Seizmostratigrafske značajke pleistocenskih naslaga u srednjem dijelu Jadranskog podmorja

Gotšlih, Branimir

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:169:595866

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

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







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij geologije

SEIZMOSTRATIGRAFSKE ZNAČAJKE PLEISTOCENSKIH NASLAGA U SREDNJEM DIJELU JADRANSKOG PODMORJA

Diplomski rad

Branimir Gotšlih

G-252

Zagreb, 2018. godine

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij geologije

SEIZMOSTRATIGRAFSKE ZNAČAJKE PLEISTOCENSKIH NASLAGA U SREDNJEM DIJELU JADRANSKOG PODMORJA

Diplomski rad

Branimir Gotšlih

G-252

Zagreb, 2018. godine

Zahvaljujem mentoru prof. Saftiću i asistentu Davidu Rukavini na ukazanom povjerenju, prenesenom znanju, savjetima i pomoći koju su mi pružili prilikom izrade ovoga rada.

Velika hvala članovima komisije na pruženoj pomoći i konstruktivnim savjetima kojima su pridonijeli kvaliteti ovog rada.

Hvala dipl. ing. geol. Tatjani Durn, direktorici Sektora za upravljanje podatcima Agencije za ugljikovodike na pripremi bušotinskih i seizmičkih podataka korištenih za izradu rada, te Ministarstvu na dozvoli za korištenje istih.

Hvala obitelji Gotšlih i djevojci Tamari i njezinoj obitelji na neizmjernoj podršci, ljubavi, strpljenju i požrtvovnosti koju su pokazali tijekom cijelog studija

Hvala i svim prijateljima i kolegama studentima koji su olakšali i uljepšali moje studentske dane.

Thanks to Schlumberger Limited Company for permission to use Petrel Seismic Software.

Na kraju, hvala svim profesorima i djelatnicima Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta koji su svojim radom te prenešenim znanjem i iskustvom pomogli u oblikovanju moga geološkog i životnog znanja.

Sveučilište u Zagrebu Diplomski rad

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

SEIZMOSTRATIGRAFSKE ZNAČAJKE PLEISTOCENSKIH NASLAGA U SREDNJEM DIJELU JADRANSKOG PODMORJA

BRANIMIR GOTŠLIH

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb

Sažetak

Povezivanjem seizmičkih i bušotinskih podataka podmorja srednjeg Jadrana koje je prikupila INA-Naftaplin, a ustupila nam Agencija za ugljikovodike i korištenjem programskog paketa Petrel, interpretirani su seizmički refleksijski profili koji pokrivaju pleistocenske naslage u južnom dijelu Viškog akvatorija. Seizmički podatci interpretirani su primjenom osnova seizmičke i sekvencijske stratigrafije. Interpretirana su tri horizonta, na temelju kojih su konstruirane tri strukturne karte u vremenskom mjerilu, karta po krovini pliocena, karta po krovini donjeg pleistocena i karta površine maksimalne regresije. U radu je predočena seizmička sekvencijska interpretacija pleistocenskih nalaga na karakterističnom profilu A – B. Seizmostratigrafskom interpretacijaom izdvojene su dvije jedinice, A i B. . naveden površine Starija jedinica *A* karakterizirana je seizmičkim facijesom progradacije, dok se u krovini nalazi jedinica *B* koje je definirana kontinuiranim horizontalnim seizmičkim facijesom. Rezultati su pokazali da se tijekom razdoblja donjeg pleistocena odvila progradacija sedimenata prema jugu, a njezin završetak je označen površinom maksimalne regresije. Taloženje u gornjem pleistocenu odvija se trangresijom sedimenata. Progradacijski paket naslaga je interpretiran kao regresivni sustavni trakt, a horizontalni paket naslaga kao transgresivni sustavni trakt.

Ključne riječi: srednji dio Jadranskog podmorja, sekvencijska stratigrafija, pleistocen
Diplomski rad sadrži: 31 stranicu, 12 slika, 30 referenci
Jezik izvornika: hrvatski
Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentor: Dr.sc. Bruno Saftić, izv. prof., RGNF
Komentor/neposredni voditelj: asistent David Rukavina, mag. geol., mag. ing. rud.

Ocjenjivači: Dr.sc. Bruno Saftić, izv. prof. RGNF
Dr.sc. Iva Kolenković Močilac, doc. RGNF
Dr.sc. Marko Cvetković, doc. RGNF

Datum obrane: 28.9.2018., Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

University of Zagreb Master's Thesis

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

PLEISTOCENE SEIZMOSTRATIGRAPHIC UNITS IN THE MIDDLE PART OF THE ADRIATIC OFFSHORE

BRANIMIR GOTŠLIH

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Geology and Geological Engineering
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Abstract

Linkage of seismic and well data of mid Adriatic offshore acquired by INA-Naftaplin and provided by the Croatian Hydrovarbon Agency, and the use of the Petrel software package enabled mapping of tops of the Pliocene and lower Pleistocene sediments. Seismostratigraphic interpretation within exploration area is based on the basics of seismic stratigraphy which define seismostraphic units *A* and *B*. As a result of this study, it was concluded that during the time of Early Pleistocene progradation of sediment took place. Meanwhile, in the Late Pleistocene epoch, progradation is slowing down and new depositional conditions caused aggradation of sediment in transitional enviroment, representing deposition in inner shelf environment.

Keywords: mid Adriatic offshore, sequence stratigraphy, Pleistocene
Thesis contains: 31 pages, 12 figurines and 30 references
Original in: Croatian
Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: PhD Bruno Saftić, Associate Proffesor
Comentor/: David Rukavina, mag. geol., mag. ing. rud.

Reviewers: PhD Bruno Saftić, Associate Professor
PhD Iva Kolenković Močilac, Assistant Professor
PhD Marko Cvetković, Assistant Professor

Date of defence: 28th September, 2018., Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. ZEMLJOPISNI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA 2

3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA 4

4. METODOLOGIJA 8

5. REZULTATI 12

5.1. Seizmička sekvencijska analiza plesitocenskih naslaga 12

5.2. Strukturna vremenska po krovini pliocenskog slijeda naslaga 15

5.3. Strukturna vremenska karta po krovini donjeg pleistocena 15

5.4. Strukturna vremenska karta na granici između progradacijskih i horizontalnih seizmičkih refleksa 15

5.5. Vremenska karta debljine istraživanih naslaga 20

6. DISKUSIJA 23

7. ZAKLJUČAK 25

8. POPIS LITERATURE 27

POPIS SLIKA

Slika2-1: Geografski položaj istraživanog područja (https://geoportal.dgu.hr/)..... 2
Slika 2-2: Položajna karta odabranih bušotina i seizmičkih profila s okvirom unutar kojeg je izvedena interpretacija..... 3
Slika 3-1: Miocenske i pliocensko-pleistocensko-holocenske naslage Jadranskog bazena (Prema Velić, Malvić, 2011) 5
Slika 3-2 Pojednostavljeni geološki stup na lokacijama bušotina Patricija-1 i Palagruža-1. Pleistocenski slijed naslaga označen je plavom bojom (Prema INA-NAFTAPLIN, 1984.). 7
Slika 4-1: Različiti tipovi prekida seizmičkih refleksa (prema Emery & Myers, 1996.).... 10
Slika 4-2: Distribucija seizmičkih refleksa unutar sekvencijske granice tipa 1 (prema Van Wagoner i dr., 1998.)..... 11
Slika 5-1: Odabrani referentni seizmički profil A - B (a) i njegova interpretacija (b)..... 14
Slika 5-2: Strukturna karta po krovini pliocenskog slijeda naslaga u vremenskom mjerilu 17
Slika 5-3: Vremenska strukturna karta po krovini donjeg pleistocena 18
Slika 5-4: Vremenska strukturna karta na kontaktu između progradacijskih i horizontalnih refleksa..... 19
Slika 5-5: Vremenska karta debljine donjeg pleistocena 21
Slika 5-6: Vremenska karta debljine progradacijskih refleksa 22

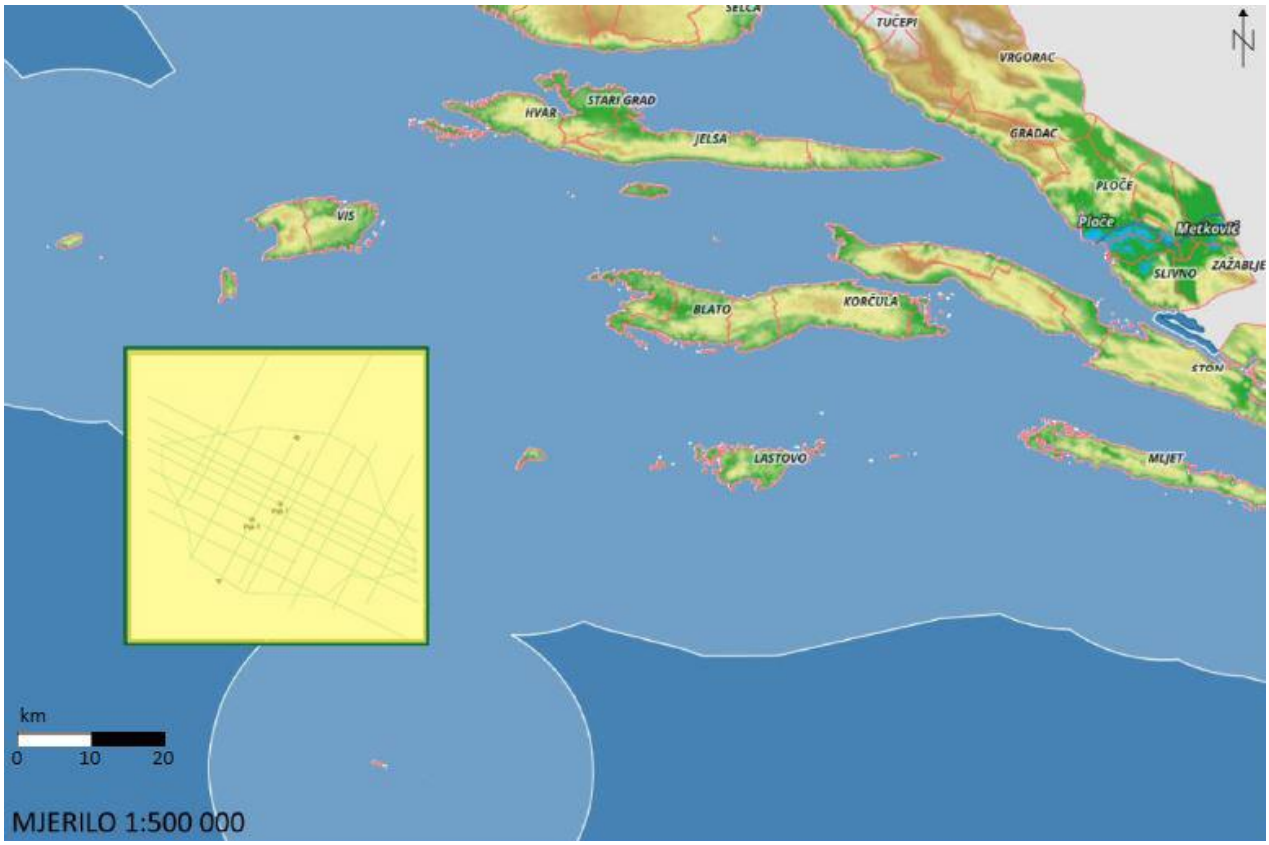
1. UVOD

Cilj istraživanja ovog rada je bio primijeniti metodu sekvencijske stratigrafije kako bi se interpretirali i prikazali geološki odnosi unutar kvartarnog slijeda naslaga, odnosno pleistocenskih sedimenata koji se nalaze na području južnog dijela Viškog akvatorija. Podatke u svrhu izrade ovog rada ustupila je Agencija za ugljikovodike, a rezultat su radova koje je provela INA-Naftaplin 80-ih godina prošlog stoljeća u svrhu naftnogeoloških istraživanja u području srednjeg Jadrana. Interpretacija pleistocenskog slijeda naslaga na seizmičkim profilima dalaje uvid u recentni razvoj sedimenata kao i na zapunjavanje taložnog prostora nakon glavnih geoloških događaja koji su oblikovali izgled tog djela istočne Jadranske obale.

Interpretacija i seizmička sekvencijska analiza obavljeni su pomoću softverskog paketa Petrel^{TM} . Povezivanje bušotinskih i seizmičkih podataka omogućeno je korištenjem zakona brzina izmjerenim u bušotini Patricija-1 (Pat-1). Prilikom interpretacije uzeto je u obzir da su ustupljeni 2D seizmički podatci relativno starijeg datuma, zbog čega je prilikom interpretacije i donošenja zaključaka vezanih uz seizmičke motive koji se mogu vidjeti na profilima uzeta doza opreza.

2. ZEMLJOPISNI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

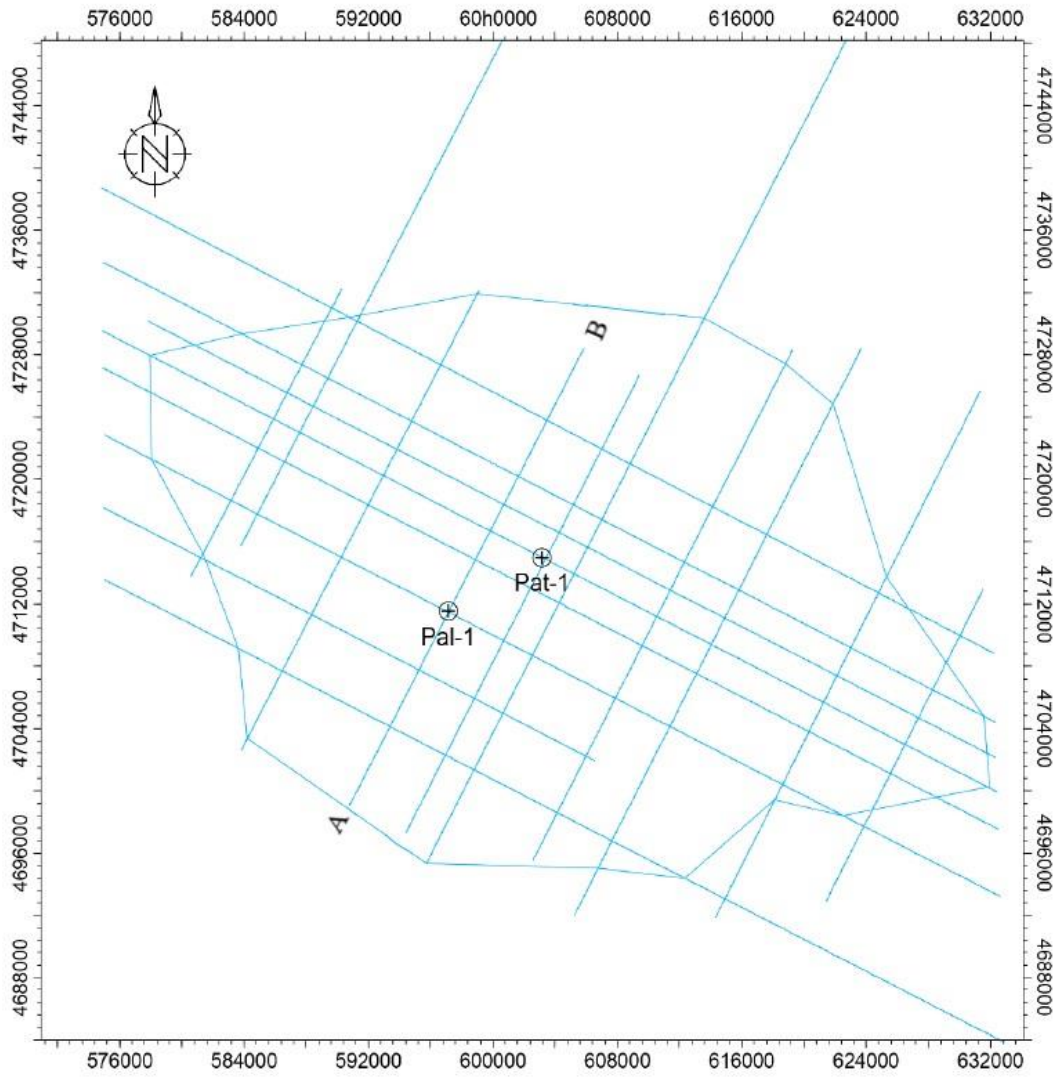
Područje koje je obuhvaćeno istraživanjem nalazi se u srednjem dijelu Jadranskog mora na prostoru između otoka Visa na sjeveru, otoka Lastova na zapadu te Palagruže na jugu (slika 2-1)



Slika 2-1: Geografski položaj istraživanog područja (https://geoportal.dgu.hr/)

Za izradu ovog diplomskog rada korišteno je 18 seizmičkih profila, koji zajedno čine mrežu koja se sastoji od dvije serije međusobno okomitih seizmičkih profila. Prvi set ima pružanje SZ-JI i sastoji se od osam profila, a drugi set ima pružanje SI-JZ i čini ga deset seizmičkih profila. Unutar okvira istraživanog područja smještene su dvije istražne bušotine, Palagruža-1 (Pal-1) i Patricija-1 (Pat-1) koje se nalaze u njegovom središtu. Prilikom povezivanja seizmičkih podataka sa bušotinskim podatcima, korišten je zakon brzina iz bušotine Patricija-1. Razlog odabira spomenute bušotine leži u činjenici da je bušotina Patricija-1 zahvatila cjelovitiji slijed naslaga koje se nalaze na istraživačkom prostoru i stoga

su podatci dobiveni iz završnih izvještaja reprezentativniji. Mreža seizmčkih profila, položaj istraživačkih bušotina te okvira interpretacije prikazana je na slici 2-2.



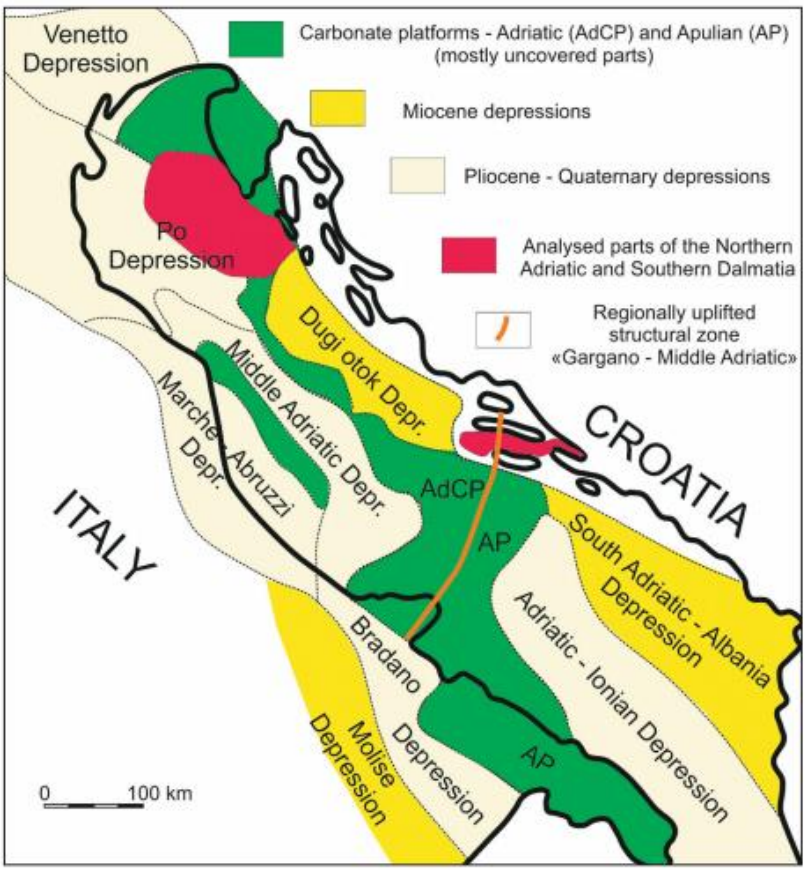
Slika 2-2: Položajna karta odabranih bušotina i seizmičkih profila s okvirom unutar kojeg je izvedena interpretacija

3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Područje istraživanja nalazi se južno od Visa, koje geotektonski zauzima položaj na rubnom području između Dalmatinske zone, tektono-stratigrafske jedinice koja je dio borano-navlačnog kompleksa Dinarida te pripada tektono-stratigrafskim jedinicama deriviranim s Jadranske ploče, i same Jadranske ploče (Schmid et al, 2008). Istraživano područje pripada jugozapadnom, rubnom području Jadranske karbonatne platforme uz sjeverni dio Jadransko-jonske depresije (slika 3-1) (Velić & Malvić, 2011).

Stijene koje izgrađuju ovo područje sastavljene su najvećim dijelom od stijena mezozojske starosti (Kalac et al., 1984.). Mezozojske stijene, uglavnom pripadaju slijedu naslaga koji je taložen na Jadranskoj karbonatnoj platformi (JKP). U njezinoj podlozi nalaze se stijene nastale u siliciklastičnim i karbonatnim taložnim uvjetima, u plitkim morima uzduž sjeverne granice superkontinenta Gondwane u periodu od karbona do srednjeg trijasa (Vlahović et al, 2005). Područje Gondwane za vrijeme srednjeg trijasa zahvaća snažna tektonika praćena vulkanizmom što dovodi do formiranja izolirane platforme koju nazivamo Južnotetiska megaplatforma (Vlahović et al, 2005). Tektonskom dezintegracijom spomenute platforme za vrijeme toarcija nastale su Jadranska, Apeninska i Apulijska platforma koje su odvojene tektonskim koritima, odnosno Jadranskim bazenom (Vlahović et al, 2005; Bernoulli, 1971; Jelaska, 1973; Zappaterra, 1990). Stijene JKP formiraju se sve do kraja krede kada dolazi do njezine potpune dezintegracije i izdizanja, te do jakog okršavanja i taloženja boksita (Vlahović et al., 2005). Taloženje se nastavlja u paloegenu, uglavnom u eocenu (Vlahović et al., 2005), a u južnoj Hrvatskoj već u paleocenu (Vlahović et al., 2005; Gušić i Jelaska, 1990). Taloženje u paleogenu je uglavnom kontrolirano tektonskim događajima koje prati formiranje asociranih klastičnih naslaga, između ostaloga i fliša te foraminiferskih vapnenaca. Kompresijska tektonika tijekom paleogena mjestimice dovodi do inverzije starijih normalnih rasjeda i halokineze gornjopermskih evaporita (Šušnjara et al., 1992; Tišljar, 1992; Galleti et al., 2008). Prisutna dijapirna tijela orijentacije sjeverozapad-jugoistok deformiraju mezozojske i kenozojske naslage i generalno se vežu uz strike-slip rasjedne zone (Galleti et al., 2008). Prema Velić & Malvić (2011) taložine pliocenske, pleistocenske i holocenske starosti u pravilu diskordantno naliježu na starije stijene i uglavnom se nalaze kontinuirano duž priobalja. Prema Kovačić et al. (2017) pleistocenske taložine su uglavnom nastajale tijekom snažne glacijalne erozije te su kasnije transportirane riječnim sustavima Cetine i Neretve prema obali. Također, za vrijeme

pleistocena transport materijala je kontroliran suhom aridnom klimom koja je pretaloživala i rasprostranjivala lesne naslage na širokom području.



Slika 3-1: Miocenske i pliocensko-pleistocensko-holocenske naslage Jadranskog bazena (Prema Velić & Malvić, 2011)

Unutar seta ustupljenih podataka nalaze se završni geološki izvještaji bušotina koje je izradila INA-Naftaplin. U izvještajima za bušotine Patricija-1 i Palagruža-1 dan je pregled, litološki opis te determinacija taložnih okoliša probušenih intervala stijena (Slika 3-2).

Prema bušotini Patricija-1 (slika 3-2) na dnu stupa nalazi se debeli slijed donjokrednih madstona koji je u izmjeni sa pekstonima i grainstonima koji završava kutnom erozijskom diskordancijom na dubini od 1800 m. Na tu granicu naliježu naslage paleogenske starosti koje se sastoje od gornjoeocenskih i oligocenskih lapora debljine 175 m taložene u vanjskome šelfu. Na intervalu od 1625 m do 1128 m nalazi se neogenski slijed naslaga kojeg čine lapori, vapnenci i gips gornjeg i donjeg miocena, taloženih u uvjetima vanjskog do unutarnjeg šelfa. Naslage donjeg i gornjeg pliocena se nalaze na dubini od 1128 m do 793

m i čine ih lapori, glinoviti siltovi i silt u donjem pliocena te glinoviti lapori sa siltom u gornjem pliocenu. Pleistocenski slijed naslaga naliježe na neogenski slijed naslaga na dubini od 793 m (u bušotini Pat-1) i sastoji se od laporovitih glina, proslojaka silta i glinovitih lapora koji su se taložili u uvjetima vanjskog do srednjeg šelfa.

Prema podatcima iz bušotine Palagruža-1 (slika 3-2) donjokredni vapnenci dosežu do dubine od 1125m gdje je zabilježena erozijska diskordancija. Vidljivo je da na ovoj bušotini potpuno izostaje paleogenski slijed naslaga. Na naslage donje krede naliježu gornjomiocenske naslage debljine 50 m koje se sastoje od vapnenaca s proslojcima lapora koji su taloženi u lagunama. Ponovno nastupa erozijska diskordancija na dubini od 1072 m na koju naliježu gline u izmjeni sa siltoznim glinama, siltom, pijescima i laporima pliocenske starosti. Pliocenske naslage su taložene u uvjetima vanjskog šelfa i debele su 300 m. Pleistocenski slijed naslaga debljine 450 m nalazi se u intervalu od 770 m do 420 m a čine ga siltovi, glineni siltovi, gline i lapori koji su se taložili u uvjetima vanjskog do unutarnjeg šelfa.



Slika 3-2 Pojednostavljeni geološki stup na lokacijama bušotina Patricija-1 i Palagruža-1. Pleistocenski slijed naslaga označen je plavom bojom (Prema INA-NAFTAPLIN, 1984.)

4. METODOLOGIJA

U metodologiji izrade ovog rada te u svrhu interpretacije seizmičkih profila u JI dijelu Viškog akvatorija, na kojima su snimljene pleistocenske naslage korištene su osnovni principi seizmičke, odnosno sekvencijske stratigrafije. Sekvencijska stratigrafija je grana stratigrafije, bavi se proučavanjem stijenskog odnosa unutar stratigrafsko-vremenskog okvira koji se sastoji od ponavljajućih, genetski povezanih slojeva ograničenih površinama erozije ili netaloženja, odnosno njihovih korelativnih konkordancija (Posamentier et al., 1988.; Van Wagoner, 1995). Seizmička stratigrafija se temelji na pretpostavki da pojedine reflektore, koji su taložnog „porijekla“, možemo smatrati vremenskim linijama, odnosno oni predstavljaju kratke vremenske intervale u kojima su vladali kontinuirani uvjeti taloženja (Veeken, 2007).

Glavna jedinica sekvencijske stratigrafije je sekvencija, koja predstavlja relativno komformnu jedinicu genetski povezanih slojeva čiju granicu predstavlja diskordancija i njezina korelativna konkordancija (Catuneanu, 2002). Jedinica nižeg reda od sekvencije je sistemski trakt, koji predstavlja jedinicu interpretiranu na temelju geometrijskih odnosa prekida među refleksima, pozicije unutar sekvencije i granica sistemskog trakta (Catuneanu, 2002).

Postoji i nekoliko vrsta prekida seizmičkih refleksa, utvrđenih prema različitim autorima (Mitchum i dr., 1977.; Emery i Mayers, 1996.) na temelju čega je dan njihov opis. Opisani su prekidi koji se pojavljuju iznad površine prekida (*downlap i onlap),* te ispod površine prekida (erozijska granica ili *truncation* i *toplap*) i oni su prikazani na slici 4-1. Navedeni oblici prekida refleksa važni su za koncept sekvencijske stratigrafije jer omogućuju razumijevanje i definiranje različitih seizmostratigrafskih površina i sustavnih traktova. Prema *downlap* predstavlja progresivno nalijeganje seizmičkih refleksa na stariju stratigrafsku površinu u smjeru u kojem je ona nagnuta. Najčešće se opaža u bazi progradirajućih klinoformi. *Onlap* oblik prekida seizmičkih refleksa sugerira transgresiju, a predstavlja prekide mlađih seizmičkih refleksa koji naliježu na strmiju, stratigrafski stariju površinu. *Offlap* je produkt naglog pada relativne razine vode i ukazuje na normalnu ili forsiranu regresiju, a *toplap* se definira kao prekid seizmičkog refleksa na površini koja predstavlja razdoblje netaloženja i/ili manje erozije.

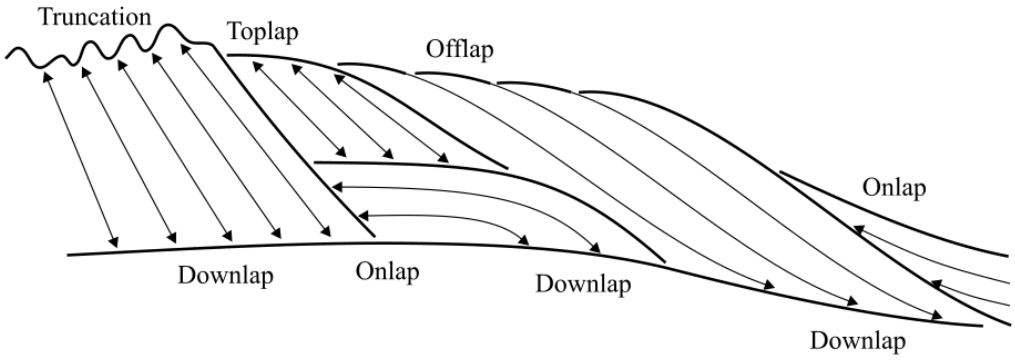
Odnos između promjene relativne morske razine i sedimentacije kontrolira promjenu morske dubine te transgresivno i regresivno pomicanje obalne linije (Catuneanu, 2002).

Transgresija i regresija, nastupaju kao funkcija utjecaja promjene relativne morske razine i brzine donosa sedimenata na obalnu liniju (Plint, 1980; Posamentier et al, 1992). Transgresija nastupa kada se akomodacijski prostor stvara brže nego što se puni sedimentom, a očituje se retrogradacijom facijesa, odnosno pomicanjem obalne linije prema kopnu i produbljavanjem bazena. Na seizmičkom profilu, pomicanje facijesa uzrokovano transgresijom prepoznajemo pomoću obalnog *onlapa* i *downlapa* ako se radi o prekidima koji su udaljeniji od obale (Catuneau, 2002.). Opis regresije, kao pojave suprotne transgresiji dao je (Catuneanu, 2002). Možemo podijeliti na dvije vrste, forsiranu i normalnu. Forsirana regresija nastupa za vrijeme pada relativne morske razine, kada se obalna linija pomiče prema bazenu, neovisno o donosu materijala. Ova pojava je pokretač za erozijske procese kojim su zahvaćeni nemarinski i marinski okoliši te dolazi do pojave fluvijalnih usijecanja s progradacijom sedimenata. Na seizmičkom profilu, forsiranu refleksiju vidimo u obliku *offlap-a*. Normalna regresija se pojavljuje u ranim i kasnim fazama porasta relativne morske razine, kada je brzina sedimentacije veća od brzine rasta relativne morske razine što znači da će se u ovom slučaju, akomodacijski prostor u potpunosti ispuniti sedimentom što se na seizmičkim profilima vidi kao progradacija refleksa.

Trenutno se koriste različiti sekvencijsko stratigrafski modeli koji se mogu grupirati u dvije kategorije (Catuneau, 2002.). Prva kategorija se temelji na definiranju sekvencijske granice pomoću krivulje relativne promjene morske razine i njoj pripadaju različiti tipovi modela taložnih sekvencija (npr. taložne sekvencije tipa I, II, III i IV). Druga kategorija se bazira na transgresivno-regresivnoj krivulji i njoj pripadaju model genetske stratigrafije te transgresivno regresivni model.

Glavnu razliku između navedenih modela predstavlja definiranje granica jedinica, odnosno odabir granica sekvencija. Na refleksijskim seizmičkim profilima stratigrafske granice se definiraju geometrijskim odnosom između seizmičkih refleksa i seizmičko-stratigrafske površine na kojoj se seizmički refleksi prekidaju (Catuneau, 2002.). U sekvencijsko stratigrafskoj analizi postoji više vrsta prepoznatljivih površina koje se koriste pri definiranju sekvencijske granice i one ovise o tome da li relativna morska razina pada ili raste. Glavne površine koje mogu predstavljati granice sekvenci su diskordancija i njezin korelativni konfrmitet, površina maksimalne regresije i površina maksimalne transgresije. Za vrijeme pada relativne morske razine doći će do razvijanja površine erozijske diskordancije i njezine korelativne konkordancije, koji će zajedno predstavljati granicu sekvencije definirane kao taložna sekvencija. U odnosu izmjene transgresije i regresije

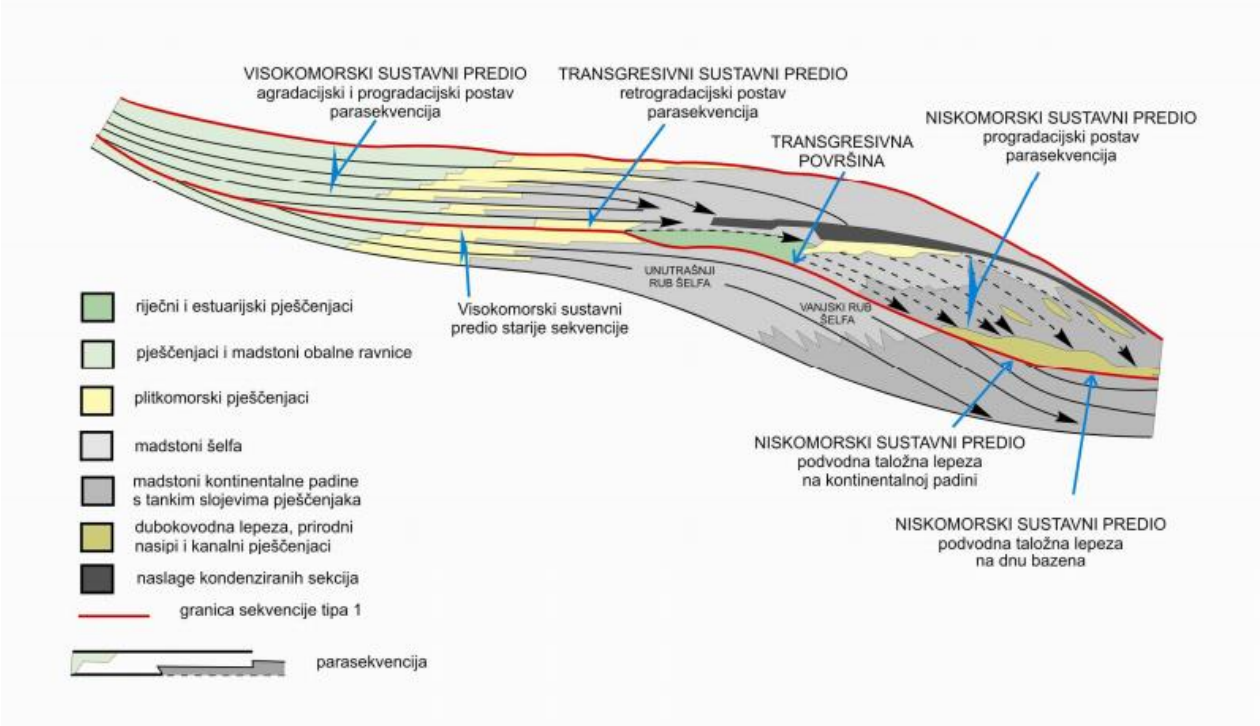
prijelaz iz regresije u transgresiju predstavljen je površinom maksimalne regresije, koja će odvajati progradirajuće naslage u podini i retrogadirajuće u krovini (Helland-Hansen & Martinsen, 1996). Također u odnosu izmjene transgresije i regresije, kraj pomicanja obalnih facijesa prema kopnu označavati će površina maksimalne transgresije, koja će u razdvajati retrogradirajuće naslage u podini od progradirajućih u krovini. Time ove dvije površine predstavljaju granice jedinica genetskog, odnosno transgresivno-regresivnog modela (Catuneanu, 2002).



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

Transgresivni sustavni trakt ograničen je maksimalnom površinom regresije na dnu i površinom maksimalnog preplavljivanja na vrhu. Formira se kada je brzina rasta relativne morske razine veća od brzine sedimentacije. Na seizmičkom profilu se može prepoznati kao retrogradacijsko nizanje seizmičkih refleksa (Catuneau, 2002.).

Regresivni sustavni trakt uključuje sve stijene koje su nastale tijekom obalne regresije, odnosno uključuje slijed sedimenata sustavnog trakta visoke razine, opadajuće razine i niske razine mora. Prema Embry-ju (1995.) ograničen je površinom maksimalnog preplavljivanja na dnu i površinom maksimalne regresije ili erozijskog diskontinuiteta na vrhu, a definira ga progradacijsko nizanje refleksa (Catuneau, 2002.).



Slika 4-2: Distribucija seizmičkih refleksa unutar sekvencijske granice tipa 1 (prema Van Wagoner i dr., 1998.)

Za interpretaciju i izradu ovog rada koriste se transgresivno-regresivne sekvencije (Embry and Johannessen, 1992.). Teoretski, ovaj tip sekvencije je ograničen složenom površinom koja se sastoji od erozijske diskordancije i njoj korelativne površine maksimalne regresije. Kao sekvencijska granica se uzima erozijska diskordancija jer predstavlja najznačajniji prekid sedimentacije koji ne pripada sekvenciji. Površina maksimalnog preplavljivanja se koristi kao granica između transgresivnog i regresivnog sustavnog trakta koji zajedno čine cjelovitu T-R sekvenciju.

5. REZULTATI

Interpretacija je započeta povezivanjem bušotinskih sa seizmičkih podatcima kako bi se definirali seizmički horizonti koji se prostiru preko cijelog istraživačkog prostora. Temeljem interpretacije prostornog rasprostiranja horizonta interpretirani su seizmički profili i izrađene su vremenske strukturne karte. Pregled istraživanih naslaga dan je na interpretiranom karakterističnom profilu (profil A – B; slika 5-1). Na seizmičkim profilima kartirana su dva stratigrafska horizonta definirana u bušotinama - krovinu pliocena i krovinu donjeg pleistocena, čije vremenske strukturne karte su prikazane na slikama 5-2 i 5-3. Na seizmičkim profilima je uočena površina koja predstavlja kontakt između progradacijskih refleksa u podini i horizontalnih refleksa u krovini te je za istu izrađena strukturna karta u vremenskom mjerilu (slika 5-4).

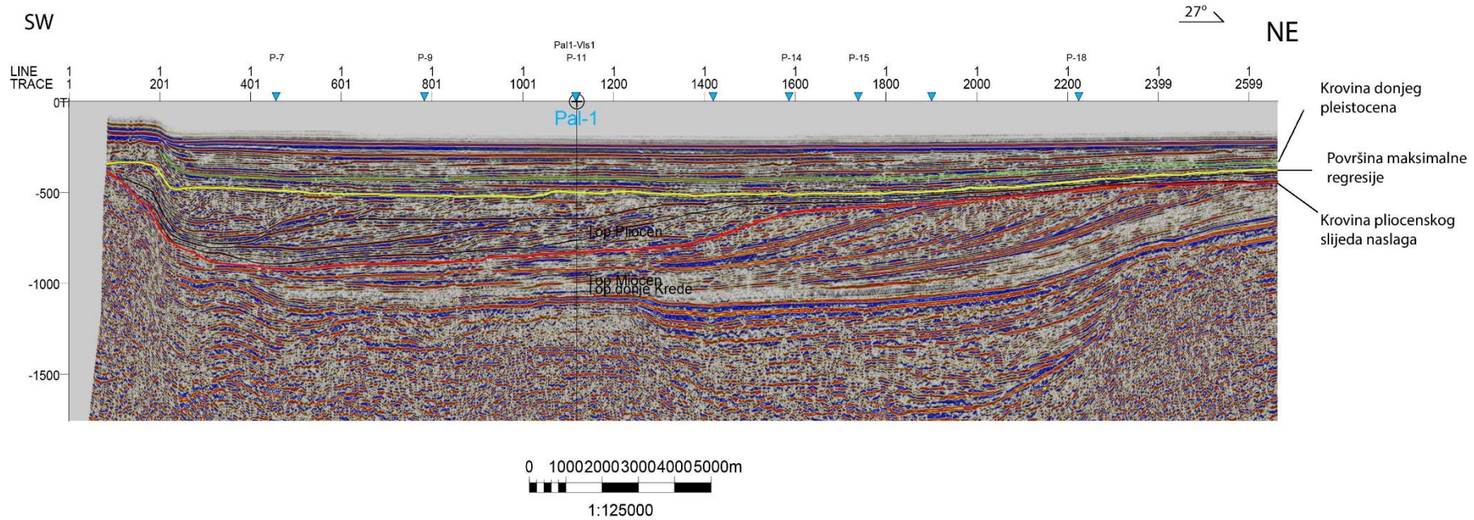
5.1. Seizmička sekvencijska analiza plesitocenskih naslaga

Seizmička sekvencijska analiza ustupljenih profila istraživanog područja je prikazana na karakterističnom profilu A-B na kojem se vide svi interpretirani odnosi među refleksima, koji predstavljaju pleistocenske naslage. Iako cijeli profil zahvaća dubine veće od 1500 ms, on je prilagođen radi lakše preglednosti i ograničen na ranije spomenutu dubinu od 1500 ms. Zaključno s tom dubinom obuhvaćene su pleistocenske naslage koje su predmet ovog istraživanja. Također, radi potreba interpretacije ostavljen je i dio profila koji prikazuje naslage pliocenske starosti. Geološki sastav i građa naslaga određeni su prema rezultatima bušotine Palagruža-1 koja se nalazi na trasi profila A-B.

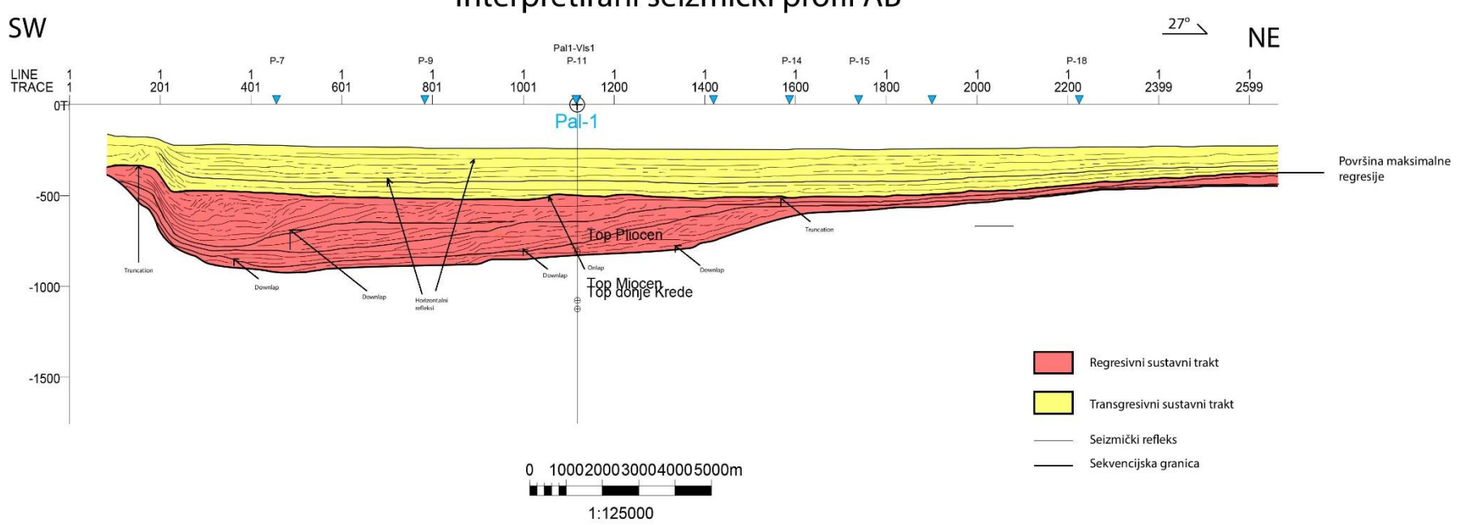
Na svim profilima vidljiv je generalni kontinuitet progradacije naslaga koji se nastavlja iz pliocena u pleistocen. Granica između te dvije stratigrafske jedinice utvrđena je u bušotini, a na profilima se mogla pouzdano pratiti po pozitivnom refleksu jakih amplituda. U krovini tog horizonta na više mjesta jasno je uočljiv *downlap* (slika 5-1) koji direktno ukazuje na progradaciju. Paket progradacijskih naslaga najdeblji je na JZ dijelu profila dok prema SI stanjuje. njegova najveća debljina iznosi oko 500 ms, dok je na SI dijelu paket puno tanji, do oko 50-ak ms (slika 5-1). Nagib refleksa je unutar cijelog progradacijskog paketa isti, prema JZ. Unutar progradacijskog paketa vidljivo je nekoliko refleksa jačih amplituda koje se mogu pratiti na profilima (slika 5-1). Na krajnjem JZ istraživanog područja progradacijski paket naslaga je deformiran, što se može uočiti i na kartama (slike

5-2;5-3;5-4). Progradacijski karkater pleistocenskih refleksa je jasno vidljiv do dubine od oko 500 ms (slika 5-1), gdje dolazi do njegovog jasnog prekida. Cijeli paket progradacijskih refleksa definira progradacijski seizmički facijes, kojeg karakterizira nagnutost refleksa prema JZ, generalno njihova slaba kontinuiranost prekinuta s nekoliko refleksa većeg kontinuiteta i jačih amplituda. Prekid progradacijskog paketa je predstavljen je horizontom u čijoj podini je vidljiv *truncation* oblika prekida refleksa (slika 5-1), dok se u krovini mogu uočiti *onlap* prekid refleksa. Također je dobro uočljiva promjena seizmičkog facijesa, gdje se u krovini generalno nalaze samo horizontalni refleksi izraženog kontinuiteta. Horizont koji predstavlja granicu ove dvije jedinice (žuto na slici 5-1) zbog karakterističnih prekida među refleksima, poglavito *onlap* u krovini sugerira da se radi o površini koja predstavlja kraj progradacijske faze, odnosno kraju regresije. Time ova površina dobiva značaj površine maksimalne regresije. Na karakterističnom profilu kartiran je seizmičkih horizont (označen zelenom bojom na slici 5-1) i on predstavlja stratigrafsku granicu između donjeg i gornjeg pleistocena. Nalazi se na dubini od 420 m što je utvrđeno pomoću biostratigrafskih podataka iz bušotine Patricija-1. Debljina horizontalnih naslaga u cijelome profilu je otprilike 250 m. U JZ dijelu profila u blizini točke paljena 201 (slika 5-1) uočena je deformacija uzrokovana dijapirizmom pri čemu je izdignuti solni dijapir najviše zahvatio naslage predpleistocenske starosti.

a)



b)



Slika 5-1: Odabrani referentni seizmički profil A - B (a) i njegova interpretacija (b)

5.2. Strukturna vremenska po krovini pliocenskog slijeda naslaga

Na slici 5-2 prikazana je strukturna vremenska karta po krovini pliocenskog slijeda naslaga. Najdublje vrijednosti dvostrukog prolaznog vremena iznose oko 1100 ms, a nalaze se u jugoistočnom djelu istraživanog područja i ono je na karti označeno ljubičastom bojom. Najpliće vrijednosti se nalaze uz rub karte na sjeveru, sjeverozapadu i jugu te one poprimaju vrijednosti oko 300 ms. Prema rasporedu i obliku izolinija po krovini pliocenskog slijeda naslaga interpretirali smo sinklinalu u južnom dijelu istraživanog područja pružanja sjeverozapad – jugoistok. Na jugozapadnom dijelu karte izolinije ukazuju na strukturna uzvišenja.

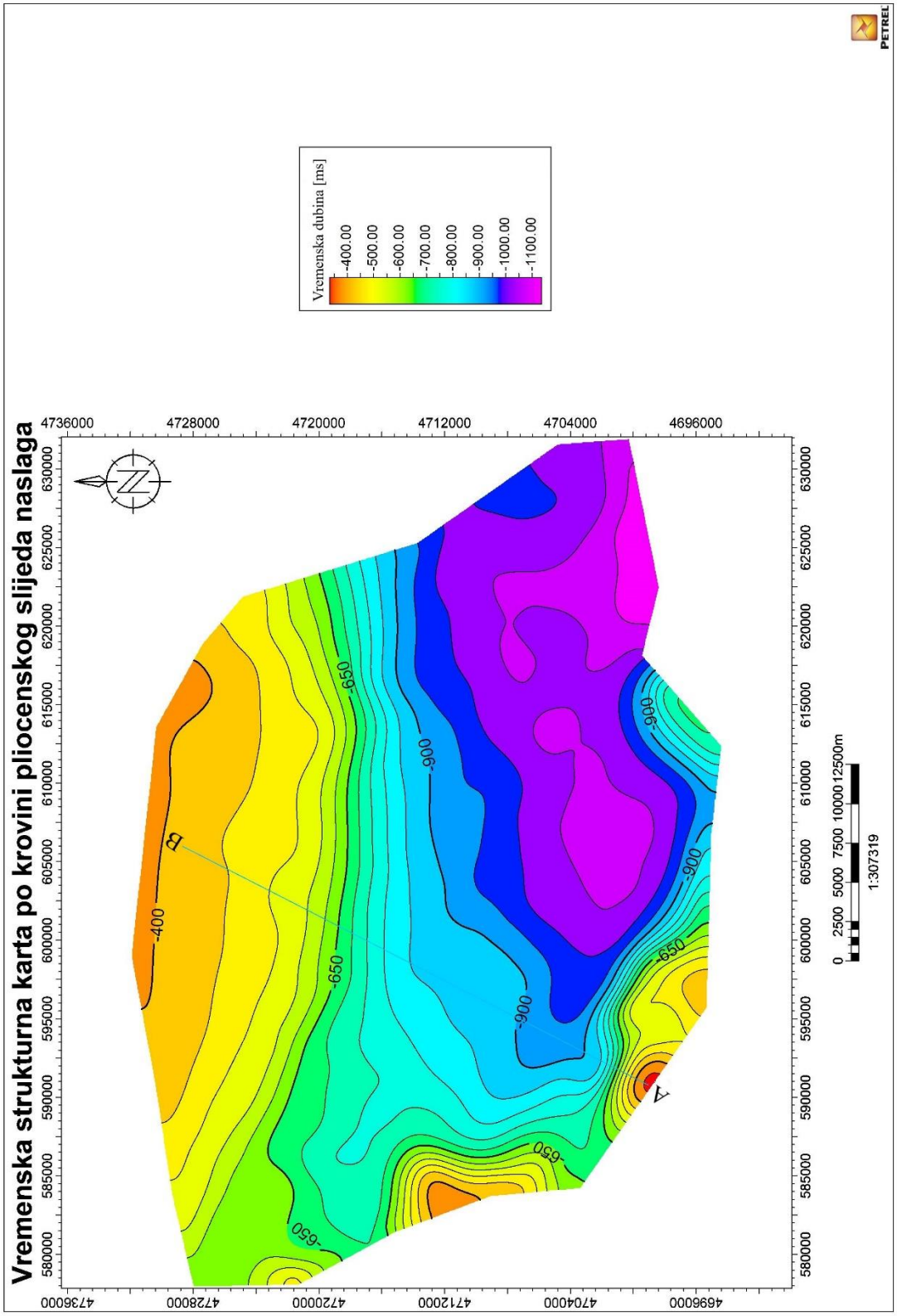
5.3. Strukturna vremenska karta po krovini donjeg pleistocena

Na slici 5-3 prikazana je strukturna vremenska karta na granici između donjeg i gornjeg pleistocena. Najdublje vrijednosti dvostrukog vremena iznose približno 520 ms i nalaze su uglavnom na jugoistočnom dijelu istraživačkog područja (područje označeno ljubičastom bojom). Najpliće vrijednosti se i dalje nalaze na sjevernom rubu istraživanog područja te u sjeverozapadnom i južnom djelu područja i iznose oko 180 ms (označeno crvenom bojom). U južnom dijelu istraživanog područja i dalje se prepoznaje struktura sinklinale istog pružanja, ali se njena os nalazi na manjoj dubini. Na jugozapadnom dijelu karte također se uočavaju ista strukturna uzvišenja kao i na prethodnoj karti.

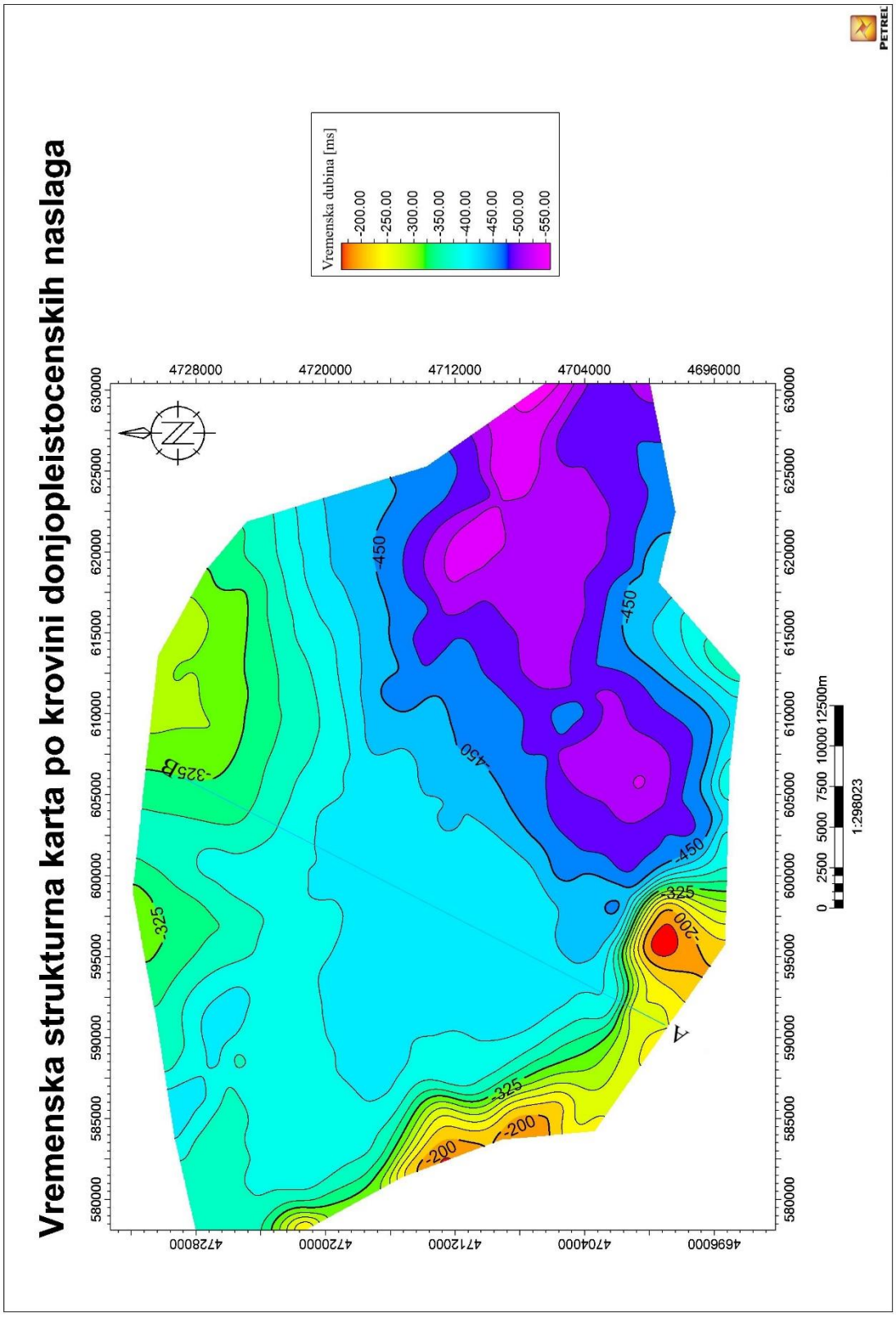
5.4. Strukturna vremenska karta na granici između progradacijskih i horizontalnih seizmičkih refleksa

Na slici 5-4 prikazana je strukturna vremenska karta po seizmičkom horizontu koji je definiran kao površina maksimalne regresije i on odgovara kontaktu između progradacijskih i horizontalnih naslaga. Najveće vrijednosti dvostrukog vremena iznose oko 650 ms i nalaze se i dalje u jugoistočnom djelu kartiranog područja (označeno ljubičastom bojom). Najniže vrijednosti se nalaze na jug-jugozapadnom dijelu kartiranog područja i one iznose oko 200 ms (označeno crvenom bojom), ali također vidimo niže vrijednosti u

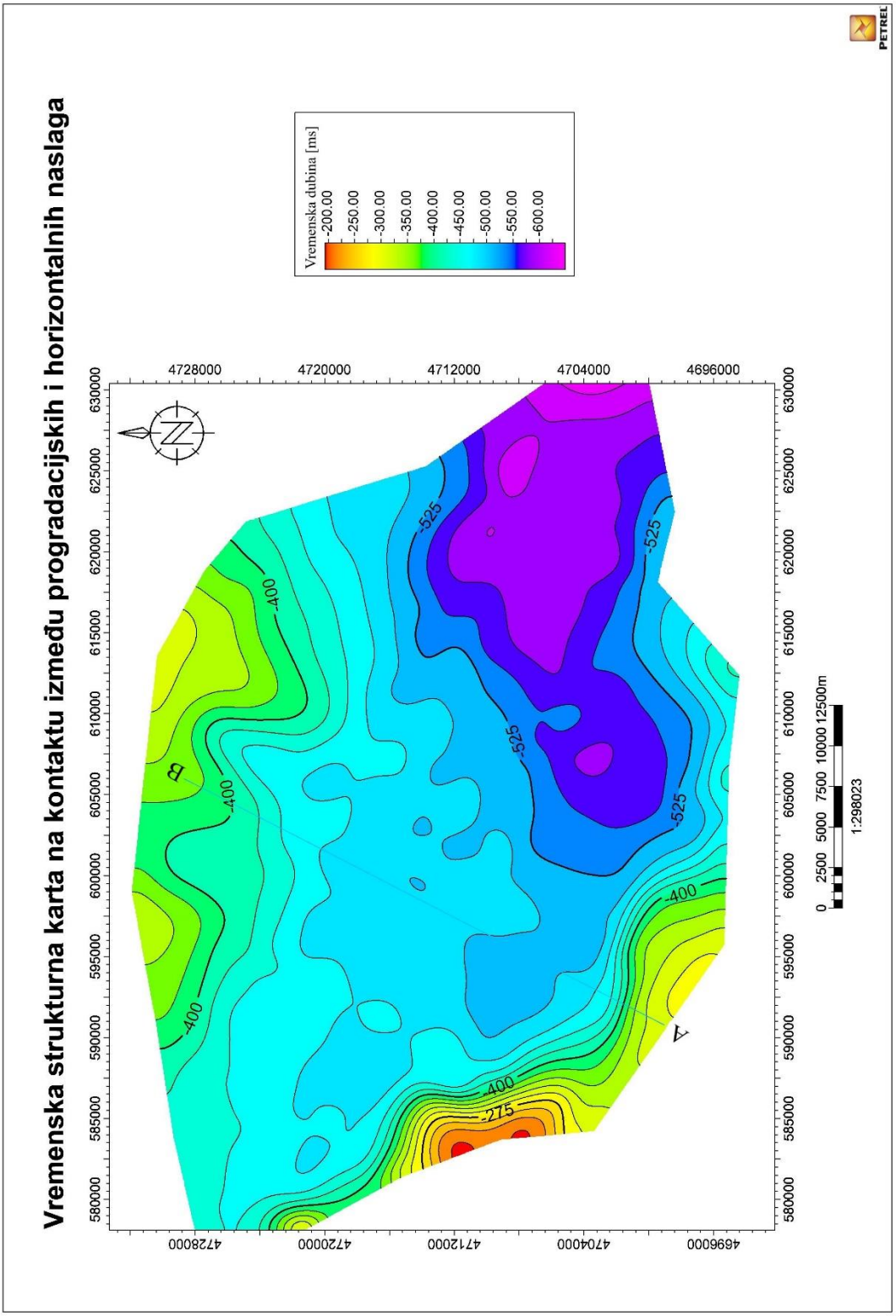
sjevernom dijelu istraživanog područja. Oblik ovog seizmičkog horizonta i dalje poprima strukturni oblik blage sinklinale koje je orijentirana sjeverozapad-jugoistok.



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



Slika 3-3: Vremenska strukturna karta po krovini donjeg pleistocena



Slika 5-4: Vremenska strukturna karta na kontaktu između progradacijskih i horizontalnih refleksa

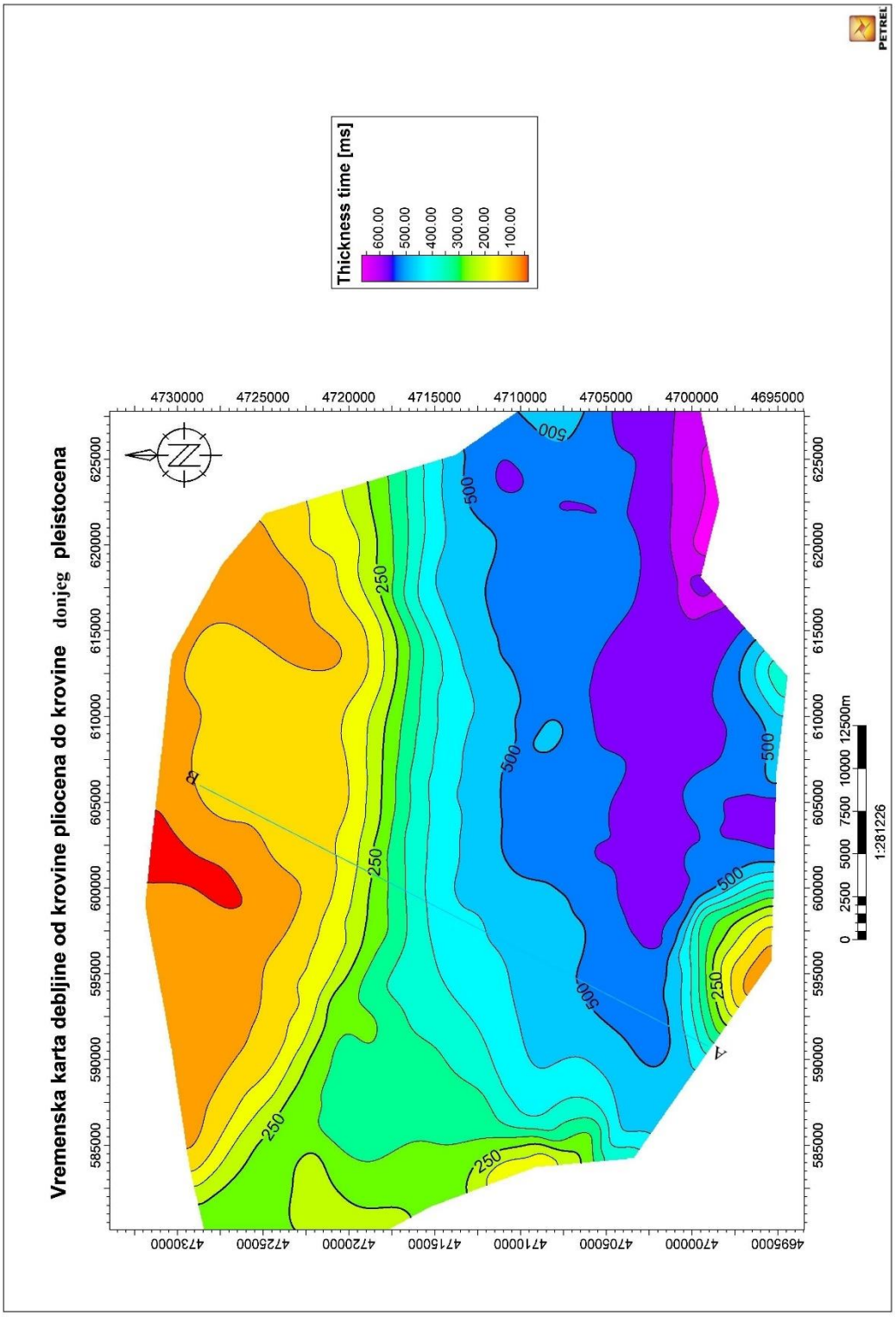
5.5. Vremenska karta debljine istraživanih naslaga

Izrada karata dubine omogućila je izradu modela vremenskih debljina prema kojima se može zaključiti u kojim dijelovima istražnog područja su se jače ili slabije razvile seizmostratigrafske jedinice. Također, iz ovih karata debljina možemo odrediti glavni smjer donosa materijala u bazen. Najveće debljine se očekuju u području najdebljeg razvoja klinoformi, a najmanje debljine u proksimalnom i distalnom dijelu.

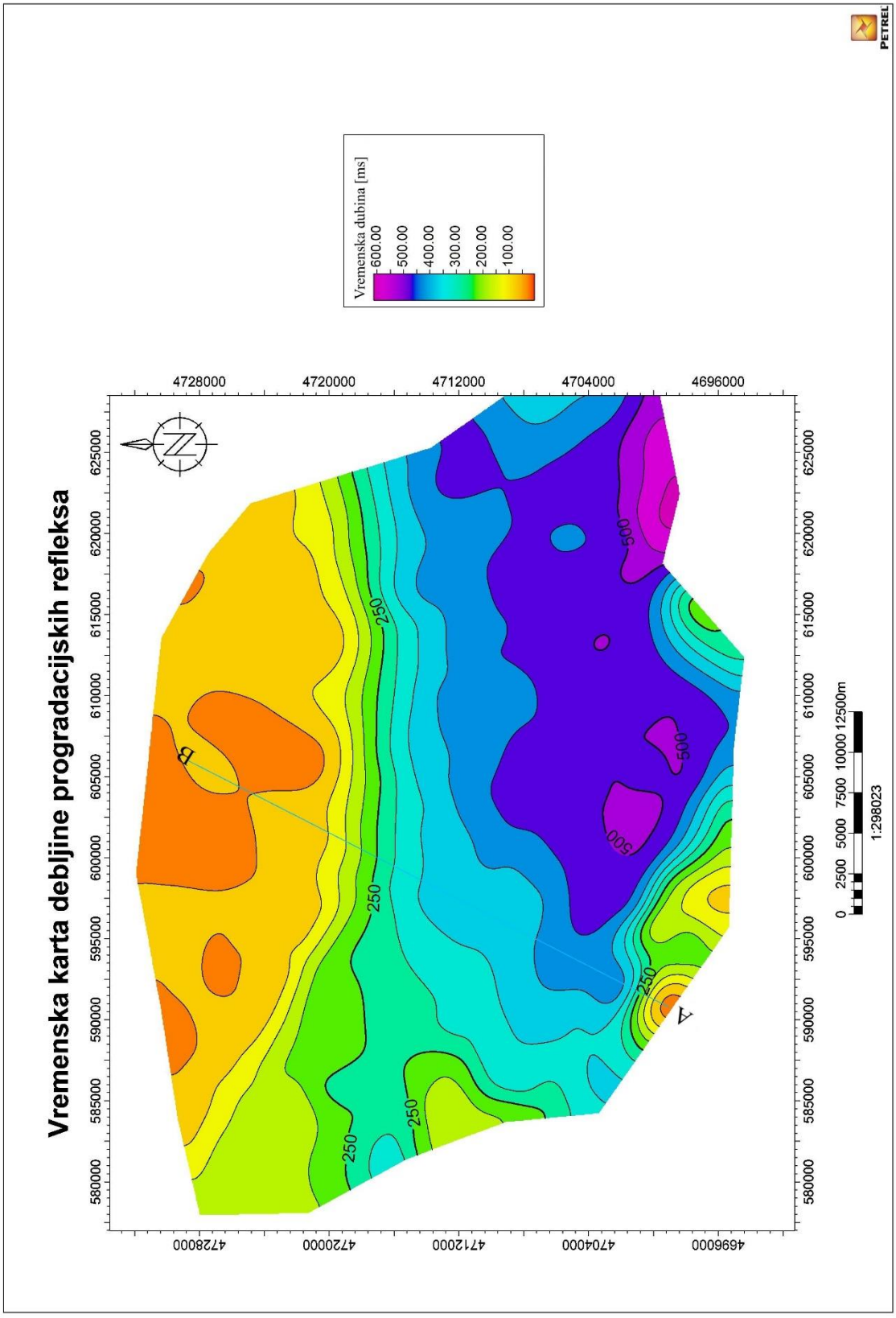
Vremenska karta debljine stratigrafske jedinice *A* koja je karakterizirana progradacijom prikazana je na slici 5-6. Najdeblje vrijednosti se nalaze na jugozapadnom djelu istraživanog područja, a vrijednost debljine iznosi oko 600 ms (na slici 5-5 označeno ljubičastom bojom). Najmanje vrijednosti nalaze se u sjevernom i južnom području i iznose manje od 100 ms (na slici 5-5 označene narančastom bojom).

Na slici 5-5 prikazana je vremenska karata debljine slojeva donjeg pleistocena. Najveće vrijednosti također su oko 600 ms u jugozapadnom djelu bazena i označeno je ljubičastom bojom, dok se najmanje debljine nalaze u sjevernom području i imaju vrijednost manju od 50 m i označene su crvenom bojom.

U skladu sa vremenskim kartama debljine možemo zaključiti da je materijal progradirao iz smjera sjever-sjeveroistok prema smjeru jug-jugozapad.



Slika 5-5: Vremenska karta debljine od krovine pliocena do krovine donjeg pleistocena.



Slika 5-6: Vremenska karta debljine progradacijskih refleksa

6. DISKUSIJA

Prvi korak u izradi ovog rada bilo je povezivanje bušotinskih i seizmičkih podataka te provođenje sekvencijsko stratigrafske interpretacije na seizmičkim profilima koji se nalaze unutar istraživačkog područja koje je geografski smješteno u srednjem Jadranu. Na temelju interpretacije izdvojen je karakteristični profil A–B (slika 5-1) koji je odabran zbog povoljnog položaja pružanja koje je okomitosa progradirajućim pleistocenskim naslagama. Na seizmičkim profilima definirana su dva stratigrafska horizonta koja je moguće kartirati i u skladu sa interpretacijom izrađene su strukturne karte krovine pliocena (slika 5-2) i krovine donjeg pleistocena (slika 5-3) u vremenskom mjerilu. Vremenska strukturna karta po krovini pliocena prikazuje sinklinalnu strukturu koja blago tone u smjeru juga, dok na vremenskoj strukturnoj karti po krovini donjeg pleistocena se i dalje zadržava sinklinalni oblik sa znatno manjom razlikom u rasponu vrijednosti dubine ove površine. Promjena položaja osi sinklinale u vertikalnom iznosu od oko 400 ms indicira da je za vrijeme pleistocena došlo do taloženja velike količine sedimentnog materijala koji je zapunjavao akumulacijski prostor što je u konačnici rezultiralo oplićavanjem bazena.

Na prvi pogled, na svim seizmičkim profilima je vidljiv generalni kontinuitet progradacije naslaga koji se nastavlja iz pliocena u pleistocen. Granica između te dvije stratigrafske jedinice nalazi se na dubini od 770 m i može se utvrditi pomoću biostratigrafskih podataka iz bušotine Palagruža-1 koja se nalazi na trasi karakterističnog profila A–B. Biostratigrafski podatci iz spomenute bušotine sugeriraju da se u vrijeme donjeg pleistocena u taložnim uvjetima vanjskoga šelfa talože siltozni glineni lapori koji sadržavaju uglavnom planktonske foraminifere. U krovini spomenutog horizonta mogu se na više mjesta uočiti *downlap* oblici prekida seizmičkih refleksa koji su se kretali iz smjera sjevera, sjeveroistoka prema smjeru juga, jugoistoka što se vidi prema položaju progradirajućih klinoformi na karakterističnim profilu (slika 5-1) kao i na vremenskim strukturnim kartama (slike 5-2; 5-3 i 5-4). Ako malo pobliže pogledamo oblik *downlap* refleksa, možemo uočiti da oni poprimaju sigmoidalni oblik što bi značilo da se transport sedimenata odvijao u sitnozrnatim taložnim okolišima male energije što bi bilo u skladu sa pretpostavkom da se taloženje odvijalo za vrijeme normalne regresije. Progradacijski trend pleistocenskih refleksa je vidljiv do dubine od oko 500 ms (slika 5-1) gdje dolazi do njegovog prekida. Prekid progradacijskog paketa je predstavljen horizontom u čijoj podini je vidljiv *truncation* oblik prekida refleksa dok se u krovini spomenutog horizonta uočava

onlap prekid refleksa (slika 5-1). Obzirom da se u njezinoj podini nalaze progradirajući motivi na seizmici, a u nju *onlap*-iraju mlađi sedimenti ovom seizmičkom horizontu intrepretiran je značaj površine maksimalne regresije koja odvaja dvije seizmostratigrafske jedinice. Biostratigrafski podatci na ovom intervalu nam ukazuju da je došlo do promjene u taložnom okolišu, te se sada ovdje nalaze siltovi i siltozne gline koje sadržavaju bentičke i foraminiferske ostatke koje nastaju u taložnim uvjetima unutarnjeg šelfa. U krovini seizmičkog horizonta maksimalne regresije regresija prestaje i prelazi u transgresiju što se očituje početkom vertikalnog rasta sedimenta. Zbog vertikalnog rasta sedimenata možemo pretpostaviti da se naslage talože u agradacijski, što može sugerirati da je došlo do uspostavljanja ravnoteže između donosa materijala i dostupnog akomodacijskog prostora. Na dubini od 420 m nalazi se stratigrafska površina koja predstavlja granicu između donjeg i gornjeg pleistocena (označena zelenom bojom na slici 5-1a). Za vrijeme gornjeg pleistocena taložili su se svijetlozelenkastosivi glinoviti lapori i prapori u uvjetima unutarnjeg šelfa. Ovaj podatak možemo povezati sa istraživanjima koja su proveli Kovačić et al. (2017) u kojima tvrde da su se pleistocenski eolski pijesci delte Neretve u uvjetima suhe klime pretaloživali i rasprostranili po širokom prostoru koje je obuhvatilo i sjeverni dio istraživanog prostora. Dokaze o prisutnosti lesnih naslaga pronalazimo na otocima Hvaru, Visu, Korčuli, Lastovu i Mljetu koji se nalaze u srednjem Jadrana na sjevernoj, odnosno sjeveroistočnoj strani istraživanog područja

Kako bi se bolje razumjela prostorna distribucija materijala i kako bi se odredio smjer donosa materijala, okvirno se možemo poslužiti vrijednostima debljina koje vidimo na karakterističnom profilu. Debljina regresivne sekcije iznosi oko 50 ms u sjeveroistočnom djelu profila koja postepeno zadebljava prema jugoistoku gdje iznosi do 500 ms. Debljina transgresivnih naslaga iznosi otprilike 400 ms. Pomoću tog podatka možemo pretpostaviti smjer kretanja materijala koji je dolazio sa izvora, iz smjera sjever-sjeveroistoka i kretao se u smjeru jug-jugozapada.

Sam izvor donosa materijala teško je precizno odrediti, ali prema ranijim istraživanjima, delta rijeke Neretve je predstavljala najveći siliciklastični taložni okoliš koji se nalazio na sjevernoj obali Hrvatske u recentnoj geološkoj povijesti (Balić & Malvić, 2013.), a prostirao se čak desetke i stotine kilometara od obale (Sikora i dr., 2014.).

7. ZAKLJUČAK

Analizom bušotinskih podataka i rezultata seizmičkih mjerenja na području srednjeg dijelu Jadranskog mora, interpretiran je razvoj taložnih odnosa tijekom pleistocena. Po krovini pliocenskog i gornjopleistocenskog slijeda naslaga su definirane strukturne površine u vremenskom mjerilu. Također su izrađene i vremenske karte debljine značajnih horizonata. Na temelju interpretacije je zaključeno:

- Granica između gornjeg i donjeg pleistocena nalazi se na dubini od oko 400 ms prema bušotini Palagruža-1 (slika 5-1).
- Između ta dva seizmička horizonta izdvojena je površina maksimalne regresije koja odvaja dvije seizmostratigrafske jedinice. Prema završnim geološkim izvještajima INA-Naftaplina, temeljenim na biostratigrafskim analizama iz istraživačkih bušotina Patricija-1 i Palagruža-1, jedinica A u podini graničnog horizonta nastala je za vrijeme donjeg pleistocena, dok se je krovinska jedinica B formirala za vrijeme donjeg i gornjeg pleistocena.
- Zbog rezolucije podataka i oblika seizmičkog odziva snimljenih pleistocenskih naslaga te interpretiranih prekida među refleksima odabran je transgresivno-regresivni model sekvencija. Jedinici *A* je interpretiran značaj regresivnog sustavnog trakta, dok je jedinici *B* interpretiran značaj transgresivnog sustavnog trakta.
- Na svim strukturnim kartama uočene su izdignute strukture kao posljedica solne tektonike.
- Smjer progradacije sedimenata se generalno kretao iz smjera sjever-sjeveroistoka prema smjeru jug-jugoistoka.
- Pred kraj donjeg pleistocena dolazi do ponovnog rasta relativne morske razine uzrokovanog transgresijom i otvaranjem novog akomodacijskog prostora koji je bio uravnotežen sa količinom donesenog materijala što je vidljivo vertikalnim rastom sedimenta - agradacijom.
- Izvor donosa pleistocenskih sedimenta u istraživano područje je upitan i teško ga je precizno odrediti, ali po orijentaciji seizmičkih refleksa možemo interpretirati da je donesen sa sjevera. Najizglednije je da je sitnozrnati siliciklastični materijal transportiran vjetrom i riječnim taložnim sustavom iz delte rijeke Neretve koja je u recentnoj geološkoj povijesti predstavljala najveći siliciklastični taložni okoliš na sjevernoj obali Hrvatske.

Da bi se bolje razumjeli i opisali geološki odnosi za vrijeme pleistocena, trebalo bi povezati definirane seizmostratigrafske jedinice sa podatcima karotažnih krivulja. Također, detaljnijom analizom seizmostratigrafskih jedinica nižeg reda u pleistocenskom slijedu naslaga te izradom Wheelerovog dijagrama kako bi se prikazali taložni odnosi u ovisnosti o promjenama relativne morske razine svakako bi pridonijeli boljem razumijevanju taložnih okoliša i geoloških odnosa na istraživanom području.

8. 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), str. 233-242.

BERNOULLI, D., (1971): Redeposited pelagic sediments in the Jurassic of the central Mediterranean area. Ann. Inst. Geol. Publ. Hung. 54/2, Budapest, str. 71-90

CATUNEAU, O. (2002): Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits and pitfalls. Journal of African Earth Sciencies 35(1), str. 1-43.

EMBRY, A.F. (1995): Sequence boundaries and sequence hierarchies: problems and proposals. In: Steel, R. J., Felt, V. L., Johannessen, E. P., Mathieu, C. (Eds), Sequence Stratigraphy on the Northwest European Margin, vol. 5 (Special Publication). Norwegian Petroleum Society (NPF), str. 1-11

EMBRY, A.F., JOHANNESSEN, F.P. (1992): T-R sequence stratigraphy, facies analysis and reservoir distribution in the uppermost Triassic-Lower Jurassic succession, western Sverdrup Basin, Arctic Canada. Arctic Geology and Petroleum Potential, vol. 2 (Special Publication). Norwegian Petroleum Society (NPF), str. 121-146

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

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

GUŠIĆ, I., JELASKA, V., (1990): Stratigrafija gornjokrednih naslaga otoka Brača u okviru geodinamske evolucije Jadranske karbonatne platforme.. (Upper Cretaceous stratigraphy of the Island of Brač within the geodynamic evolution of the Adriatic Carbonate Platform). JAZU and Inst. Za geol. Istraživanja, Zagreb, 160 pp.

HELLAND-HANSEN, W., & MARTINSEN, O. J. (1996): Shoreline trajectories and sequences; description of variable depositional-dip scenarios. Journal of Sedimentary Research, str. 670-688

JELASKA, V., (1973): Paleogeografksa i naftnogeološka razmatranja zapadnog dijela karbonatnog šelfa Dinarida (Paleogeographical and petroleum – geological considerations of the western part of the Dinaric carbonate shelf). Geol. Vjesn. 25, Zagreb, str. 57-64

KOVAČIĆ, M., et al. (2017): Pleistocene alluvial and aeolian deposits with tephra on island of Lopud (eastern mid-Adriatic, Croatia): Provenance, wind regime, and climate controls, Quaternary International, str. 1-10

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, str 53-62.

PLINT, A. G:, (1988): Sharp-based shoreface sequences and offshore bars in the Cardium Formation of Alberta; their relationship to relative changes in sea level. In: WILGUS, C. K., HASTINGS, B. S., KENDALL, C. G. St. C., POSAMENTIER, H. W., ROSS, C. A., VAN WAGONER, J. C. (Eds), Sea Level Changes – An Integrated Approach, vol. 42. SEPM Special Publication, str. 357-370

POSAMENTIER, H.W., JERVEY, M- T., VAIL, P. R. (1988): Eustatic controls on clastic deposition I. Conceptual framework. SEPM Special Publication, str. 110-124.

POSAMENTIER, H.W., ALLEN, G. P., JAMES, D. P., TESSON, M. (1992): Forced regressions in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples, and exploration significance. A. A. P. G. Bulletin 76, str. 1687-1709.

SCHMID, S. M., BERNOULLI, D., FUGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M., USTASZEWSKI, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: Correlation and evolution of tectonic units. Swiss Journal of Geosciences, str. 139-183

SIKORA, M., MIHANOVIĆ, H., VILIBIĆ, I. (2014.): Paleo-coastline of the Central Eastern Adriatic Sea, and Paleo-Channels of the Cetina and Neretva rivers during last glacial maximum, Acta Adriatica, 55/1, str. 3-18

ŠUŠNJARA, A., SAKAČ, K., JELEN, B., GABRIĆ, A., (1992): Upper Permian evaporites and associated rocks of Dalmatia and borderline area of Lika and Bosnia. Geol. Croat., 45, Zagreb, str. 95-115

TIŠLJAR, J., (1992): Origin and depositional environments of the evaporite and carbonate complex (Upper Permian) from the central part of the Dinarides (Southern Croatia and Western Bosnia). Geol. Croat. 45, Zagreb, str. 115-127

VAN WAGONER, J. C., (1995): Overview of sequence stratigraphy of foreland basin deposits: terminology, summary of papers, and glossary of sequence stratigraphy. In: VAN WAGONER, J.C., BERTRAM, G. T., Sequence Stratigraphy of Foreland Basin Deposits, vol. 64. A. A. P. G. Memoir, pp IX-XXI

VAN WAGONER, J. C., POSAMENTIER, E. W., MITCHUM, R.M., VAIL., P.R., SARG, J.F., LOUTIT, T.S. & HARDERNBOL, J. (1988): An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. U: Sea.Level Changes – An Intergrated Approach (ured.: Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendall, C. G. St. C., Posamentier, H. W., Ross, C-A-i Van Wagoner, J.C.). Soc. Econ. Paleont. Mineral., Spec. Publ. No. 42, str. 39-45

VEEKEN, P. C. H. (2007): Seismic Stratigraphy, Basin Analysis, and Reservoir Characterization Analysis.

VELIĆ, J., MALVIĆ T. (2011): Depositional conditions during Pliocene and Pleistocene in northen Adriatic and possible lithostratigraphic division of these rocks. Nafta 62(1-2), str. 1-5

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), str. 281-300.

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

ZAPPATERRA, E., (1990): Carbonate paleogeographic sequences of the Periadriatic region. Boll. Soc. Geol. Ital. 109, str. 5-20

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: https://geoportal.dgu.hr/ [20.4.2018.]

Izjava:

Izjavljujem da sam diplomski rad “Seizmostratigrafske značajke pleistocenskog slijeda naslaga u srednjem dijelu Jadranskog podmorja” izradio samostalno uz primjenu znanja stečenog na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu i uporabom navedene literature.

Branimir Gotšlih