti jedan nije univerzalno primjenjiv.

Glavnu razliku među njima predstavlja način na koji se definiraju granice jedinica, odnosno pitanje gdje se nalaze sekvencijske granice. Međusobni odnos između donosa sedimenta i promjene relativne razine mora utječe na transgresivno-regresivne promjene obalne linije, kao i na slijed sustavnih traktova i sekvencijskih granica. Na refleksijskim seizmičkim profilima stratigrafske granice definiraju se na temelju geometrijskih odnosa između pojedinih seizmičkih refleksa i seizmičko-stratigrafskih površina na kojim se oni prekidaju. Najvažniji oblici seizmičko-stratigrafskih prekida refleksa su erozijske granice (*truncation*), zatim *toplap*, *onlap*, *downlap* i *offlap* (slika 4-1).



Slika 4-1:Različiti tipovi prekida seizmičkih refleksa (prema EMERY & MYERS, 1996).

Ovi oblici prekida refleksa, kako su ih prvi definirali MITCHUM i dr., 1977., važni su iz razloga što obalni *onlap* sugerira transgresiju, a *offlap* ukazuje na normalnu, ili forsiranu

regresiju koja nastupa naglim opadanjem relativne razine vode, zbog čega transport sedimenta zaobilazi prethodno proksimalni dio taložnog sustava, pa se talože podmorske lepeze. *Downlap* predstavlja distalne prekide progradirajućih refleksa. Formiranje *toplap*-a nastaje erozijom *topset*-a, odnosno niza paralelnih refleksa koji predstavljaju sedimente proksimalnog dijela klinoformi (CATUNEANU, 2002).

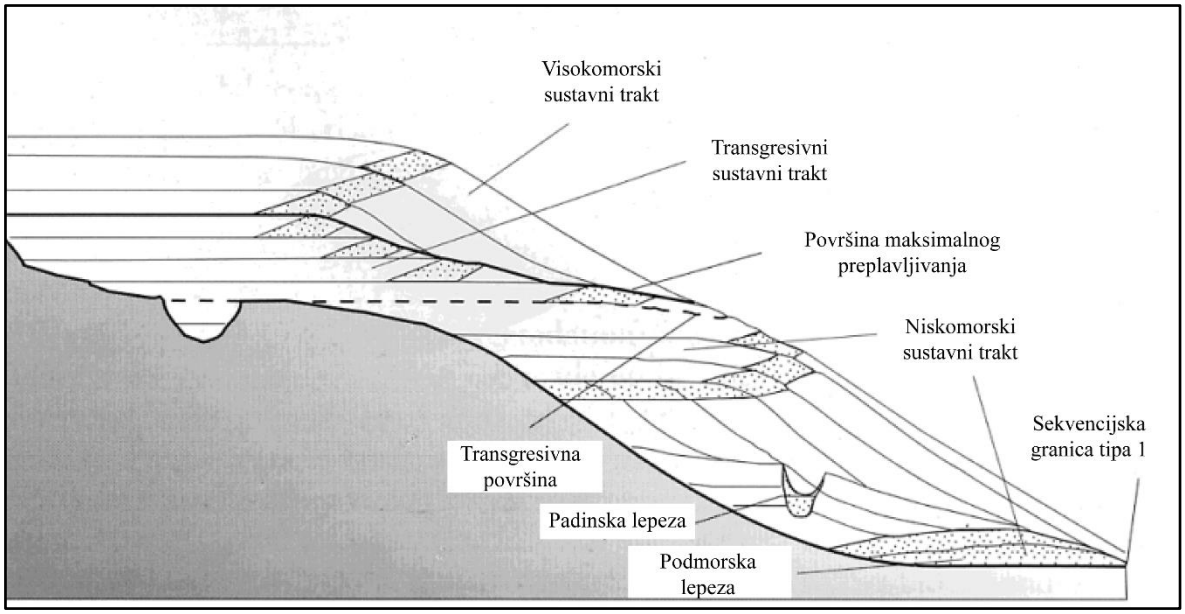
Transgresija, kao i dvije vrste regresije – forsirana i normalna, nastupaju kao funkcija utjecaja promjene relativne morske razine i brzine donosa sedimenta na obalnu liniju. Transgresija nastupa kada se taložni akomodacijski prostor stvara brže nego što se puni sedimentom, a očituje se retrogradacijom facijesa. Forsirana regresija se pojavljuje kao rezultat pada relativne razine mora zbog čega se obalna linija premješta u smjeru bazena, neovisno o donosu sedimenta. Prati ju erozija naslaga istaloženih uz prethodnu obalnu liniju i pojava fluvijalnog usijecanja s progradacijom sedimenta predstavljenog pojavom *offlap* oblika refleksa (Slika 4-1, 4-2). Normalna regresija se javlja u ranim ili kasnim fazama porasta relativne razine mora kada se transportni sustavi sedimenta prilagode postojećim paleogeografskim uvjetima, a brzina donosa sedimenta još uvijek nadmašuje brzinu promjene relativne razine mora.

Prema CATUNEANU (2002), sustavni traktovi predstavljaju unutarnju podjelu sekvencija, a interpretiraju se na temelju geometrijskog oblika nizanja refleksa, položaju unutar sekvencije i tipu granične površine. Trenutno je u upotrebi pet sustavnih traktova koji se javljaju kao funkcija međudjelovanja promjena relativne razine mora i sedimentacije (Slika 4-2).

Sustavni trakt niske razine mora je ograničen površinom erozijske diskordancije i njoj korelativnom konkordancijom, te površinom maksimalne regresije. Nastupa u ranijoj fazi rasta relativne razine mora kada je ta brzina rasta manja od brzine sedimentacije i javlja se normalna regresija. Transgresivni sustavni trakt je ograničen površinom maksimalne regresije na dnu i površinom maksimalnog preplavljivanja na vrhu. Nastupa tijekom rasta relativne razine mora kada je brzina porasta akomodacijskog prostora veća od brzine sedimentacije, a može se prepoznati prema retrogradacijskom nizanju refleksa. Sustavni trakt visoke razine mora je na dnu ograničen površinom maksimalnog preplavljivanja. Na vrhu je ograničen kompleksnom površinom koju čine erozijska diskordancija, regresivna površina marinske erozije i temeljna površina forsirane regresije. Nastupa u kasnijoj fazi rasta relativne razine mora tijekom koje je brzina rasta relativne razine mora manja od brzine

sedimentacije, te rezultira normalnom regresijom obalne linije. Sustavni trakt opadajuće razine mora uključuje slijed stijena koji se akumulira tijekom pada relativne razine mora, a praćen je nastankom erozijske diskordancije u proksimalnom dijelu prethodnog položaja obalne linije. Prepoznaje se po naglo progradirajućim refleksima *offlap* oblika. Ovaj sustavni trakt je na dnu ograničen temeljnom površinom forsirane regresije, a na vrhu kompozitnom površinom koju čine erozijska diskordancija, korelativna konkordancija i najmlađi dio regresivne površine marinske erozije.

Regresivni sustavni trakt uključuje sve stijene koje nastaju tijekom regresije obalne linije, odnosno uključuje slijed sedimenata sustavnog trakta visoke razine, opadajuće razine i niske razine mora. Na dnu je ograničen površinom maksimalnog preplavljivanja, a površinom maksimalne regresije na vrhu. Prepoznaje se po progradirajućem nizanju refleksa. U praksi postoji tendencija da se regresivni sustavni trakt koristi umjesto pojedinačnog sustavnog trakta niske razine mora, opadajuće razine i visoke razine mora iz razloga što je prepoznavanje graničnih površina često otežano, pa je iz tog razloga korišten i u ovom radu.



Slika 4-2: Distribucija refleksa unutar sekvencijske granice tipa 1. Prikazano je pet sedimentacijskih segmenata koji se obično grupiraju u tri sustavna trakta (prema EMERY & MYERS, 1996)

Za interpretaciju u nastavku ovoga rada koriste se transgresivno-regresivne sekvencije – T-R sekvencije. Jedna takva sekvencija je ograničena kompleksnom površinom erozijske diskordancije i/ili površinom pretaložavanja, te njima korelativnom površinom maksimalne regresije. Kao sekvencijska granica se stoga uzima erozijska diskordancija jer predstavlja najznačajniji prekid sedimentacije koji ne bi trebao biti dio sekvencije. Površina maksimalnog preplavljivanja se u ovom slučaju koristi kao granica između transgresivnog i regresivnog sustavnog trakta koji zajedno čine cjelovitu T-R sekvenciju.

3. REZULTATI

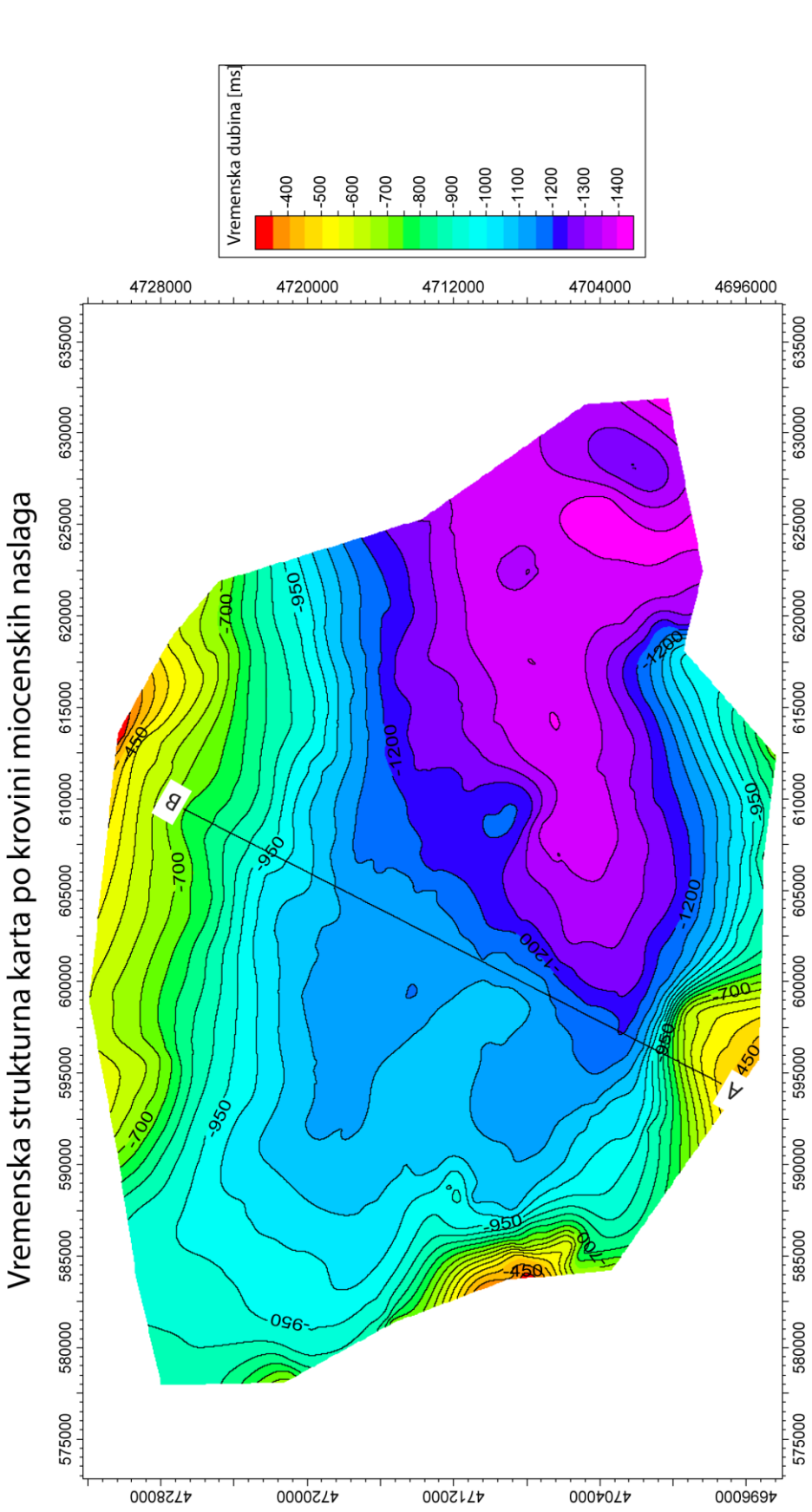
Povezivanjem bušotinskih sa seizmičkim podacima definirani su seizmički horizonti koji odgovaraju geološkim granicama krovine miocenskog i krovine pliocenskog slijeda naslaga. Praćenjem prostornog rasprostiranja navedenih seizmičkih horizonata na odabranim profilima te interpolacijom između profila, izrađene su strukturne karte krovine miocena i krovine pliocena u vremenskom mjerilu. Interpretacijom seizmičkih profila izdvojene su značajnije sekvencijske granice tipa 1, te njima korelativne konkordancije i na taj način su definirane četiri sekvencije. Bitno je spomenuti da se neke od ovih sekvencija u pliocenskom naslagama sastoje od niza djelomično razvijenih sustavnih traktova zbog čega je detaljnija interpretacija otežana.

3.1. Strukturna vremenska karta po krovini miocenskog slijeda naslaga

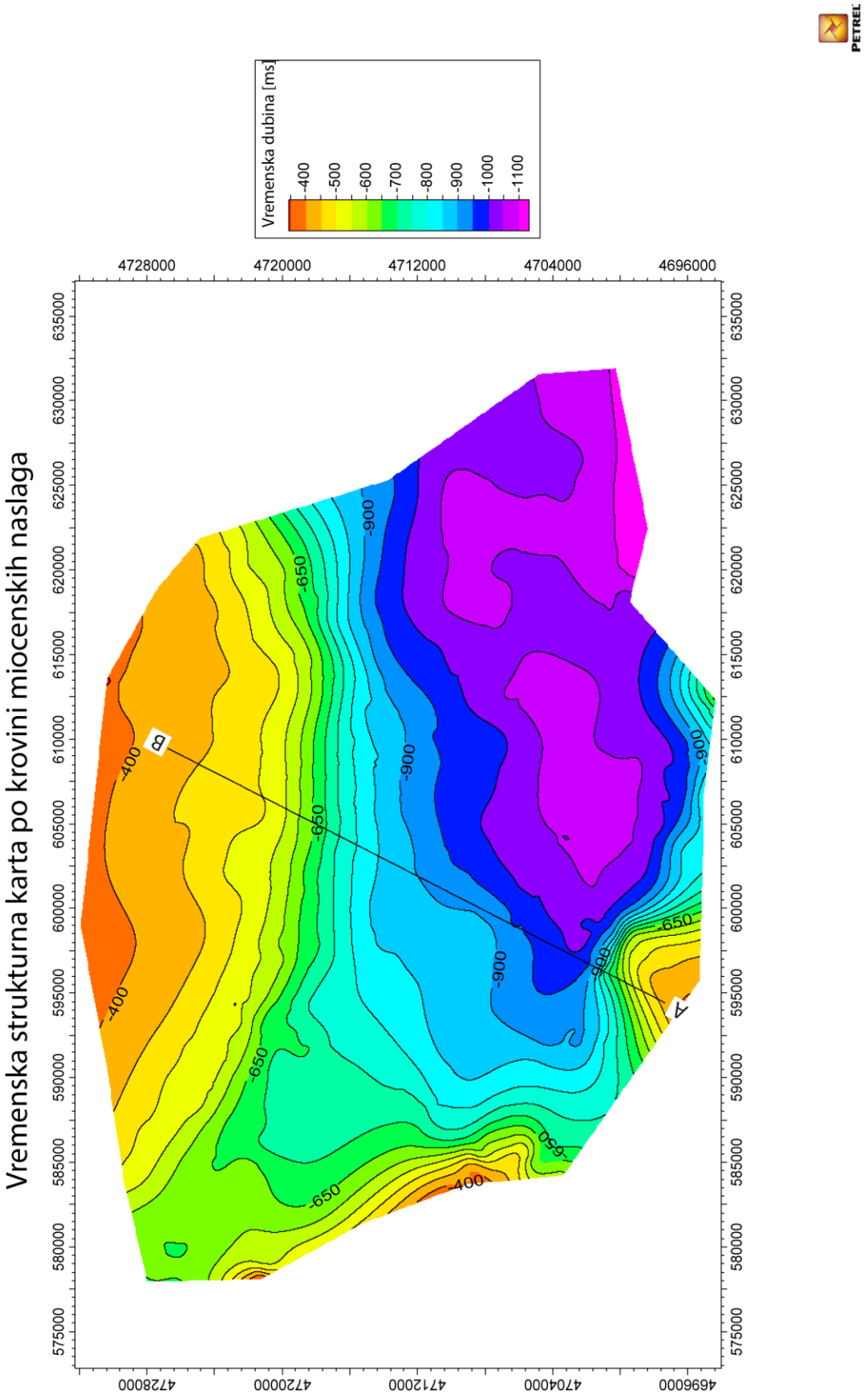
Izrađena strukturna karta po krovini miocenskog slijeda naslaga u vremenskom mjerilu je prikazana na slici 5-1. Najveće vremenske vrijednosti do -1440 ms, su u jugoistočnom dijelu područja istraživanja koje je na karti predstavljeno ljubičastom bojom. S druge strane, područje s najnižim vrijednostima dvostrukog vremena se nalazi uz sam rub karte na sjeveru, sjeverozapadu i jugu, a radi se o vrijednostima od približno -450 ms. Raspored i oblik izolinija po krovini miocenskog slijeda naslaga, odnosno geometrija seizmičkog horizonta koji odgovara krovini miocenskog slijeda naslaga ukazuje na sinklinalni strukturni oblik s pružanjem sjeverozapad – jugoistok.

3.2. Strukturna vremenska karta po krovini pliocenskog slijeda naslaga

Na slici 5-2 prikazana je strukturna vremenska karta po krovini pliocenskog slijeda naslaga. Najveće vrijednosti prolaznog vremena ponovno zahvaćaju značajan dio područja na jugu i jugoistoku gdje poprimaju i preko -1050 ms. Veći dio sjevernog, pa i sjeverozapadnog dijela kartiranog područja je sada znatno plići pa poprima i do -380 ms. Geometrija ovog seizmičkog horionta nasljeđuje sinklinalni strukturni oblik pružanja sjeverozapad – jugoistok, ali je definirana razvojem mlađih sedimentnih naslaga.



Slika 5-1: Strukturna karta po krovini miocenskog slijeda naslaga u vremenskom mjerilu.



Slika 5-2: Strukturna karta po krovini pliocenskog slijeda naslaga u vremenskom mjerilu.

3.3. Referentni seizmički profil i njegova interpretacija

U interpretaciju seizmičkih podataka se krenulo od referentnog profila A-B na čijoj se trasi nalazi i bušotina Patricija-1 (Slika 5-3a). Ovaj profil je odabran zbog odgovarajućeg položaja, odnosno pružanja paralelno smjeru progradacije sekvencija pliocenskih naslaga. Osim toga, podaci iz bušotine Patricija-1, poput litološkog sastava naslaga, mogu se koristiti kao teoretski okvir prilikom interpretacije građe i sastava T-R sekvencija. Iako navedeni seizmički profil zahvaća vremenske dubine od preko -2000 ms, ovdje je priložen samo njegov dio do dubine od -1300 ms. Zaključno s ovom vremenskom vrijednosti je zahvaćen čitav pliocenski slijed stijena na istražnom području. Na slici 5-3a crnim su linijama označeni tragovi strukturnih površina po krovini miocenskog slijeda naslaga (dolje) i po krovini pliocenskog slijeda naslaga (gore), a bijelom linijom je označen položaj kanala bušotine Patricija-1 (Pat-1).

Analizom oblika seizmičkih refleksa i njihovih završetaka na referentnom seizmičkom profilu bilo je moguće prepoznati i definirati seizmičke granice koje su interpretirane kao granice T-R sekvencija. S obzirom na kvalitetu korištenih seizmičkih podataka moguće je relativno jednostavno prepoznati četiri značajnije sekvencijske granice tipa 1 i njima korelativne konkordancije. Pomoću sekvencijskih granica definirane su četiri sekvencije redom nazvane početnim slovima abecede. Najstarija je sekvencija *A* (na slici 5-3b prikazana smeđom bojom) čiju donju granicu čini vremenska strukturna površina krovine miocenskog slijeda naslaga ili sekvencijska granica *a*. Gornju granicu sekvencije *A* čini sekvencijska granica *b* koja je ujedno i podina sekvencije *B* na slici 5-3b prikazana narančastom bojom. Žuto obojena sekvencija *C* je ograničena sekvencijskom granicama *c* i *d*, dok je sekvencija *D* (na slici 5-3b označena zelenom bojom) ograničena sekvencijskom granicom *d* i strukturnom površinom po krovini pliocenskog slijeda naslaga ili sekvencijskom granicom *e*.

Sekvencijske granice se na seizmičkom profilu mogu prepoznati na dva načina (EMERY & MYERS, 1996). Erozijom *topset* refleksa često nastaje seizmički izražajna površina koja predstavlja relativno izokronu površinu netaloženja odnosno sekvencijsku granicu tipa 1. Osim toga, pojava spuštanja refleksa obalnog *onlap*-a u smjeru bazena predstavlja progradaciju ili agradaciju sedimenata forsirane i normalne regresije, te na taj način sugerira postojanje sekvencijske granice tipa 1.

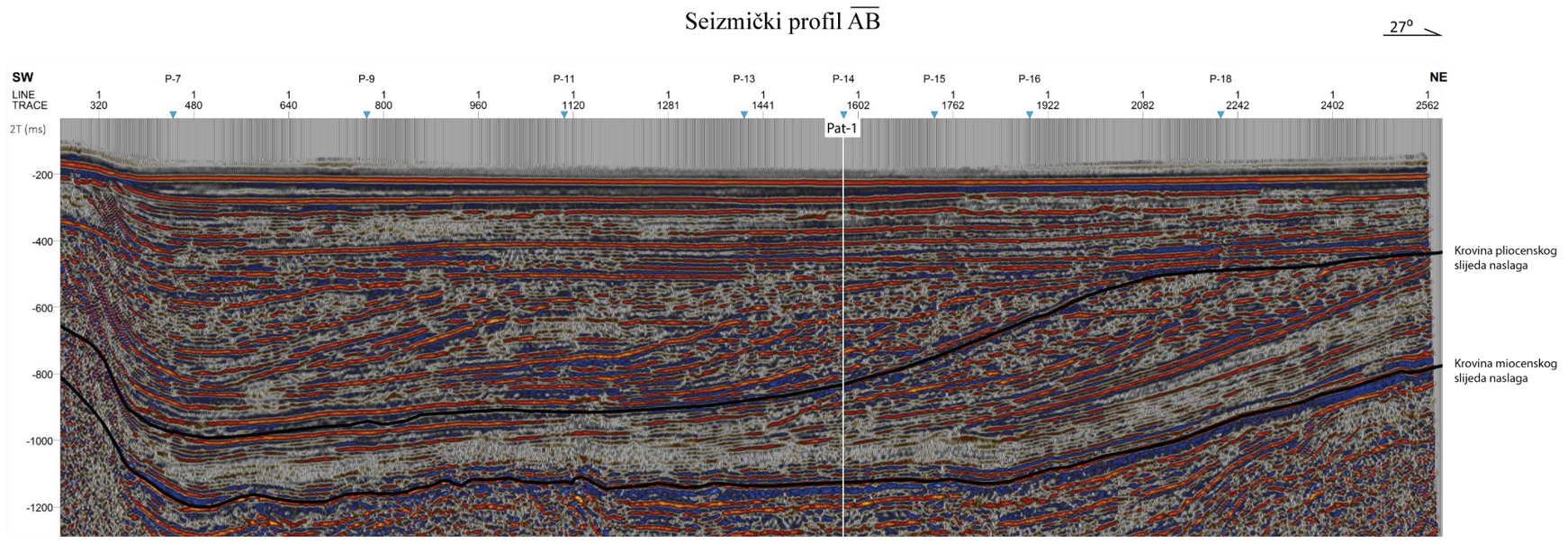
Sekvenciju *A* čini niz paralelnih refleksa koji se očituju nižom amplitudom seizmičkih refleksa, što je vjerojatno posljedica disperzije reflektirane seizmičke energije. Definirana je vremenskom strukturnom površinom krovine miocenskog slijeda stijenskih naslaga u podini ili sekvencijskom granicom *a* i sekvencijskom granicom *b* u krovini. Unutar ove sekvencije vrlo rijetko se mogu vidjeti značajniji prekidi refleksa što se može interpretirati na dva načina. Ili se radi o vrlo distalnom sedimentacijskom području u odnosu na točke donosa materijala ili je situacija takva da se donos materijala odvija okomito na pružanje referentnog profila.

Sekvencija *B* započinje sekvencijskom granicom *b* koju definira niz *downlap* seizmičkih refleksa vidljivih od točke paljenja 1281 do 1992 na dubini od 1050 ms. Osim toga, neposredno iznad same granice na točki paljenja 1762 može se prepoznati nekoliko kratkih refleksa koji završavaju *downlap*-om u smjeru jugozapada i u smjeru sjeveroistoka. Na njih, u smjeru jugozapada, *downlap*-om ponovno naliježe niz mlađih seizmičkih refleksa. Gornji dio sekvencije predstavljaju kontinuirani refleksi koji na kontaktu prekidaju dio starijih seizmičkih refleksa. Sekvencija završava sekvencijskom granicom *c* u krovini.

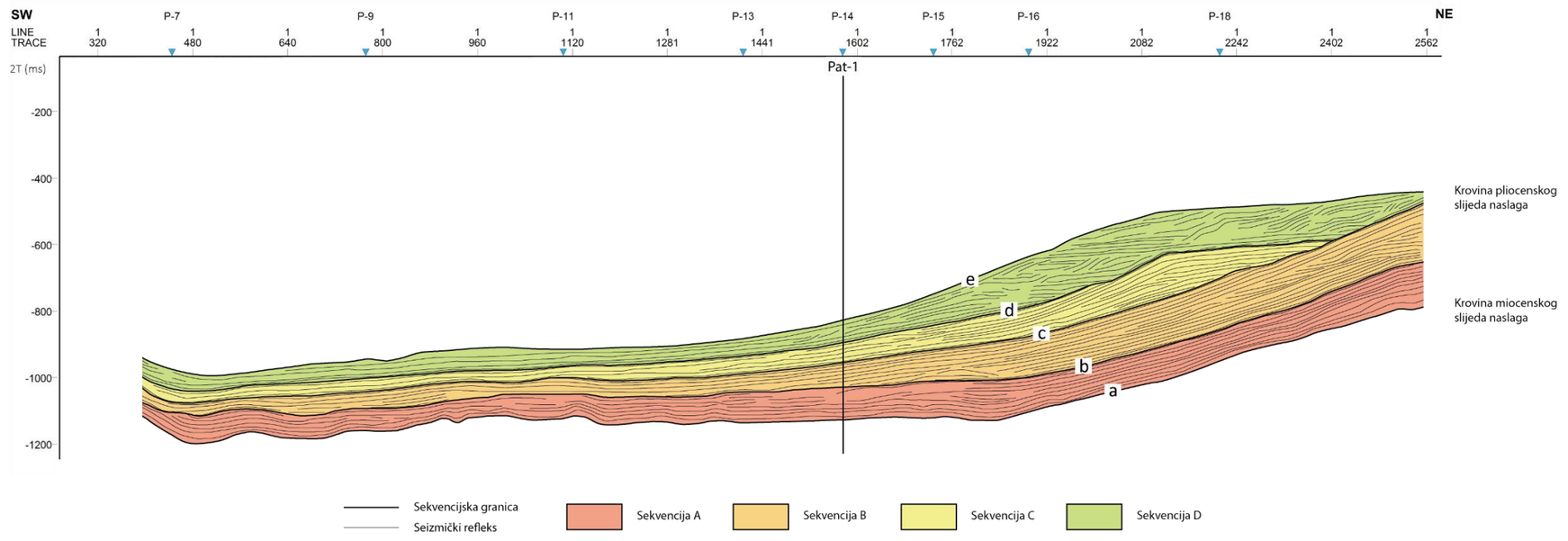
Sekvencija *C* je u podini definirana sekvencijskom granicom *c* koja se prepoznaje po nizu spuštajućih seizmičkih refleksa obalnog *onlap*-a u blizini točke paljenja 2242 na vremenskoj dubini od 700 ms. Ponovno se pojavljuje prekid niza starijih refleksa na kontaktu s mlađima primjerice kod točke paljenja 2082 i vremenske dubine od 700 ms. Sekvencija završava sekvencijskom granicom *d* u krovini.

Sekvencija *D* započinje sekvencijskom granicom *d* u podini, a završava strukturnom površinom po krovini pliocenskog slijeda naslaga ili sekvencijskom granicom *e*. Čini ju geometrijski kompliciran niz progradirajućih seizmičkih refleksa kojima se ne može uočiti neka pravilnost. Iz praktičnih je razloga ovaj dio naslaga predstavljen kao jedinstvena cijelina odnosno kao jedna T-R sekvencija. Moguće je da se sastoji od nekoliko jedinica, a sigurno od većeg broja sustavnih traktova. Isto tako, evidentno je da su ove naslage nastale u najviše proksimalnim uvjetima.

a)



b)



Slika 5-3:Odabrani referentni seizmički profil AB (a) s odgovarajućom interpretacijom (b).

3.4. Karte debljine izdvojenih sekvencija u vremenskom mjerilu

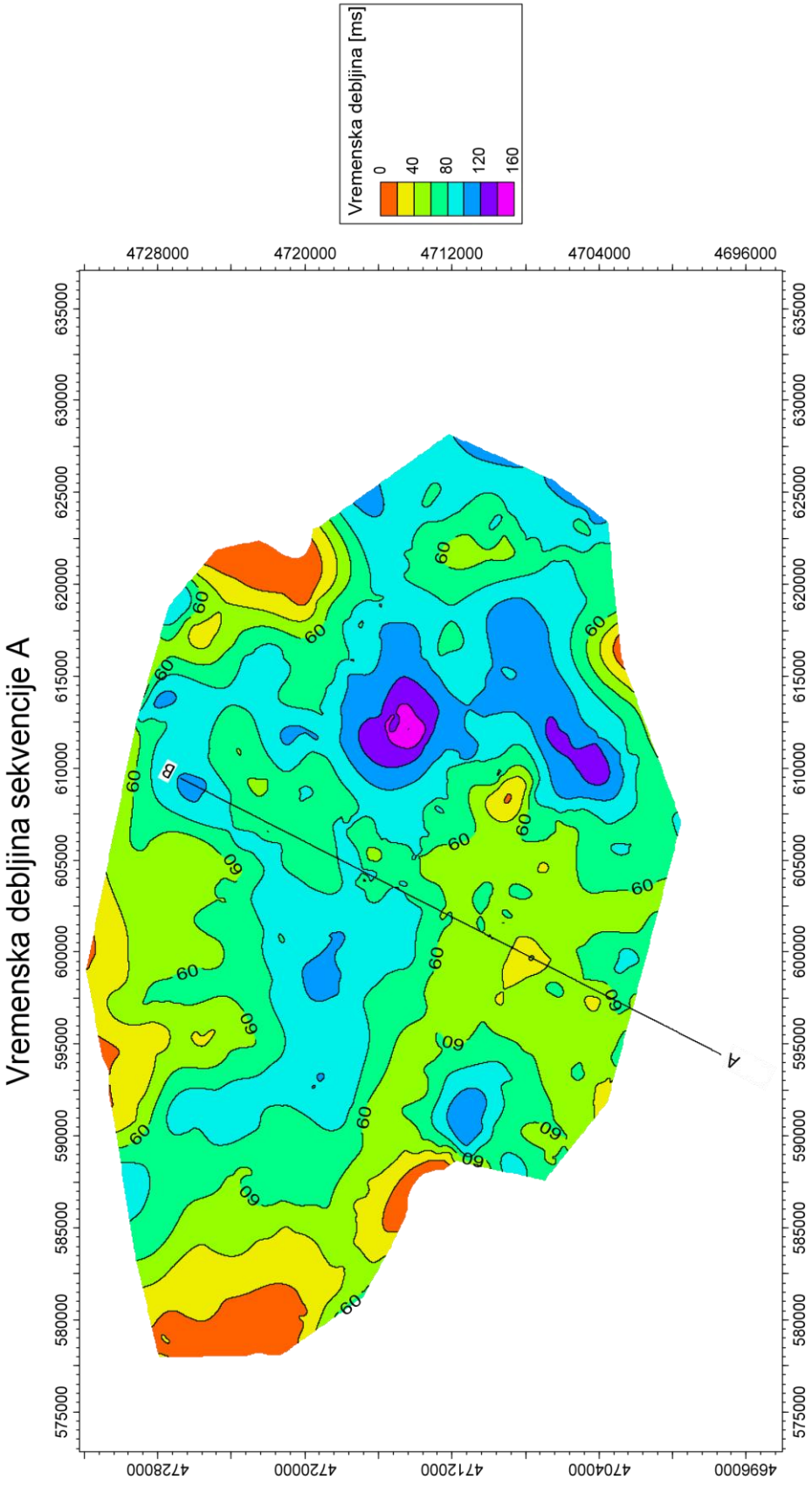
Kako bi se shvatila prostorna distribucija interpretiranih sekvencijskih granica, one su izdvojene na većini profila i potom su kartirane u prostoru. Na ovaj način je bilo moguće izraditi modele vremenskih debljina izdvojenih sekvencija i prema njima zaključiti gdje su naslage pojedine sekvencije najviše razvijene, gdje najmanje, ali također i iz kojeg smjera je bio donos sedimenta, odnosno koji je bio glavni smjer transporta sedimenta u bazen. Pri tom vrijedi da se najveće debljine pojedinih sekvencija očekuju u području najdebljeg razvoja klinoformi, a najmanje debljine i isklinjenja sekvencija u proksimalnom i distalnom dijelu klinoformi. Također se očekuje da područje s najdebljim razvojem klinoformi kroz geološko vrijeme postupno migrira u smjeru transporta sedimenta, odnosno da migrira u smjeru najznačajnije progradacije.

Slika 5-4 prikazuje kartu debljine sekvencije *A* u vremenskom mjerilu. Poprima vrijednosti od 0 do 160 ms. Na karti se ne mogu primjetiti određeni trendovi distribucije izolinija jer se često lokalno pojavljuju izolirane velike vrijednosti. Tako se najveće vrijednosti debljine pojavljuju u istočnom i jugoistočnom dijelu karte, a prikazane su ljubičastom bojom. S druge strane, debljina se približava nuli na rubnim dijelovima karte na sjeverozapadu i na sjeveroistoku.

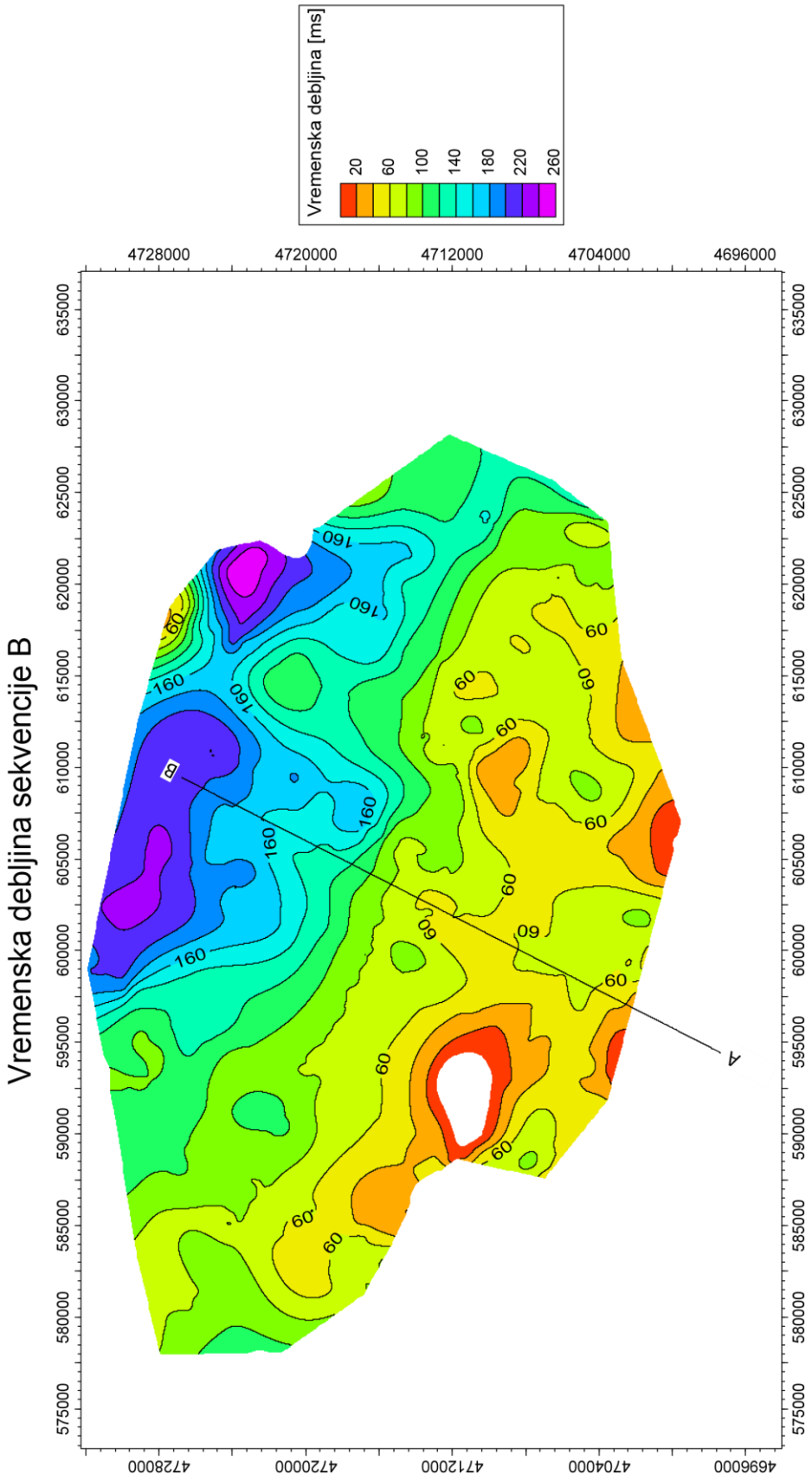
Na karti vremenske debljine sekvencije *B* na slici 5-5 debljine poprimaju vrijednosti od 0 do 280 ms. Zona s najvećim vrijednostima se nalazi na sjevernom dijelu kartiranog područja, a njeno pružanje je zapad-sjeverozapad, dok su niže vrijednosti vremenske debljine ove sekvencije u područjima u smjeru juga i jugozapada. Područje na jugozapadu na kojem dio izolinija nedostaje (na slici 5-5 taj dio je označen bijelom bojom) predstavlja dio sekvencije koji isklinjava uz strukturu solnog dijapira.

Slika 5-6 predstavlja kartu ukupne debljine sekvencija *B* i *C*. Poprima vrijednosti od 20 do 420 ms, na način da se zadržava generalni trend pružanja najvećih vrijednosti koje su prikazane ljubičastom bojom. Ovo područje veće debljine sekvencija *B* i *C* nalazi se nešto južnije nego što je slučaj na karti debljine sekvencije *B* (Slika 5-5).

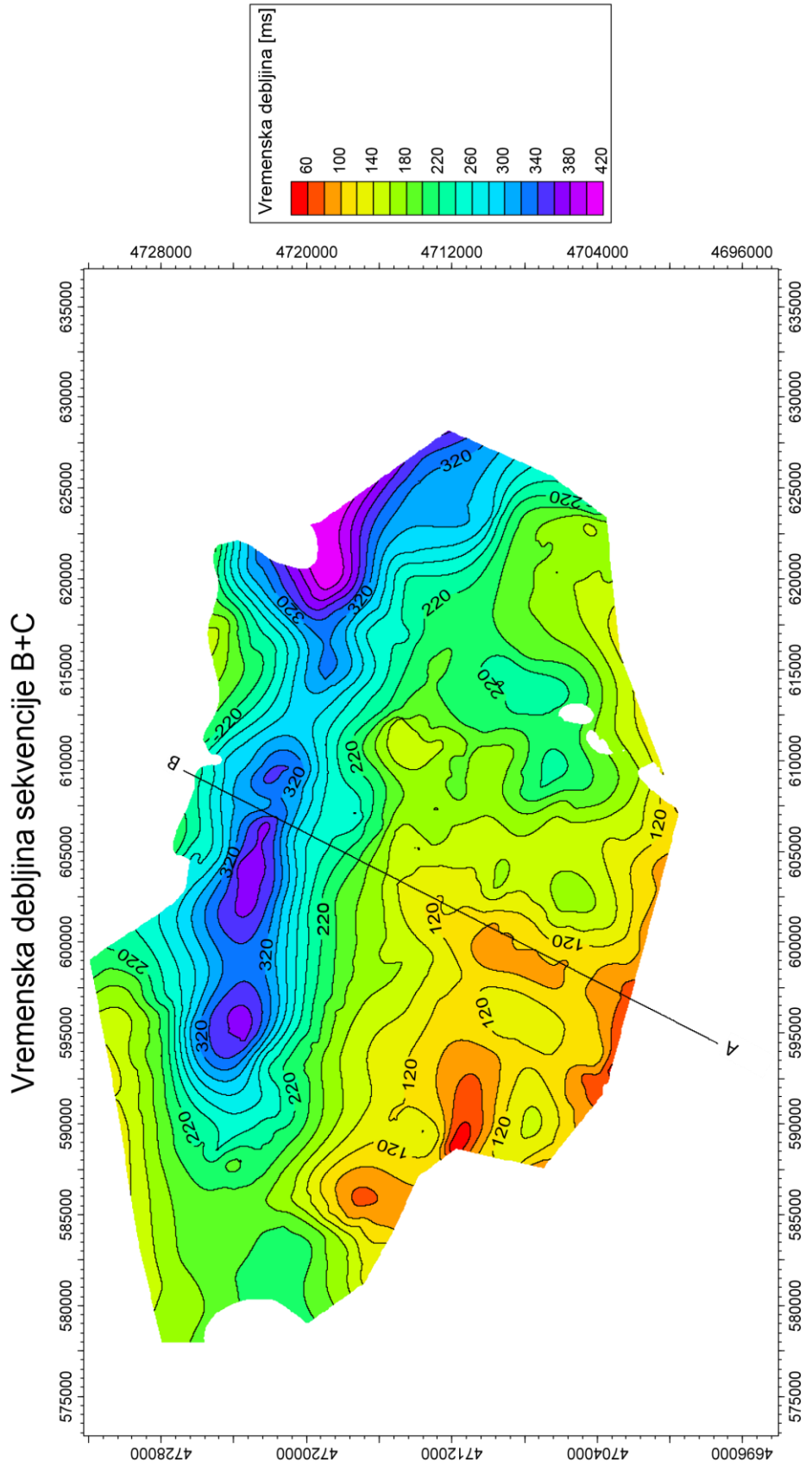
Ukupna debljina sekvencija *B, C* i *D* može se vidjeti na slici 5-7. Vrijednosti debljine se kreću od 20 do 460 ms, a trend raspodjele izolinija se ponavlja kao i na karti ukupne debljine sekvencija *B* i *C*. Pri tom, područje najvećih debljina ponovno migrira u smjeru jugozapada.



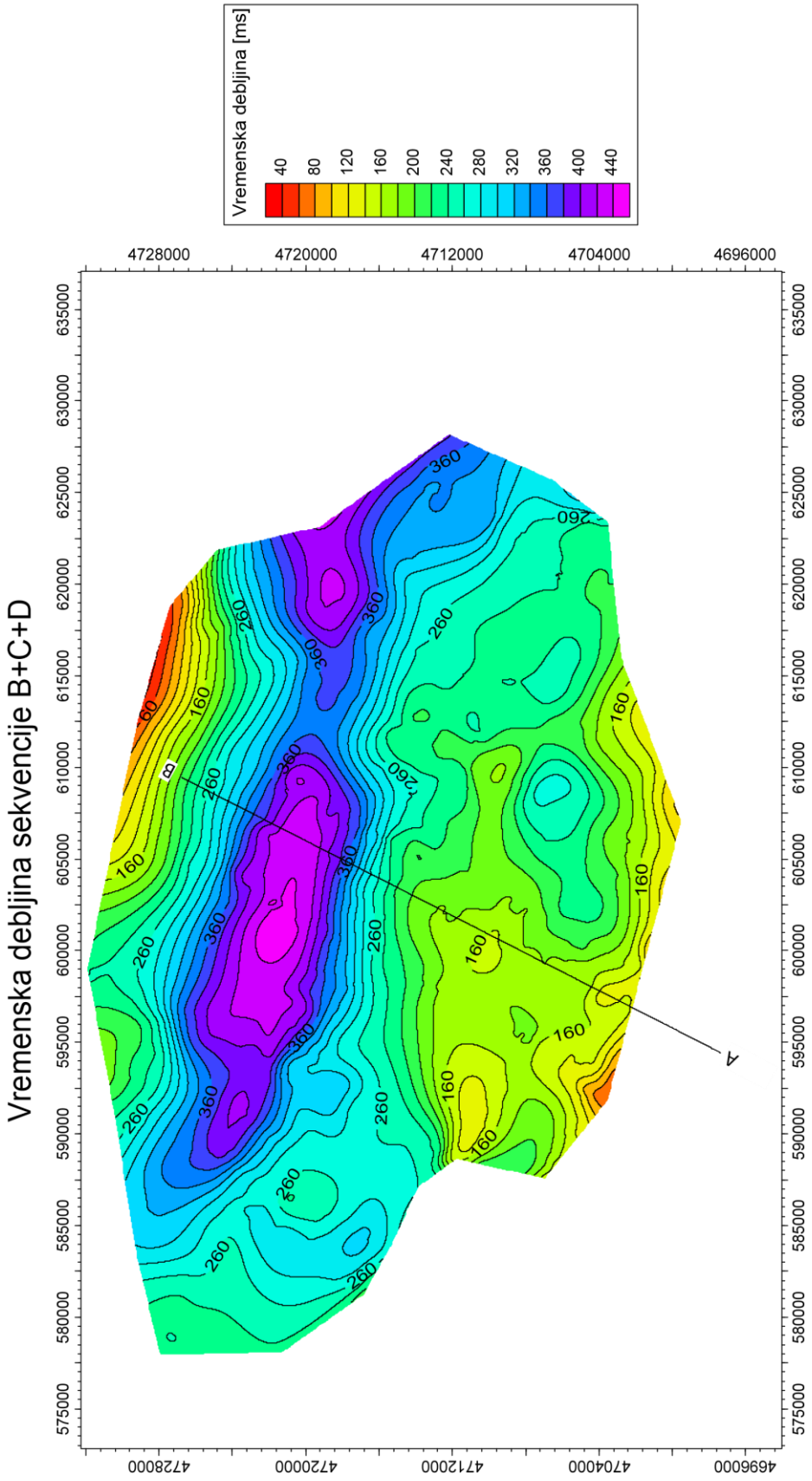
Slika 5-4: Karta debljine sekvencije A u vremenskom mjerilu.



Slika 5-5: Karta debljine sekvencije B u vremenskom mjerilu.



Slika 5-6: Karta ukupne debljine sekvencija B i C u vremenskom mjerilu.



Slika 5-7: Karta ukupne debljine sekvencija B, C i D u vremenskom mjerilu.

4. DISKUSIJA

Povezivanjem stratigrafskih granica utvrđenim u bušotinama Patricija-1 i Palagruža-1 s odgovarajućim seizmičkim horizontima ili refleksima na profilima, definirane su strukturne površine krovine miocenskog i pliocenskog slijeda naslaga u vremenskom mjerilu (Slike 5-1 i 5-2). Strukturna karta krovine miocenskih naslaga prikazuje strukturu sinklinalnog oblika koja tone u smjeru jugoistoka. Ovaj trend je vidljiv i na strukturnoj karti krovine pliocenskih stijena s bitno manjom razlikom u rasponu vrijednosti dubine ove površine. To se javlja kao posljedica ispunjavanja akumulacijskog prostora tijekom pliocena.

Sekvencijskom interpretacijom seizmičkih podataka izdvojeno je pet sekvencijskih granica – *a, b, c, d* i *e* koje definiraju četiri sekvencije – *A, B, C i D* (Slika 5-3). Pri tom sekvencijska granica *b* odgovara vremenu, odnosno dubini granice biostratigrafski definirane u bušotinama kao kontakt između srednjeg i gornjeg pliocena, koja se u bušotini Patricija-1 nalazi na dubini od 1030 m (KALAC i dr., 1984). Stoga se može zaključiti da interpretirana sekvencija A odgovara taloženju sedimenta tijekom donjeg i srednjeg pliocena. Prema jedinoj dostupnoj geološkoj interpretaciji, a to su završni geološki izvještaji iz spomenutih bušotina Palagruža-1 i Patricija-1, u vrijeme donjeg i srednjeg pliocena na istražnom području se talože gline i lapori u okolišnim uvjetima taloženja na vanjskom šelfu.

U gornjem pliocenu dolazi do promjene uvjeta taloženja koji postaju proksimalniji izvoru sedimenta. Kao posljedica, uz sve veći donos ovog sedimenta nastupa oplićavanje taložnog bazena. Opisane promjene reflektiraju se u postupnoj progradaciji sedimenta sa sjeveroistoka prema jugozapadu, kako je to prikazano na referentnom profilu na slici 5-3. Sekvencijska granica *b* definirana je prema nizu prekinutih *downlap* refleksa koji predstavljaju završetak klinoformi koje se formiraju na sjeveroistoku. U području točke paljenja 1762, neposredno iznad sekvencijske granice nalazi se nekoliko refleksa koji završavaju *downlap*-om u smjeru sjeveroistoka i jugozapada. Moguće je da ovi refleksi predstavljaju granicu podmorske lepeze koja se formira tijekom faze naglog spuštanja morske razine ispod *offlap* točke. Seizmički refleksi koji sa sjeveroistoka *downlap*-om završavaju na mogućoj podmorskoj lepezi potvrđuju ovu interpretaciju jer vjerojatno predstavljaju taložna tijela nastala tijekom normalne progradacije koja nastupa kada se taložni transportni putevi prilagode migriranim taložnim okolišima. Sekvencijsku granicu *c* definira niz refleksa koji se prekidaju *onlap*-om na sekvencijskoj granici *b*. Ovi refleksi

predstavljaju drugi značajan pad relativne morske razine koji rezultira naglom progradacijom sedimenta i taloženjem sekvencije *C*. Značajan pad relativne morske razine reflektira se i u prekidu vršnih refleksa sekvencije *B* vidljivih u području oko točke paljenja 2242. Tu je vidljiva pojava *toplap* prekida refleksa uz sekvencijsku granicu *c*. Najmlađa izdvojena sekvencija *D* u krovini je ograničena strukturnom površinom krovine pliocenskog slijeda stijenskih naslaga ili sekvencijskom granicom *e*. Iako stijene koje se nalaze iznad ove granice ovdje nisu detaljno analizirane, na profilu A-B (slika 5-3a) vidljivo je da se radi o sekvencijskog granici na što nam ukazuje nekoliko seizmičkih refleksa koji se sjeveroistočno od točke paljenja 1922 prekidaju *onlap*-om i tako definiraju sekvencijsku granicu tipa 1. Sekvenciju *D* čini niz transgresivno-regresivnih sekvencija nižeg reda koje se ovdje promatraju zajedno. S obzirom da je unutar ove sekvencije broj transgresivno-regresivnih ciklusa zamjetno veći nego u prethodnim sekvencijama, može se diskutirati o tome da se radi o značajno proksimalnijem dijelu taložnog okoliša. U ovakvim uvjetima i manje promjene relativne morske razine ili količine donosa materijala, imaju značajan utjecaj na transgresivno-regresivne cikluse nižeg reda koji nastaju kao njihova posljedica.

Debljina sekvencije *A* je uglavnom konstantna, pa se lokalna odstupanja od prosječne dubine izraženo vide na karti u vremenskom mjerilu (Slika 5-4), ovisno o ekvidistanciji. S obzirom da se na seizmičkim podacima unutar sekvencije *A* ne primjećuju refleksi oblika klinoformi koji bi prikazivali značajan donos sedimenta i najdeblji razvoj naslaga, logično je da se ni na karti debljina ne pojavljuje jedinstveno područje s većim debljinama. Sekvencija *A* je kartirana zasebno jer predstavlja dubokomorske taložne uvjete koji su vladali u donjem i srednjem pliocenu, a koji su se mijenjali početkom gornjeg pliocena. S obzirom da su naslage gornjeg pliocena nastale u procesu postupnog oplićavanja ovog područja logično je sekvencije *B, C* i *D* promatrati zajedno. Debljina sekvencije *B* u vremenskom mjerilu, prikazana na slici 5-5 prikazuje područje najdebljeg slijeda naslaga s pružanjem sjeverozapad – jugoistok na sjevernom dijelu područja istraživanja. Ovaj maksimum debljina predstavlja progradirajući sediment koji je najdeblje razvijen u području pojave klinoformi. Primijećuju se i dva središta akumulacije sedimenta – jedno zapadno i drugo istočno. Kako bi uočili migraciju progradirajućeg sedimenta u bazenu, izrađene su karte ukupnih debljina sekvencija *B* i *C,* a zatim i *B, C* i *D* (Slike 5-6 i 5-7). Spomenuta migracija najdeblje razvijenog slijeda gornjopliocenskih naslaga primjećuje se prvo na slici 5-6 tako što područje progradacije migrira u smjeru jug-jugozapad, a zatim i na slici 5-7 gdje dolazi do ponovne migracije u istom smjeru. Stoga se može zaključiti da taloženjem

dominira donos sedimenta iz smjera sjever-sjeveroistok. Teško je precizno odrediti izvor ovih sedimenata, ali prema ranijim istraživanjima na ovom području, ušće rijeke Neretve predstavlja najveći lokalni siliciklastični taložni sustav za koji se tvrdi da je u recentnoj geološkoj povijesti pružao duž Korčulanskog kanala kojeg zatvaraju otoci Hvar na sjeveru i Korčula na jugu (BALIĆ & MALVIĆ, 2013).

5. ZAKLJUČAK:

Analizom bušotinskih podataka i rezultata seizmičkih mjerenja na području južno od otoka Visa na srednjem dijelu Jadranskog mora, interpretiran je razvoj taložnih odnosa tijekom pliocena. Definirane su strukturne površine po krovini miocenskog i po krovini pliocenskog slijeda, a između njih su izdvojene ukupno četiri seizmostratigrafske jedinice odnosno taložne sekvencije nazvane *A, B, C* i *D*. Ove sekvencije su ograničene s pet sekvencijske granica tipa 1 – *a, b, c, d i e*, s tim da granice *a* i *e* ujedno predstavljaju i spomenute strukturne površine po krovini miocenskih i po krovini pliocenskih naslaga. Prema horizontu koji odgovara granici između srednjeg i gornjeg pliocena, definiranoj u sklopu završnih geoloških izvještaja INA-Naftaplina, koja se temelji na biostratigrafskoj analizi, sekvencija *A* po starosti pripada u donji-srednji pliocen, dok sekvencije *B, C*, i *D* pripadaju gornjem pliocenu. Tijekom srednjeg pliocena dolazi do promjena regionalnih taložnih uvjeta iz taloženja na vanjskom šelfu tijekom donjeg i srednjeg pliocena do taloženja na srednjem do unutrašnjem šelfu za vrijeme gornjeg pliocena. Iz tog razloga, sekvencija *A* je promatrana zasebno, a sekvencije *B, C* i *D* su promatrane zajedno. Debljina sekvencije *A* je uglavnom konstantna s blagim lokalnim odstupanjima koja ne prikazuju nikakav preferirani trend raspodjele izohora. Gornjopliocenske sekvencije *B, C* i *D* se kontinuirano talože progradacijom sedimenta sa sjever-sjeveroistoka prema jug-jugoistoku kartiranog prostora. Izvor pliocenskih sedimenata taloženih na istražnom prostoru je diskutabilan, ali je moguće da je dio siliciklastičnog taložnog sustava rijeke Neretve, za kojeg se pretpostavlja da se u geološkoj povijesti prostirao gotovo do sjevernog ruba istraživanog područja.

Kao nastavak istraživanja bilo bi korisno analizirati podatke geofizičkih mjerenja u dvjema istraživačkim bušotinama i pokušati korelirati seizmostratigrafske granice *a, b, c, d* i *e* s odgovarajućim podacima karotažnih krivulja. Detaljnije definiranje sekvencijskih granica nižeg reda u pliocenskom, ali i u pleistocenskom slijedu naslaga svakako bi pridonijelo boljem razumijevanju geoloških odnosa i taložnih okoliša na ovom području.

6. POPIS LITERATURE

BALIĆ, D., MALVIĆ, T. (2013): Pliocene – Quarternary stratigraphy and sedimentation at the Neretva River Mouth, on Croatian Adriatic Coast. Geological Quarterly 57(2), 233-242.

CATUNEANU, O. (2002): Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits, and pitfalls. Journal of African Earth Sciences 35, 1–43.

EMERY, D., MYERS, K., eds. (1996): Sequence Stratigraphy. Oxford, UK: Blackwell Science, 297.

GALETTI, R., DEL BEN, A., BUSETTI, M., RAMELLA, R.,VOLPI, V. (2008): Gas seeps linked to salt structures in the Central Adriatic Sea. Basin Research 20, 473-487.

GRANDIĆ, S., KRATKOVIĆ, I., RUSAN, I. (2010): Hydrocarbon potential assesment of the slope deposits along the SW Dinarides carbonate platform edge. Nafta 61(7-8), 325-338.

GRANDIĆ, S., VLADIMIR, V., KOLBAH, S. (2002): Hydrocarbon potential of Dugi Otok basin in offshore Croatia. Nafta 53(6-7), 215-224.

MITCHUM Jr., R.M., VAIL, P.R., THOMPSON III, S. (1977): Seismic stratigraphy and global changes of sea-level. Part 2: the depositional sequence as a basic unit for stratigraphic analysis. Seismic stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration 26, A.A.P.G. Memoir, 53-62.

VELIĆ, J., MALVIĆ, T., CVETKOVIĆ, M., VELIĆ, I. (2015): Stratigraphy and petroleum geology of the Croatian part of the Adriatic basin. Journal of Petroleum Geology 38(3), 281-300.

VLAHOVIĆ , I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaecology 220, 333-360.

Radovi iz Fonda stručne dokumentacije:

KALAC, K., MESIĆ, I. & BARBIČ, Z. (1984): Final report, Patricija-1 Well, Zagreb INA-Naftaplin: Boal GIR, Central Laboratory Department.

INA-NAFTAPLIN (1984): Final report, Palagruža-1 Well, Zagreb INA-Naftaplin: Boal Palagruža, Exploration Department.

Internetski izvori:

Državna geodetska uprava: Geoportal Državne geodetske uprave [ONLINE], dostupno na: http://www.geoportal.dgu.hr [03.12.2017.]

Izjava:

Izjavljujem da sam diplomski rad „SEIZMOSTRATIGRAFSKE JEDINICE PLIOCENSKIH NASLAGA U JADRANSKOM PODMORJU JUŽNO OD VISA” izradio samostalno uz primjenu znanja stečenog na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu i uporabom navedene literature.

_____

Dario Arandia-Krešić