

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij naftnog rudarstva

**MOGUĆI UGLJIKOVODIČNI POTENCIJAL PLIOCENSKO-
PLEISTOCENSKIH NASLAGA U HRVATSKOM PODMORJU
JADRANA**

Završni rad

Marko Vekić

N 3677

Zagreb, 2014.

Mogući ugljikovodični potencijal pliocensko-pleistocenskih naslaga u hrvatskom podmorju Jadrana

Marko Vekić

Završni rad je izrađen na: Sveučilištu u Zagrebu
Rudarsko–geološko–naftnom fakultetu
Zavodu za geologiju i geološko inženjerstvo,
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

SAŽETAK

U ovom radu prikazano je nekoliko provedenih istraživanja pliocensko-pleistocenskih naslaga u hrvatskom dijelu Jadrana. Sačinjen je pregled litologije i paleogeografskih promjena u Sjevernom i Srednjem Jadranu. Pliocensko-pleistocenske naslage odlagane su u nekoliko depresija unutar Jadranskog bazena, od kojih je najveća Padska depresija. Ti sedimenti sadrže važna ležišta značajnih količina prirodnog plina, te su dobro istraženi i podijeljeni u odgovarajući sustav litostratigrafskih jedinica ranga formacija. U Srednjem Jadranu istraženi su talozi rijeke Neretve koja je najveći siliciklastični taložni sistem na istočnoj obali. Na temelju prijašnjih istraživanja utjecaja kvartarnih glacijala u Sjevernom Jadranu te zaključivanja o mogućem pomicanju delte i glacijala u jugoistočni Jadran, postoji mogućnost da je paleo-prodelta rijeke Neretve dosegla udaljeni dio Korčulanskog kanala. Također je prikazano provedeno istraživanje naslaga na području gradilišta Pelješkog mosta (Južna Dalmacija) čiji su rezultati ukazali da postoje područja gdje debljina tih naslaga doseže 100 m. Prikazan je utjecaj glacijala i interglacijala na Jadranski bazen tijekom kvartara. Zbog izrazitih klimatskih promjena granice Jadranskog mora znatno su se mijenjale u prostoru, da bi tek nakon zadnjeg glacijala poprimile današnje granice. Na kraju je dan prikaz dosad otkrivenih plinskih polja u hrvatskom dijelu Sjevernog Jadrana. Istraživačkim bušotinama otkrivena su ležišta plina u sljedećim poljima Sjevernog Jadrana: Izabela, Ivana, Ika, Anamarija, Marica, Katarina, Ida, Vesna, Ana i Irina. Ta ležišta sadrže značajne količine prirodnog plina iz kojih će proizvodnja potrajati još najmanje 20 godina.

Ključne riječi: pliocen, pleistocen, paleogeografija, litostratigrafija, Sjeverni Jadran, SrednjiJadran, Padska depresija, glacijali, interglacijali.

Završni rad sadrži: 27 stranica, 6 slika i 2 tablice

Jezik izvornika: hrvatski

Završni rad je pohranjen u: Knjižnici Rudarsko–geološko–naftnog fakulteta,
Pierottijeva 6,10 000 Zagreb

Mentor: Dr. sc. Tomislav Malvić, izv. prof. RGNF-a, znanstveni savjetnik, vodećistručnjak u INI

Ocjenjivači: 1. Dr. sc. Tomislav Malvić, izvanredni profesor RGNF-a

.....2. Dr. sc. Zdenko Krištafor, redoviti profesor RGNF-a

.....3. Dr. sc. Jasna Orešković, docentica RGNF-a

Datum obrane: 25.IX.2014., Rudarsko–geološko–naftni fakultet

SADRŽAJ

I. POPIS TABLICA.....	IV
II. POPIS SLIKA.....	IV
1. UVOD.....	1
2. ZEMLJOPISNI SMJEŠTAJ.....	3
3. PLIOCENSKO-PLEISTOCENSKE NASLAGE JADRANSKOG BAZENA (HRVATSKOGA DIJELA), TALOŽNI RAZVOJ I LITOSTRATIGRAFIJA.....	6
3.1. Pregled paleogeografskih promjena tijekom pliocena i pleistocena u hrvatskom priobalnom dijelu Jadrana.....	6
3.1.1. Paleogeografski prikaz razvoja delte i prodelte rijeke Neretve tijekom pliocena i kvartara.....	6
3.1.2. Paleogeografski prikaz razvoja Padske depresije tijekom pliocena i kvartara.....	8
3.2. Litostratigrafija Jadrana.....	9
4. ODRAZI UTJECAJA LEDENIH I MEĐULEDENIH DOBA (GLACIJALA I INTERGLACIJALA) NA PALEOGEOGRAFIJU JADRANSKOG BAZENA TIJEKOM KVARTARA.....	14
5. PREGLED DOSADA OTKRIVENIH PLINSKIH POLJA U SJEVERNOM JADRANU.....	18
5.1. Svojstva ležišta, razrada i proizvodnja u plinskim poljima hrvatskog dijela Sjevernog Jadrana.....	19
5.1.1. Svojstva ležišta.....	19
5.1.2. Razrada i proizvodnja.....	20
5.2. Pregled nekih plinskih polja u hrvatskom dijelu Sjevernog Jadrana.....	21

6. PREGLED REZULTATA, PROMIŠLJANJA O BUDUĆIM OTKRIĆIMA I PROIZVODNJI TE ZAKLJUČAK.....	22
7. LITERATURA.....	24

I. POPIS TABLICA

Tablica 3-1. Talijanski i hrvatski nazivi litostratigrafskih formacija na području Padske depresije.....	11
Tablica 4-1. Glacijali i interglacijali tijekom pleistocena.....	14

II. POPIS SLIKA

Slika 1-1. Najbolje istražena područja pliocensko-pleistocenskih naslaga podmorja hrvatskog Jadrana	1
Slika 2-1. Miocenske i pliocensko-kvartarne depresije u Jadranskom bazenu.....	4
Slika 2-2. Batimetrijska karta podmorja Jadrana.....	5
Slika 3-1. Primjer usporedbe debljina litostratigrafskih formacija u hrvatskom dijelu Sjevernog Jadrana i Srednjem Jadranu u talozima rijeke Neretve.....	10
Slika 4-1. Granice Jadranskog mora u donjem pliocenu.....	16
Slika 5-1. Hrvatska plinska polja u Sjevernom Jadranu.....	18

1. UVOD

U ovom radu načinjen je pregled, različitost i ugljikovodični potencijal pliocensko-pleistocenskih naslaga u hrvatskom dijelu Jadrana. Kao osnova za razumijevanje tematike ovoga rada, zasebno su opisani Sjeverni i Srednji Jadran zbog različitosti njihovih ugljikovodičnih potencijala u pliocensko-pleistocenskim naslagama. Rad je sačinjen na temelju podataka prikupljenih različitim geološkim metodama na području talijanskog i hrvatskog dijela Jadrana (slika 1-1).

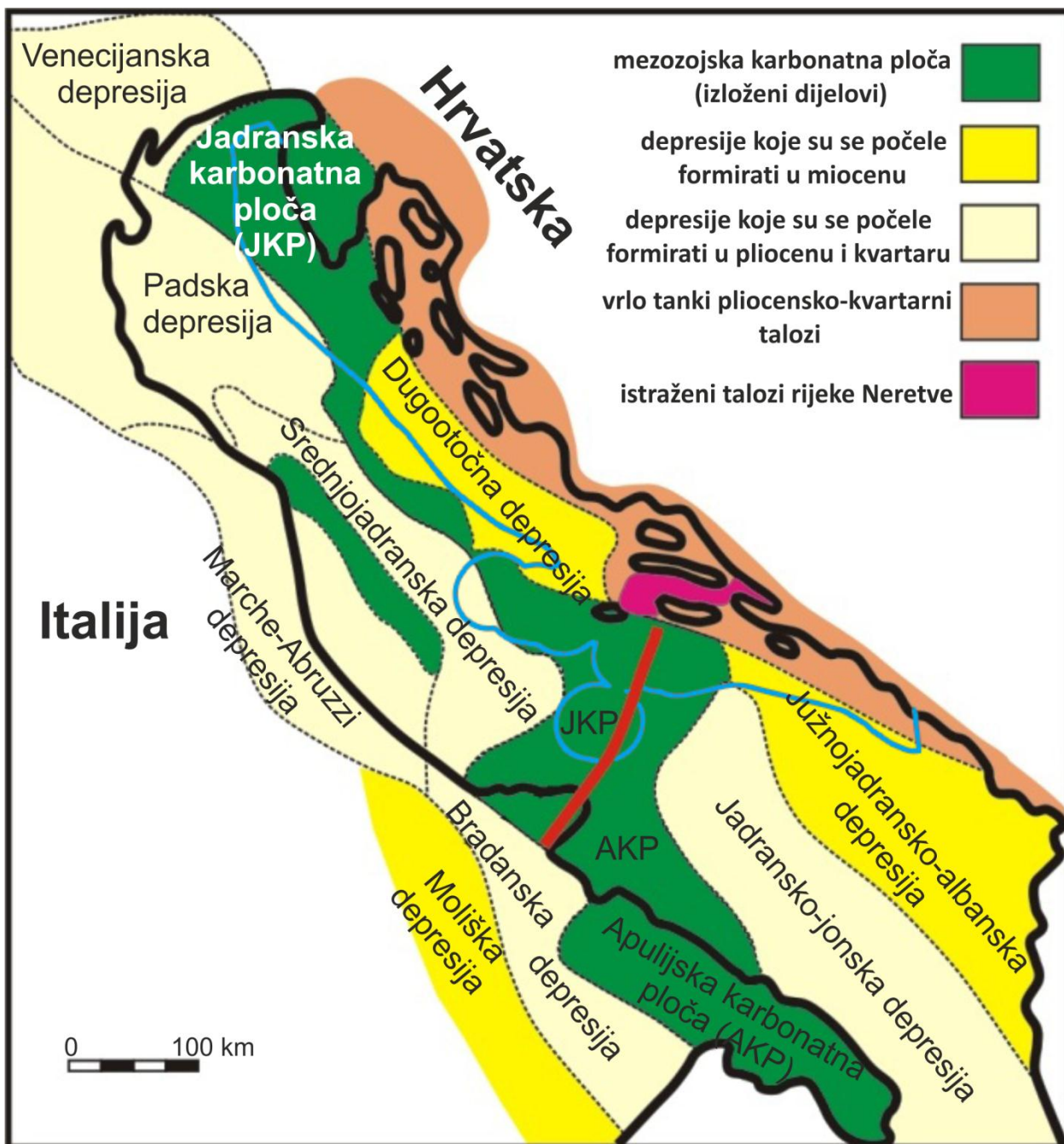


Slika 1-1. Najbolje istražena područja pliocensko-pleistocenskih naslaga podmorja hrvatskog Jadrana

Republici Hrvatskoj pripada više od 54 000 km² površine Jadranskog mora. Najstarije nabušene naslage su karbonatne stijene mezozojske starosti koje pripadaju formaciji Dinaridi. Mezozojske naslage sastoje se od vapnenaca i dolomita, koje postupno prelaze u bioklastične vapnence. To su vapnenci koji se sastoje od fragmentiranih ili zdrobljenih ostataka organizama. Na njima su diskordantno istaloženi sedimenti pliocensko-pleistocenske starosti, a izgrađeni su uglavnom od pijesaka, siltnih pijesaka i silita. Podaci o litološkom sastavu stijena bili su dostupni iz velikog broja objavljenih radova (Colantoni et al., 1979; Ghielmi et al., 2009; Velić & Malvić, 2011). Do danas provedena naftno-geofizička istraživanja rezultirala su otkrićem plinskih polja u sedimentima gornjega pliocena, te uglavnom donjega pleistocena odnosno kvartara. Rekonstrukcija taložnog prostora vezana je za epohe pliocena i pleistocena, kada je Jadransko more dobivalo svoje današnje granice između ledenih i međuledenih doba.

2. ZEMLJOPISNI SMJEŠTAJ

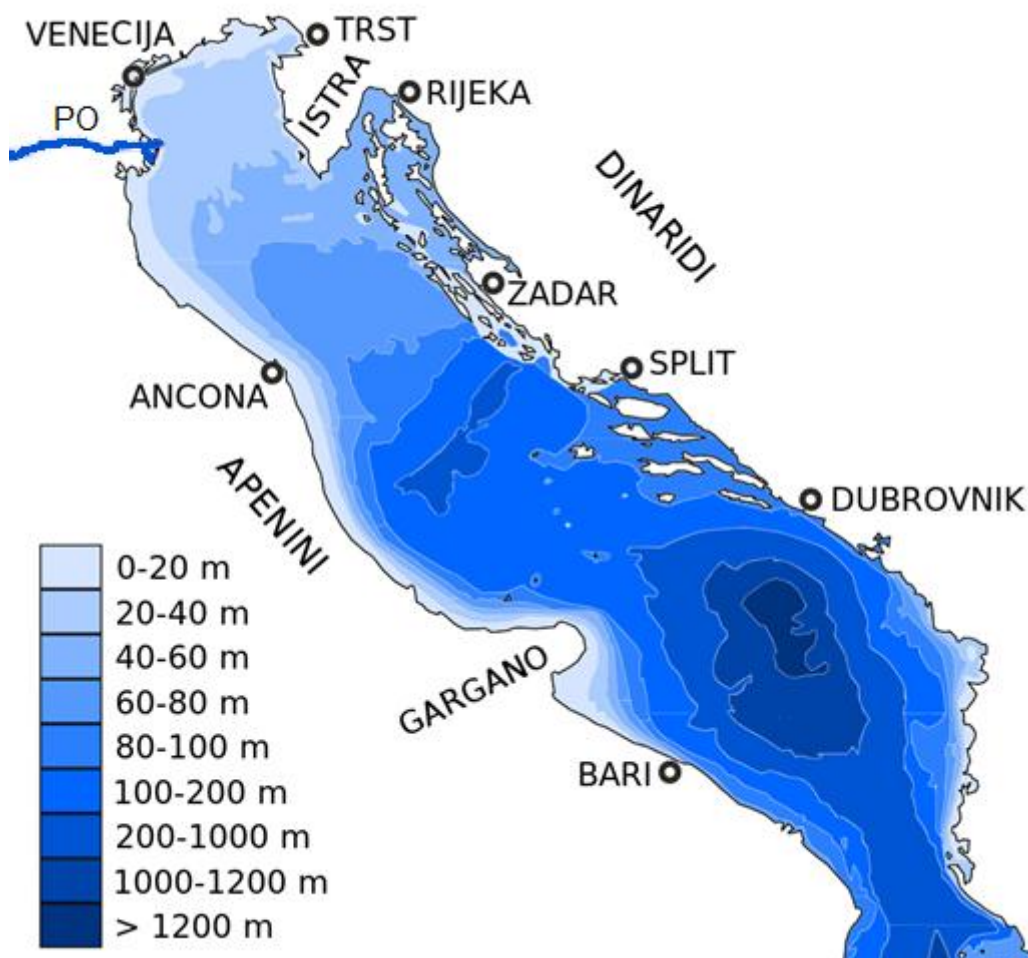
Jadransko more je zatvoreno epikontinentalno more i dio Mediterana. Nastalo je na podini nazvanoj Jadranskom mikropločom u kasnom miocenu prije približno 5 milijuna godina te se batimetrijski razvilo tijekom holocena nakon Flandrijske transgresije (Colantoni et al., 1979; Fairbanks, 1989; Stanley, 1995). Jadranski bazen sastoji se od Jadranskog mora i unutrašnjeg, danas kopnenoga, dijela depresije rijeke Po, a okružen je Južnim Alpama, Dinaridima i Apeninima (Balić & Malvić, 2013). Veće pliocenske i kvartarne depresije postoje uglavnom na zapadnoj obali, gdje su taložine debele nekoliko tisuća metara, a nastali su erozijom Alpa i Apenina. Istočnu obalu karakteriziraju veliki i produljeni Dinaridi koji imaju kontinentalnu drenažu vrlo blizu obali i vrlo mali iznos erozije. Posljedično tome, istočni dotoci su vrlo kratki, uključujući plimne estuarije koji erodiraju samo mali dio većinom karbonatnog detritusa okruženog predgornim otocima ili planinama s ograničenim područjem taloženja. Jadranski bazen podijeljen je na pojedinačne depresije, različite starosti s obzirom na početke njihova formiranja (Prelogović & Kranjec, 1983). U miocenu su se oblikovale tri depresije: Dugootočna, Južnojadransko-albanska i Moliška. Kasnije, u pliocenu nastaju i ostale depresije: Venecijanska, Padska, Marche-Abruzzi, Srednjojadranska, Bradanska i Jadransko-jonska (slika 2-1). U hrvatskom dijelu Jadrana nalaze se Dugootočna depresija, istočni dijelovi Padske i Srednjojadranske te sjeverni dio Južnojadransko-albanske depresije.



Slika 2-1. Miocenske i pliocensko-kvartarne depresije u Jadranskom bazenu (modificirano prema Velić & Malvić, 2011; Balić & Malvić, 2013)

Prema batimetrijskoj situaciji (slika 2-2) u podmorju se razlučuju tri područja, a od sjevera prema jugu to su (Velić, 2007):

- 1) Područje između ušća rijeke Po i Istre, gdje je dno blago razvedeno i maksimalne dubine do 39 m;
- 2) Od crte Ravenna-Pula do crte Ancona-Zadar dubine su pretežito do 70 m;
- 3) Prijelazno područje između srednjeg i južnog Jadrana s dubinama od 70 do 200 m;
- 4) Od crte Monte Gargano–Mljet–Pelješac prema jugu dno je uglavnom na dubinama od 200 do 1000 m s izraženom razvedenošću.



Slika 2-2. Batimetrijska karta podmorja Jadrana (modificirano prema http://en.wikipedia.org/wiki/File:Adriatic_Sea_Bathymetry.svg)

3. PLIOCENSKO-PLEISTOCENSKE NASLAGE JADRANSKOG BAZENA (HRVATSKOGA DIJELA), TALOŽNI RAZVOJ I LITOSTRATIGRAFIJA

Na području Sjevernog Jadrana nalaze se naslage odlagane u nekoliko depresija unutar Jadranskoga bazena, od kojih je najveća Padska. Današnje granice te depresije pružaju se unutar talijanskog i hrvatskog podmorja Jadrana. Ti sedimenti sadrže važna ležišta značajnih količina prirodnog plina, te su dobro istraženi na području više talijanskih i hrvatskih plinskih polja. Slijed pliocenskih i pleistocenskih sedimenata može debljinom doseći i 6000 m (Colantoni et al., 1979), a podijeljen je u odgovarajući sustav litostratigrafskih jedinica ranga formacija (Prelogović & Kranjec, 1983). Južnije, u hrvatskom dijelu Jadrana još se nalaze Dugootočka depresija, istočni dio Srednjojadranske te sjeverni dio Južnojadransko-albanske depresije.

3.1. Pregled paleogeografskih promjena tijekom pliocena i pleistocena u hrvatskom priobalnom dijelu Jadrana

Pliocen je geološka serija (epoha), a proteže se od 5,332 milijuna do 2,588 milijuna godina prije Krista (pr. Kr.), a pleistocen serija (epoha) unutar kvartarnog sustava (perioda) od prije 1,6 milijuna godina do prije 10 000 godina. Početkom pliocena dolazi do globalnog porasta morske razine koja je tijekom donjeg pliocena bila viša nego danas. Jadransko more tada je zauzimalo znatno veće područje, poglavito na strani današnje Italije, na što ukazuje rasprostranjenost marinskih pliocenskih sedimenata u podnožju sjevernih Apenina te u dolini rijeke Po. Mnogobrojni dokazi uključujući vrste planktonskih i bentičkih foraminifera upućuju na to da je u taj prostor donošena velika količina organskih tvari.

3.1.1. Paleogeografski prikaz razvoja delte i prodelte rijeke Neretve tijekom pliocena i kvartara

Na istočnoj obali Jadrana talozi rijeke Neretve čine dio najvećeg suvremenog deltnoga sustava. Balić i Malvić (2013) su ih istražili koristeći 3 seizmičke sekcije i jednu istraživačku bušotinu. Ovi se talozi nalaze unutar Neretvanskog i Korčulanskog kanala,

pretpostavljajući da su procesi koji su djelovali tijekom kvartarnih glacijalnih faza pomaknuli deltu za desetak kilometara prema zapadu, u više navrata.

Rijeka Neretva je najveći siliciklastični taložni sistem na istočnoj obali. Duga je 225 km, a područje delte pokriva oko 170 km. Slankasta voda uzvodno seže do grada Metkovića, koji je udaljen oko 20 km od ušća rijeke Neretve. Na temelju prijašnjih istraživanja utjecaja kvartarnih glacijala u Sjevernom Jadranu (Colantoni et al., 1979; Correggiari et al., 1996; Kalac, 2008; Velić & Malvić, 2011; Velić et al., 2011) te zaključivanja o mogućem pomicanju delte i glacijala u jugoistočni Jadran, postoji mogućnost da je paleo-prodelta rijeke Neretve dosegla udaljeni dio Korčulanskog kanala, tj. pretpostavlja se da bi se talozi delte i prodelte trebali smatrati dijelom područja Neretvanskog, Korčulanskog i Pelješkog kanala. Poluotok Pelješac imao je veliki utjecaj na taloge rijeke Neretve, osobito kroz interglacijale, ali i danas, usmjerujući tok iz ušća, što je najbolji dokaz utjecaja glacijala na eustatičke oscilacije tijekom kvartara i progradaciji mjesta rječnog taloženja (Balić & Malvić, 2013).

Područje istraživanja pokrivalo je oko 1500 km² te je proučeno seizmičkom interpretacijom na tri područja i jednom istraživačkom bušotinom, smještenom oko 90 km zapadno od ušća rijeke Neretve. Odabir je napravljen koristeći tri kriterija:

- a) jasno uočenom regionalnom seizmičkom granicom između mezozoika i kenozoika,
- b) jasnom seizmičkom refleksijom u kenozoiku,
- c) odabrane sekcije raspoređene su dijagonalno i okomito na proučeno taložno područje, zbog vjerojatne progradacije.

Zbog ograničenog broja istraživačkih bušotina, seizmička korelacija bila je djelomice nepouzdana. Interpretacija najduže seizmičke sekcije A-A' duge oko 100 km pokazala je da nema bitnih razlika u debljini pliocensko-kvartarnih taloga od zapadnog dijela Neretvanskog kanala do zapadnoga ruba Korčulanskog kanala. Sekcija B-B' postavljena je otprilike okomito na deltu rijeke Neretve. Proučena je pliocensko-kvartarna sinklinala s maksimalnom debljinom sloja u sredini Neretvanskog kanala. Sekcija C-C' postavljena je koso na kanal rijeke Neretve. Pokazala je da se debljina sloja povećava prema otoku Hvaru.

3.1.2. Paleogeografski prikaz razvoja Padske depresije tijekom pliocena i kvartara

Veći dio Padske depresije danas je na kopnu, između Južnih Alpa i Apenina. Na istoku završava pod Jadranskim morem gdje se nalaze plinska polja. Padska depresija ispunjena je pretežito pliocensko, pleistocenskim i holocenskim sedimentima (siliciklastični detritus podrijetlom iz Alpi i Apenina) debljine mjestimice veće od 6000 m (Colantoni et al., 1979). Sedimente donjeg pliocena od srednjo i gornjopliocenskih naslaga dijeli jedna od glavnih diskordancija. Kvartarne naslage većinom leže na gornjopliocenskim, dosežući debljine i do 2000 m. Kako je u cijeloj Padskoj depresiji otkriveno mnogo ležišta ugljikovodika, uglavnom plina, nametnula se potreba raščlambe naslaga prema načelima nomenklature. Litostratigrafske jedinice s hrvatske i talijanske strane imaju različite nazive, s tim da je talijanska podjela detaljnija zbog drugačijeg razvoja taložnih okoliša. Stoga su Velić i Malvić (2011) predložili prikladnu nomenklaturu za hrvatski dio:

a) Mezozoik: sve eventualno nabušene sedimente u području Sjevernog Jadrana za koje je pretpostavljena ili dokazana mezozojska starost, kao što su kredne stijene u polju Marica, i dalje bi trebalo nazivati formacijom Dinaridi.

b) Paleocen-miocen: na području nekoliko plinskih polja probušene su ili nabušene karbonatne naslage koje su u polju Marica određene starošću od paleocena do donjega miocena. Takvi sedimenti zasada su opisani samo na zapadnom rubu zone sjevernojadranskih polja prema Italiji, tj. približno na granici Jadranske karbonatne platforme prema Jadransko-jonskom bazenu. To je litološki homogen litofacijes karbonata nađen tek mjestimice i slabije je istražen pa je predloženo da bi za sve sedimente Jadranskog bazena starosti od paleocena do miocena trebalo zadržati postojeću formaciju Susak.

c) Pliocen: pliocenski sedimenti su u hrvatskom dijelu Sjevernog Jadrana okarakterizirani kao nepropusni (Kalac, 2008). Oni nisu isključivo pelitni na cijelom području depresije, no pješčenjačka komponenta taložena je gotovo isključivo u današnjem talijanskom podmorju. Ti su sedimenti nastali u hemipelagičkom okolišu ili u distalnom dijelu delte, tj.

prodelti. Stoga je predloženo da se pliocenski litofacijes, kao pretežito homogen, može imenovati kao formacija Istra.

d) Pleistocen: glavno obilježje pleistocenskih sedimenata je vrlo slaba kompakcija, te pojava slojeva pijeska i silta debljine nekoliko metara. Ti su sedimenti nastali kao rezultat taloženja u delti i prodelti rijeke Po (Kalac, 2008). Pleistocenski litofacijes može se promatrati kao monotona izmjena nepropusnih i propusnih sedimenata, pa se kao tipski lokalitet pleistocenskih deltnih i prodeltinih sedimentata može izdvojiti plinsko polje Ivana. Stoga je predloženo da se pleistocenske naslage izdvoje kao formacija Ivana.

3.2. Litostratigrafija Jadrana

Prema Sjevernoameričkom stratigrafskom kodeksu (North American Commission On Stratigraphic Nomenclature, 2005), formalne litostratigrafske jedinice (od najveće prema najmanjoj) su : supergrupa, grupa, formacija, član i sloj.

Supergrupa je formalni naziv skupa uzajamno povezanih grupa ili grupa i formacija koje imaju zajednička važna litološka svojstva. Supergrupe se imenuju samo kada je to potrebno.

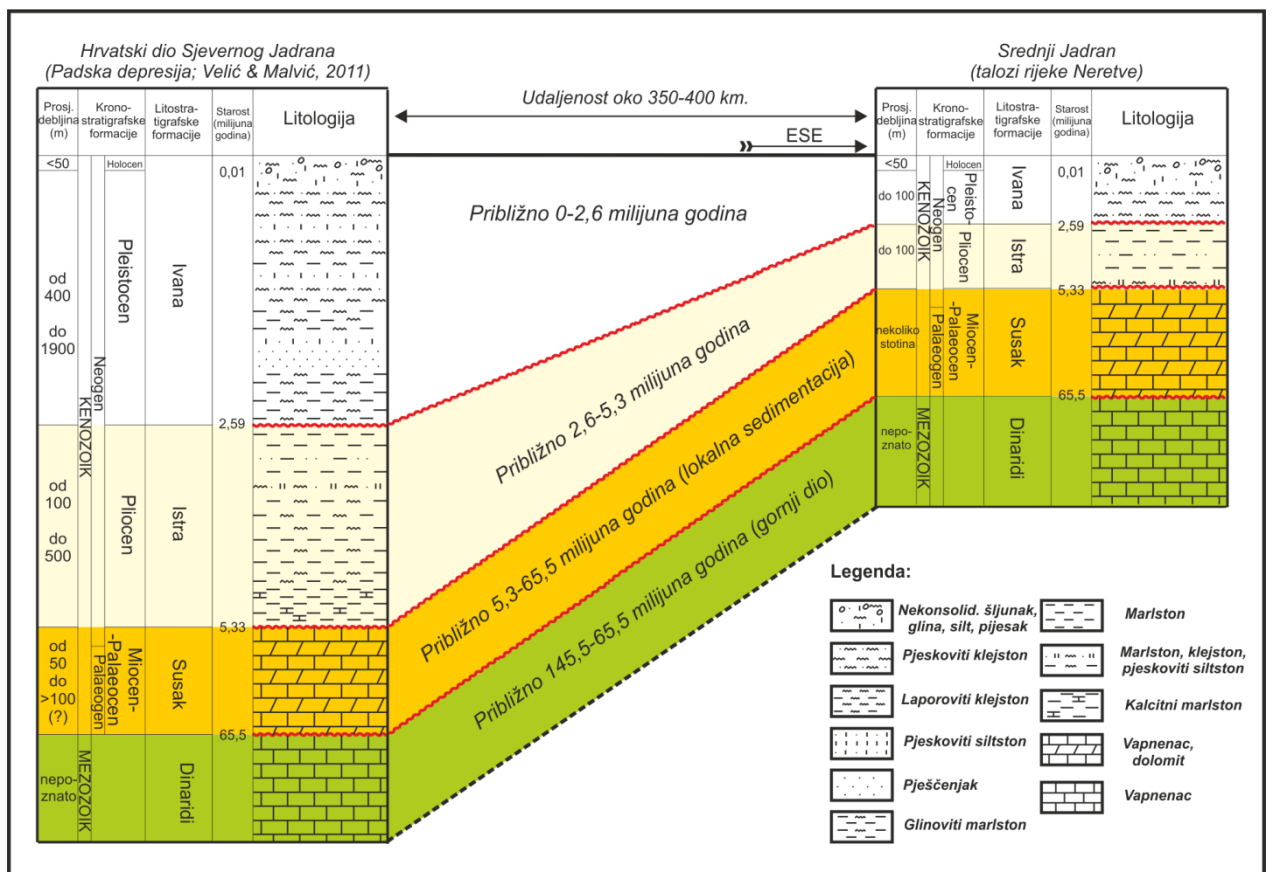
Grupa je litostratigrafska jedinica koja se može djelomično ili u potpunosti sastojati od imenovanih formacija. Grupe prikazuju prirodne veze povezanih formacija. Korisne su u kartiranju i stratigrafskoj analizi.

Formacija je temeljna jedinica litostratigrafske klasifikacije (slika 3-1). To je dio stijene definiran prvenstveno litografskim karakteristikama i pratećim kronostratigrafskim položajem. Formacije su osnovne litostratigrafske jedinice korištene u opisivanju i interpretiranju geologije nekog područja (tablica 3-1). Formacija može biti sačinjena od materijala raznih izvora i može sadržavati prekide u taloženju. Treba imati određeni stupanj litografske homogenosti, odnosno razlikovna litološka svojstva u odnosu na krovinu i podinu. Između gornjih i donjih granica može sadržavati stijenu jednog litografskog sastava, ponavljanje dvaju ili više litoloških sastava ili iznimnu litološku heterogenost koja je jedinstvena u usporedbi sa susjednim stijenskim jedinicama. Jedinica

koja se može razlikovati samo po taksonomiji fosila nije litostratigrafska, već biostratigrafska jedinica.

Član je formalna litostratigrafska jedinica po rangu ispod formacije i uvijek je dio neke formacije. Definirana je kao dio formacije zato što sadrži svojstva koja ju razlikuju od susjednih dijelova formacije. Neke formacije su potpuno podijeljene u članove, neke mogu imati samo određene dijelove definirane kao članove, dok neke uopće nemaju podjelu na članove. Član se može lateralno protezati iz jedne formacije u drugu.

Sloj je najmanja formalna litostratigrafska jedinica sedimentne stijene. Samo bitni slojevi se imenuju, kao npr. naftonosni pješčenjaci te ostali slojevi od ekonomske važnosti. Sloj, kao marker, je dobro definirani sloj s određenim karakteristikama koje se mogu lako prepoznati (npr. litologija ili sadržaj fosila) i time omogućuju lakšu korelaciju geoloških presjeka pri kartiranju.



Slika 3-1. Primjer usporedbe debljina litostratigrafskih formacija u hrvatskom dijelu Sjevernog Jadrana i Srednjem Jadranu u talozima rijeke Neretve (prema Velić & Malvić, 2011; Balić & Malvić, 2013)

Tablica 3-1. Talijanski i hrvatski nazivi litostratigrafskih formacija na području Padske depresije (prema Velić & Malvić, 2011)

KRONOSTRATIGRAFSKA JEDINICA	LITOSTRATIGRAFSKE FORMACIJE	
	HRVATSKI NAZIV	TALIJANSKI NAZIV
HOLOCEN	RECENTNI SEDIMENTI	
PLEISTOCEN	IVANA	RAVENNA CAROLA
PLIOCEN	ISTRA	PORTO GARIBALDI SANTERNO
MIOCEN	SUSAK	CLARA
		CORINNA
		SCHLIER
		CAVANELLA B
		BISCIARO
		CAVANELLA A
OLIGOCEN		SCAGLIA CINEREA
EOCEN		SCAGLIA
MEZOZOIK	DINARIDI	CALCARI DEL CELLINA

U Južnoj Dalmaciji Buljan et al. (2012) istražili su naslage na širem području gradilišta Pelješkoga mosta. Područje je geološki i tektonski kompleksno, podložno potresima i snažnim vjetrovima, te se prije nije detaljno proučavalo. Tijekom kvartara koji je trajao zadnjih 1,8 milijuna godina, formirane su brojne geomorfološke strukture koje postoje i danas u istraženom području. Pliocensko-kvartarni talozi najčešće se pojavljuju kao tanki pokrivač zaliježućih karbonatnih stijena, a mogu biti i čvršći, ovisno o morfološkim uvjetima. Istraživanja su obavljena geofizičkim metodama, istraživačkim bušenjem i laboratorijskom analizom uzoraka jezgre. Metodom radiometrijskog datiranja starost uzoraka s dubine od 5,5 m ispod razine mora iznosi 8580 (\pm 275) godina, a uzoraka sa dubine od 35,5 m 17100 (\pm 530) godina (Pavelić, 2005). Ti podaci ukazuju na to da se prije 17100 do 8580 godina dogodilo vrlo brzo taloženje sedimenata, koje se kasnije usporilo. Nadalje, istraživanja su pokazala da se na području gradilišta mosta nalaze talozi izrazito velike debljine, na nekim mjestima čak i više od 100 metara, što nije bilo očekivano s obzirom na tadašnja znanja o geologiji toga područja. Posljedično tome, sačinjene su tri inženjersko-geološke strukturne jedinice s obzirom na njihovu razliku u konzistenciji, boji, veličini zrna i mineraloškom sastavu:

1) Jedinica A - vrlo mekani i mekani talozi:

predstavlja vrlo mekane i viskozne taloge sive boje, vrlo male do male čvrstoće koji se nalaze na prvih 7 metara (maksimalno 17 m) ispod razine mora. Sastoje se od pretežito organskih glina, silta i ponekad treseta.

2) Jedinica B - mekani i tvrdi talozi:

predstavlja uglavnom sive i smečkasto-sive viskoplasične gline i silt srednje do male čvrstoće s proslojcima pijeska i razbacanim makrofosilima (puževi i školjke). Debljina ove jedinice iznosi 25 do 38 metara.

3) Jedinica C - tvrdi talozi:

predstavlja viskoplasičnu glinu velike čvrstoće, crvenkaste boje s kalcitnom konkrecijom koja je česta, ponekad zauzimajući više od 10 % mase taloga. Konkrecija predstavlja tvrdu, kompaktnu masu, subsferičnog spljoštenog, pločastog ili nepravilnog oblika, s neobičnim obrisima koji se formiraju oko neke jezgre ili središta (npr. lista, fosila) u porama sedimentnih stijena. U ovoj jedinici po mineraloškom sastavu ima puno više kvarca nego

smektita što ukazuje na to da su ovi talozi nastali u dubokom i otvorenom sedimentacijskom okruženju (Pavelić, 2005). Zbog paleomorfologije, debljina ove jedinice varira do maksimalno 40 metara.

4. ODRAZI UTJECAJA LEDENIH I MEĐULEDENIH DOBA (GLACIJALA I INTERGLACIJALA) NA PALEOGEOGRAFIJU JADRANSKOG BAZENA TIJEKOM KVARTARA

U kvartaru (dijeli se na serije ili epohe pleistocen i holocen) Sjeverni Jadran karakteriziran je izrazitim klimatskim promjenama, koje su bile uzrokom mnogih promjena ne samo u evoluciji živog svijeta već i u oblikovanju reljefa. Marinski sedimenti pleistocena taloženi su u naizmjenično hladnim, umjerenim i toplim uvjetima u području Jadranskog šelfa. Zabilježeno je šest razdoblja glacijala između kojih su vladala toplija razdoblja, tj. interglacijali. Prema alpskoj podjeli glacijali se nazivaju biber, donau, ginc, mindel, ris i virm (tablica 4-1) .

Tablica 4-1. Glacijali i interglacijali tijekom pleistocena (prema Velić & Malvić, 2011)

Nazivi	Ledena i međuledena doba	Starost (god.)
virm	glacijalno razdoblje	11 700 – 110 000
ris - virm	interglacijalno razdoblje	110 000 – 130 000
ris	glacijalno razdoblje	130 000-200 000
mindel - ris	interglacijalno razdoblje	200 000 – 300/ 380 000
mindel	glacijalno razdoblje	300/ 380 000 - 455 000
ginc - mindel	interglacijalno razdoblje	455 000 - 620 000
ginc	glacijalno razdoblje	620 000 - 680 000
ginc - dunav	interglacijalno razdoblje	850 000 - 1 300 000 (?)
dunav	glacijalno razdoblje	1 300 000 - 1 550 000
dunav - biber	interglacijalno razdoblje	2 100 000 - 2 500 000
biber	glacijalno razdoblje	2 500 000 - ?

Posljednje ledeno doba bilo je vrijeme kada su veliki ledenjaci pokrili kopno Sjeverne Amerike i Europe. Tada je razina mora bila mnogo niža nego danas. To je vrijeme koje se bitno razlikuje od današnjeg, ali se ipak dogodilo dosta nedavno (prije 20 000 godina). Stoga je taj pouzdan dokaz klimatskih promjena očuvan u ledu i morenama.

Tijekom širenja pleistocenskih glacijala, Alpska ledena kapa prodrla je u srednjoeuropsko gorje, talijansko podnožje i Velebit (Velić et al., 2011). Takva intenzivna glacijalna aktivnost trebala bi ostaviti veliki utjecaj na periglacialne taložne depresije, kao npr. na Padsku depresiju, koje su se nalazile južno od pleistocenskog Alpskog ledenog pokrova koji se širio s vrhova naokolo. Stoga Padska depresija sadrži pouzdane dokaze bioloških i klimatskih promjena u sedimentima. U svrhu proučavanja oledbi uzeta je jezgra duga 200 metara (Muttoni et al., 2003) iz doline rijeke Po. Jezgra sadrži stratigrafski dokaz takvog ledenog doba zabilježen sekvencijskom granicom sa vegetacijskim i fluvijalnim uzorcima. Pomoću nje se datirala glacijacija u području Alpa metodama analize facijesa, analize taloga, analize peludi i magnetostratigrafijom.

Krajem miocena (prije 5-6 milijuna godina), kada je količina leda bila veća nego danas, glacijacije na Antartiku bile su povezane s globalnim padom temperature i brzim kretanjem Antartičke konvergencije oko 300 km prema sjeveru, što je rezultiralo, kako je već navedeno, padom morske razine (Kennett, 1977) i prekidom veze s Atlantskim oceanom kroz Gibraltarski tjesnac. Veza se ponovno uspostavila krajem mesinijana zbog globalnog povećanja morske razine početkom pliocena, čime se more proširilo i pokrilo puno veću površinu od današnjeg Jadranskog mora. Zbog toga se značajan dio Padske depresije nalazi na obali, dok je u pliocenu bio ispod morske razine (slika 4-1).



Slika 4-1. Granice Jadranskog mora u donjem pliocenu (modificirano prema Velić & Malvić, 2011)

Sedimenti pliocena (5,332 – 2,588 milijuna godina) u hrvatskom dijelu Sjevernog Jadrana su pelitni, te se, u donjem pliocenu odlikuju brojnim nalazima marinskih planktonskih i bentičkih foraminifera, koji ukazuju na toplu klimu i na taloženje u dubljem i otvorenom moru, tj. vanjskom šelfu (Thunel, 1971; Cita & Ryan, 1972). Međutim, talozi gornjega pliocena ukazuju na manjak raznovrsnosti i količine planktonskih foraminifera (Kalac, 2008) zbog umjereno hladne klime tijekom bibera (prije 2,5 milijuna godina). Pliocenski talozi su deblji na talijanskom dijelu Sjevernog Jadrana zbog brzog slijeganja u kasnom pliocenu (Rio et al., 1997), sedimentacije na padinama, te zbog količine donesenog kopnenog organskog materijala.

Tijekom pleistocenskih glacijala obujam nastalog leda bio je oko tri puta veći nego danas, a ledeni su pokrovi bili prosječne debljine oko 2 km (Donn et al., 1962). Velika količina oceanske vode bila je zaleđena što je snižavalo globalnu morsku razinu i za više od 120 m u odnosu na današnju. Deglacijacije su rezultirale porastom razine mora, pa je u nekim razdobljima ona dosegala razinu i nekoliko metara više od recentne. Te promjene

morske razine tijekom pleistocena i holocena odrazile su se i na paleogeografiju Jadranskog mora koje je tek nakon zadnjeg, tj. virmuskog glacijala poprimilo današnje granice (Velić & Malvić, 2011). Nakon formiranja glacijala i pada morske razine, mnoge su rijeke, a posebice rijeka Po, proširile svoje područje drenaže i formirale značajno velike delte i prodelte.

Talog u kontinentalnom šelfu Sjevernog Jadrana nastaje zbog rijeka koje izvire u tom području (Reno, Adige, Brenta, itd.), a posebice zbog rijeke Po, koja ostaje glavni prijenosnik taloga u cijelom Jadranskom moru, odražavajući se i na vrlo malu količinu taloženja s istočne obale (Balić & Malvić, 2013), i na znatnu količinu taloga prenijetu sa zapadne obale. Ukupna količina taloga prenijetog iz rijeke Po iznosi oko 15×10^6 tona godišnje, a iz rijeke Adige $0,9 \times 10^6$ tona godišnje (Frignani et al., 1992; Milliman & Syvitski, 1992; Sorgente, 1999; Cattaneo et al., 2003). Zbog glacijacija, istočni dio delte rijeke Po i cijele prodelte progradirao je oko 200 km te prenio klastične sedimente u današnje odobalno područje jugozapadno od poluotoka Istre i u područje Kvarnerskog otočja. Posljedično tomu, turbiditni talozi u hrvatskom dijelu Sjevernog Jadrana ne postoje ili su pak vrlo rijetki u gornjem pliocenu.

5. PREGLED DOSADA OTKRIVENIH PLINSKIH POLJA U SJEVERNOM JADRANU

Hrvatska plinska polja, smještena u jugoistočnom dijelu Padske depresije, predstavljaju vrlo važan izvor ugljikovodika te sadrže značajan dio hrvatskih pridobivih plinskih rezervi. Predviđanja ukazuju kako će proizvodnja iz tih polja trajati još najmanje 20 godina (Malvić et al., 2011). Istraživanje je započelo 1970. godine snimanjem 2D seizmike te istraživačkim bušenjem. Do 1995. načinjeno je više od 16 000 km 2D seizmičkih profila te 80 bušotina (Đureković et al., 1998). Tijekom ranih 80-ih godina 20. stoljeća u Sjevernom Jadranu otkriveno je nekoliko plinskih polja koja su kasnije postigla značajnu proizvodnju ugljikovodika. Od sjevera prema jugu istraživačkim bušotinama otkrivena su ležišta plina u sljedećim poljima: Izabela, Ivana, Ika, Anamarija, Marica i Katarina (slika 5-1).



Slika 5-1. Hrvatska plinska polja u Sjevernom Jadranu (prema Velić & Malvić, 2011)

Ležišta plina nalaze se u nekonsolidiranim ili tek slabo konsolidiranim pijescima pleistocenske starosti taloženim u Padskoj depresiji (Đureković et al., 1998). Plin u tim poljima je biogenog podrijetla, nastao i nakupljen uglavnom „in situ“, a klasificiran je kao "suhi plin", odnosno glavni sastojak je "čisti" metan ($C_{2+} < 0,2\%$, te, $0,2\% CO_2$) s vrlo malim udjelom dušika, svega oko 1,6% (Đureković et al., 1998).

Zajedničkim ulaganjem partnera tvrtki Ina (Hrvatska) i ENI (Italija) u novi ciklus istraživanja i proizvodnje, od 1996. snimljeno je približno 5000 km^2 3D seizmike, izbušeno 12 novih istraživačkih bušotina te otkriveno dodatnih 7 plinskih polja. Radom tvrtke INAgip otkriveno je ukupno 105 plinskih ležišta u 9 plinskih polja, načinjeno više od 40 proizvodnih bušotina, te instalirano 19 proizvodnih platformi (Malvić et al., 2011).

5.1. Svojstva ležišta, razrada i proizvodnja u plinskim poljima hrvatskog dijela Sjevernog Jadrana

Analiza seizmičkih atributa zona zasićenih plinom ukazala je na prepoznatljive atributne anomalije (*engl. bright spot*), što je upotrijebljeno za karakterizaciju ležišta (Malvić et al., 2011). Djelatnošću tvrtke INAgip otkriveno je još sedam novih polja nakon 1996. i to polja Marica, Katarina, Ana, Vesna, Irina, IKA-SW i Božica sa značajnim rezervama ugljikovodičnog plina (Velić, 2007). Značajna proizvodnja potaknula je prvo planiranje, a zatim gradnju cjevovoda za prijenos plina i do Hrvatske.

5.1.1. Svojstva ležišta

Glavno obilježje plinskih polja u Sjevernom Jadranu je niz turbiditnih facijesa u kojima su nekonsolidirana ili vrlo slabo konsolidirana ležišta. To znači da primarna (međuzrnska) šupljikavost u ležištima varira u vrlo širokim granicama, tj. između 22 i 37%, a propusnost između $100 \text{ do } 1500 \times 10^{-15} \text{ m}^2$ (Malvić et al., 2011). Međutim, nepostojanje kompakcije uzrokuje vrlo složene proizvodne uvjete, jer se javlja tok pijeska i silta iz ležišta prema bušotini. Zbog toga tijekom proizvodnje dolazi do brzoga pada ležišnog tlaka ili gibanja čvrstih čestica (detritusa) prema perforacijama (Malvić et al., 2011). Prosječni ležišni litofacies sastoji se od oko 50% pijeska i 40% silta, uz zasićenje vodom između 20 i 50%. Zbog toga je u cilju stvaranja efikasnog isplačnog obloga

sprječavanja gubitka fluida kod bušenja korištena isplaka na bazi slatke vode (Malvić et al., 2011). Ležišta iz kojih se proizvodi plin nalaze se u nekonsolidiranim pijescima na dubinama od 600 do 1250 metara (unutar formacije Ivana) te vapnencima na 1420 - 1470 metara (formacija Susak). Pijesci rijetko prelaze u slabo konsolidirane pješčenjake, no samo u najdubljim dijelovima pleistocenskih ležišta (Đureković et al., 1998). Ukupna debljina pleistocenskih sedimenata kreće se između 900 i 1500 metara, unutar čega pojedina pješčana ležišta mogu imati debljinu veću od 20 metara. Većina ležišta nalazi se u strukturnim zamkama. Najčešće su to blago izražene i izdužene antiklinale (brahiantiklinale). Litološki, ležišni pijesci su sitnozrnati do vrlo sitnozrnati (Malvić et al., 2011). Udjel detritičnog matriksa je raspršen kroz ležište, no može biti nakupljen i u vidu lamina. Taj matriks je uglavnom mineral smektit, gdje udjel cijeloga matriksa ne prelazi 7%, a karbonatnog cementa 8-12%. Početna primarna šupljikavost je smanjenja zbog djelovanja mehaničke kompakcije i kemijske izmjene sedimenata (Malvić et al., 2011).

5.1.2. Razrada i proizvodnja

Razrada plinskih polja odvijala se kroz četiri razdoblja (Malvić et al., 2011):

- a) Razdoblje 1 obuhvatilo je razradu plinskog polja Ivana s četiri platforme (Ivana A, B, D i E) te povezivanje s cjevovodima na talijanskoj strani. Proizvodnja je započela u listopadu 1999;
- b) Razdoblje 2 uključilo je razradu polja Ika i Ida uporabom pet platformi te izradom cjelokupne infrastrukture plinovoda za transport plina do hrvatskog kopna. Također je načinjena i razrada istraživačkog polja „Marica“ na kojem su polja Marica i Katarina počela s proizvodnjom 2004. i 2006. godine;
- c) Razdoblje 3 započelo je razradom u 2007. godini, te proizvodnjom u 2009. godini i to s polja Anamarija, Ana, Vesna i Irina;
- d) Razdoblje 4 je u postupku planiranja, a uključit će radove u poljima Ika-SW, Ivana-SW te Božica.

5.2. Pregled nekih plinskih polja u hrvatskom dijelu Sjevernog Jadrana

Najveće polje Ivana sadrži, procijenjeno, oko 8 milijardi m³ plina. Proizvedeni plin iz polja je „suhi“, 98,18% plina je metan, 1,61% dušik, i 0,21% ugljični dioksid (Velić, 2007). U polju Ivana utvrđeno je 11 plinskih ležišta, od kojih je najveće ležište 1A. Ležišta se sastoje od nekonsolidiranih do umjereno konsolidiranih pijesaka, prašinih pijesaka i praha, djelomice proslojenih glinama, laporima i glinovitim laporima (Velić, 2007). Donjopleistocenski sedimenti u podini i u krovini ograničeni su nepropusnim naslagama debljine od 2 do 5 m. Istraživanja su pokazala da šupljikavost raste od 16% na jugoistoku do 32% prema sjeverozapadu (Đureković et al., 1998). Proizvodnja plina se provodi sa središnje platforme Ivana-A, te satelitskih platformi Ivana B, D, E. Time je omogućena najveća dnevna proizvodnja od 1,87 milijuna m³ plina. Također je naknadno izrađena i puštena u proizvodnju platforma Ivana C.

Polje Ika sadrži četiri ležišta, među kojima se najdublje ležište bitno litološki razlikuje u odnosu na ostala. Najdublje ležište uvjetovano je tektonsko-erozijskom diskordancijom, a ugljikovodici su nakupljeni ispod te diskordancije unutar istaknutog dijela paleoreljefa (Velić, 2007). Uz metan, dušik i ugljični dioksid, u sastav plina ulazi i do 300 ppm-a sumporovodika. Ostala tri gornja ležišta, s čistim metanom i malo dušika izrađena su od pleistocenskih rahlih pijesaka (Kranjec, 1990).

Polje Marica se nalazi u sjeverozapadnom dijelu podmorja srednjeg Jadrana, 90 km zapadno od Zadra, na dubini mora od 69 m. Prva istraživanja su počela magnetometrijskim mjerenjima, a zatim i seizmičkim snimanjima (Velić, 2007). Istražnim bušotinama i karotažnim mjerenjima zabilježena je pojava plina. Bušotinom Marica-1, izrađenom 2000. godine u formaciji Susak, otkriveno je deset ležišta zasićenih plinom. No, zbog malih volumena, samo se pet smatra isplativim (Velić, 2007). Sastav proizvedenog plina ukazuje na 98% metana s 2% volumena dušika. Efektivne debljine ležišta su u rasponu od 0,8 do 7 metara, a vrijednost šupljikavosti za polje Marica kreće se od 30 do 38% (Velić, 2007). Najveća dnevna proizvodnja dostigla je količinu od 255 000 m³ plina, a planiran je proizvodni vijek od 10 godina (Velić, 2007).

6. PREGLED REZULTATA, PROMIŠLJANJA O BUDUĆIM OTKRIĆIMA I PROIZVODNJI TE ZAKLJUČAK

Pliocensko-pleistocenske naslage u Padskoj depresiji hrvatskog dijela Sjevernog Jadrana sadrže važna ležišta značajnih količina prirodnog plina, te su dobro istražene u prostoru više plinskih polja dubokim bušotinama, kao i nizom različitih metoda snimanja podzemlja, uglavnom refleksijskom seizmikom. Otkrivena su mnoga ležišta značajnih količina prirodnog plina iz kojih će proizvodnja potrajati još najmanje 20 godina. Ležišta plina su idući prema jugoistoku sve manja i manja, što je rezultat taloženja sve manje količine pijeska. Slijed pliocenskih i pleistocenskih sedimenata može debljinom doseći i 6000 m. Izdvojene su i imenovane formacije kao fundamentalni dijelovi litostratigrafske nomenklature prema propisima Sjevernoameričkog stratigrafskog kodeksa.

U Srednjem Jadranu istražena je paleodelta i prodelta rijeke Neretve koja se smatra rijekom s najvećom deltom na istočnoj obali Jadrana od ranog pliocena. Debljina pliocensko-pleistocenskih naslaga rijetko doseže 200 m. Ovi se talozi nalaze unutar Neretvanskog i Korčulanskog kanala. Također su istražene naslage na području gradnje Pelješkog mosta. Smatralo se da naslage ne dosežu bitnu debljinu za potencijalna ugljikovodična ležišta, no istraživanjem tih naslaga korištenjem različitih metoda pokazalo se da na nekim mjestima dosežu debljinu preko 100 metara. Stoga su u radu izdvojene tri inženjersko-geološke strukturne jedinice tog područja.

Glacijali i interglacijali imali su značajan utjecaj na paleogeografiju Jadrana. Tijekom pleistocenskih glacijala velika količina oceanske vode bila je zaleđena što je snizilo globalnu morsku razinu za oko 100 do 120 m u odnosu na današnju te su u tim prostorima nastupila okopnjavanja za vrijeme najjačih oledbi u mindelu i virmu. Zbog izrazitih utjecaja glacijala i interglacijala tijekom pliocena, pleistocena i holocena granice Jadranskog mora znatno su se mijenjale u prostoru, da bi tek nakon zadnjeg glacijala poprimile današnje granice.

Budući da je područje Padske depresije relativno dobro istraženo, nova velika otkrića više se ne očekuju. Međutim, postoje značajne rezerve u satelitskim poljima (poput polja Ana ili Vesna) te u tankim pjeskovito-siltnim slojevima debljine manje od 1 m iz kojih će se moći proizvoditi zbog razvoja novih tehnologija.

Hrvatski dio Srednjeg Jadrana vrlo je malo istražen pretežito zato što na istočnoj obali Jadrana ne postoje rijeke sa značajnim taložnim sistemima. Iz tog razloga je ugljikovodični potencijal pliocensko-pleistocenskih naslaga na tom području nizak. S obzirom na prijašnja istraživanja utjecaja glacijala i interglacijala na pomicanje obalnih granica, pretpostavlja se da talozi rijeke Neretve sežu do područja Šćedrovske i Hvarskog kanala, pa čak i do područja oko otoka Visa, gdje bi se mogle nalaziti naslage značajne debljine. Iz tog razloga postoji mogućnost da bi nova istraživanja mogla potvrditi ugljikovodični potencijal tih naslaga kao što je to dokazano u Padske depresiji gdje su ležišta biogena. Biogena ležišta plina nastaju raspadom organskog materijala pod utjecajem bakterija na malim dubinama, primjerice u Padske depresiji na dubinama od 500 do 1000 m, a glavni donositelj organskih tvari bila je rijeka Po. Da bi takva ležišta postojala, potreban je velik i dugotrajan izvor organske tvari i bakterija koje će ju razgrađivati. Na istočnoj strani Jadrana ne postoje rijeke koje su mogle donijeti veliku količinu organskog materijala kroz dugi period vremena, stoga su pronalasci novih ležišta u pliocensko-pleistocenskim naslagama u hrvatskom dijelu Jadrana malo vjerojatni.

7. LITERATURA

1. BALIĆ, D. & MALVIĆ T. (2013) Pliocene–Quaternary stratigraphy and sedimentation at the Neretva River Mouth, on the Croatian Adriatic Coast. *Geological Quarterly*, 57, 2, 233-242.
2. BULJAN, R., POLLAK, D. & GULAM, V. (2012) Engineering properties of marine sediments in Mali Ston Bay (Croatia) based on “Mainland-Pelješac” bridge investigations. *Geologia Croatica*, 65, 2, 233-242.
3. CATTANEO, A., CORREGGIARI A., LANGONE L. & TRINCARDI F. (2003) The late-Holocene Gargano subaqueous delta, Adriatic shelf: sediment pathways and supply fluctuations. *Marine Geology*, 193, 61–91.
4. CITA, M. B. & RYAN, W. B. F. (1972) The Pliocene Record in deep sea Mediterranean sediments. Times-scale and general synthesis, Initial Reports DSDP, Washington.
5. COLANTONI, P., GALLIGNANI, P. & LENZA, R. (1979) Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic continental shelf (Italy). *Marine Geology*, 33, M41-M50.
6. CORREGGIARI, A., ROVERI M., TRINCARDI, F.(1996) Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Sea. *Quaternario*, 9, 2 , 697-704.
7. DONN, W.L., FARRAND, W.R. & EWING, M. (1962) Pleistocene Ice Volumes and Sea-Level Lowering. *Journal of Geology*, 70, 2, 206-214.
8. ĐUREKOVIĆ, M., KRAPAN, M., PONTIGGIA, M., RUVO, L., SAVINO, R. & VOLPI, B. (1998) Geological modelling and petrophysical characterisation of turbiditic reservoirs of the Ivana gas field – R. Croatia. *Nafta*, 49, 7-8, 241-258.
9. FAIRBANKS, F.G. (1989) A 17 000 years glacio-eustatic sea level record: influence on glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, 342, 637-642.
10. FRIGNANI, M. & LANGONE, L. (1991) Accumulation rates and ¹³⁷Cs distribution in sediments of the Po River delta and the Emilia-Romagna coast (north western Adriatic Sea, Italy). *Continental Shelf Research*, 11, 525–542.

11. GHIELMI, M., MINERVINI, M., NINI, C., ROGLEDI, S., ROSSI, M. & VIGNOLO, A. (2009) Sedimentary and Tectonic Evolution in the Eastern Po Plain and Northern Adriatic Sea Area from Messinian to Middle Pleistocene (Italy). *Rendiconti Lincei*, 21, 1, 131-166.
12. KALAC, K. (2008) Biostratigrafsko-kronostratigrafska istraživanja pliocensko-pleistocenskih naslaga u podmorju Jadrana s posebnim osvrtom na klimatske promjene. Naftaplin, knjiga, 45/8, Zagreb.
13. KENNETT, J. P. (1977) Cenozoic evolution of Antarctic glaciation, the circum-Antarctic Ocean, and their impact on global paleoceanography. *Journal of Geophysical Research: Ocean and Atmospheres*, 82, 27, 3842-3860.
14. KRANJEC, V. (1990) Neke promjene ocrta dubinskogeoloških struktura i njihovo naftnogeološko značenje u Savsko-dravskom području i podmorju Jadrana. *Rad JAZU*, knjiga 449, 195-225.
15. MALVIĆ, T., ĐUREKOVIĆ, M., ŠIKONJA, Ž., ČOGELJA, Z., ILIJAŠ, T., KRULJAC, I. (2011) Istraživačke i proizvodne aktivnosti u Sjevernom Jadranu (Hrvatska) kao primjer uspješnog zajedničkog ulaganja Ine (Hrvatska) i ENI-ja (Italija). *Nafta*, 62, 9-10, 287-296.
16. MILLIMAN, J. D. & SYVITSKI, J. P. M. (1992) Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *Journal of Geology*, 100, 525-544.
17. MUTTONI, G., CARCANO, C., GARZANTI, E., GHIELMI, M., PICCIN, A., PINI, R., ROGLEDI, S., SCIUNNACH, D. (2003) Onset of major Pleistocene glaciations in the Alps. *Geology*, 01/2003; 31, 11.
18. NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE (2005) North American Stratigraphic Code, *AAPG Bulletin*, 89, 11, 1567-1570.
19. PAVELIĆ, D. (2005) Stratigrafska determinacija naslaga jadranskog podmorja u okolici Pelješa. *Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb. Neobjavljeni izvještaj*, 13-477, 1-60, 05.
20. PRELOGOVIĆ, E. & KRANJEC, V. (1983) Geološki razvitak područja Jadranskog mora. *Pomorski zbornik*, 21, 387-405.

21. RIO, D., CHANNEL, J. E. T., BERTOLDI, R., POLI, M. S., VERGERIO, P. R., RAFFI, I., SPROVIERI, R. & THUNELL, R. C. (1997) Pliocene sapropels in the northern Adriatic area: Chronology and paleoenvironmental significance. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*, 135, 1-25.
22. SORGENTE, D. (1999) Studio della sedimentazione attuale e recente nel medio Adriatico attraverso l'uso di traccianti radioattivi. Dissertation, University of Bologna.
23. STANLEY, D.I. (1995) A global sea level curve for the late Quaternary: the impossible dream? *Marine Geology*, 125, 1-6.
24. THUNEL, M. (1971) Građa tercijarnog bazena u sjeveroistočnom dijelu Jadranskog mora. *Nafta*, 22, 4-5, 275-434.
25. VELIĆ, J. (2007) Geologija ležišta nafte i plina, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
26. VELIĆ, J., KLJAJO, D. VELIĆ, I. (2011) Sedimentary bodies, forms and occurrences in the Tudorevo and Mirovo glacial deposits of northern Velebit (Croatia). *Geologia Croatica*, 64, 1, 1-16.
27. VELIĆ J. & MALVIĆ T. (2011) Depositional conditions during Pliocene and Pleistocene in Northern Adriatic and possible lithostratigraphic division of these rocks / Taložni uvjeti tijekom pliocena i pleistocena u Sjevernom Jadranu te moguća litostratigrafska raščlamba nastalih stijena. *Nafta*, 62, 1-2, 25-38.
28. ZELIĆ, M., MLINARIĆ, Ž. & JELIĆ-BALTA, J. (1999) Croatian Northern Adriatic Ivana gas field ready for development (Reservoir characteristics and gas inflow conditions into the well). *Nafta*, 50, 19-37.

WEB LITERATURA:

1. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Adriatic_Sea_Bathymetry.svg

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno na temelju znanja stečenih na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu služeći se navedenom literaturom.

Marko Vekić
