

# Ležišni potencijal Proksimal talusa peri-adriatskih platformi (1. dio)

S. Grandić, I. Kratković, D. Balić

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

Ovaj rad predstavlja nastavak studije o periplatformnim klastitima (proksimal talus) i njihovom naftogeološkom značaju.<sup>18</sup> Učinjena je i sinteza pojedinačnih doprinosa naših i talijanskih kolega. Interpretaciju 12 seizmičkih profila kroz padinu dinaridske karbonatne platforme ispred koje su se stvarali proksimalni klastiti učinio je Ivan Krataković a preliminarnu interpretaciju profila 3D 1120 obavio je Davorin Balić. Podaci o sazrijevanju potencijalno matičnih stijena preuzeti su iz rada Slobodana Kolbaha. Porozitet i permeabilnost potencijalno ležišnih nabušenih jezgri pripremio je dr. Vladimir Veseli, dok je proračun mogućih pridobivih rezervi obradio Igor Rusan te se ovaj rad može smatrati rezultatom timske suradnje. Ljubaznošću Prof. Paula Scandone i Ette Patacca s univerziteta u Pisi, Luca Aleotti iz ENI -a, te Ane Del Ben s univerziteta u Trstu, dobiveno je niz podataka koji su omogućili usporedbu hrvatskih i analognih geoloških modela s talijanskim naftnim poljima duž istočne obale Jadrana. Luca Aleotti i Ana Del Ben održali su 13. 04. 2005. predavanje u organizaciji HAZU o perspektivnosti periplatformnih klastita (proksimal talusa). Na žalost zbog povjerljivosti nisu bili dobiveni podaci o poroznosti i permeabilnosti za nekoliko talijanskih lokaliteta s razvojem proksimalnih klastita.

U ranijim člancima u više je navrata istaknuto da je zona 'proksimal talusa', (Proximal Thalusa), koja se proteže duž cijele padine Dinaridske karbonatne platforme, naša najveća istražna jedinica u peri-jadranskom prostoru. Njena dužina od približno 550 km kao i blizina Palagruža depocentara, odnosno potencijalnih središta i generiranja ugljikovodika (expulsion centers) iz potencijalnih matičnih stijena tip Vlasta-1, potvrđuje nedvojbenu potencijal zone proksimal talusa. Prema dijagramu sazrijevanja (Maturity Diagram) JJ-A slici 28 kod Palagruža depocentra, pripremljenog od S. Kolbaha, navedene su naslage spuštene ispod 10 000 m što se može smatrati dovoljnim za sazrijevanje euksinskih naslaga s organskim sadržajem preko 4%, koje su utvrđene na bušotini Vlasta-1 u kojoj je na dubini 5 402 m otkriveno je nafta u karničkim naslagama debljine 430 m.

Vrlo značajna naftno-geološka odlika cijelog razmatranog peri-jadranskog područja je prekrivenost proksimal talusa s naslagama paleogenog fliša i post-mesinijskim klastitima značajne debljine.

Posebna pozitivna značajka je inter-fragmentarni porozitet i permeabilnost talusa, koja je prikazana na mikroskopskoj fotografiji jezgre s IM-3. Na slici 10 istaknuta je plavičastom bojom mogućnost otkrića komercijalnih količina ugljikovodika u Vanjskim Dinaridima i Jadranskom bazenu.<sup>18</sup>

Važno je također istaknuti vrijeme potencijalne migracije, koje treba povezivati s glavnim strukturno-sedimentološkim događajima u razmatranom prostoru kao što su tektonski pokreti: kasno kimerijski u gornjoj juri, austrijski u donjoj kredi, pirinejski tijekom eocena, savski početkom neogena kada su formirane Alpe i Dinaridi i tijekom pliocena i pleistocena. Impulse migracije pratila su također i vrlo mlada halokinetska izdizanja. Glavna migracija najvjerojatnije je uslijedila, prema Northern Petroleum Co., nakon srednjeg -gornjeg miocena i post-pliocena.

*Cljučne riječi:* Proksimal talus, centri generiranja i migracije ugljikovodika

## 1. UVOD

Potrebno je još jednom naglasiti da zona proksimal talusa dinaridske karbonatne platforme u jadranskom podmorju predstavlja našu najveću istražnu jedinicu koja se proteže od Savudrije u Istri do Oštrog Rta, na ulazu u Bokokotorski zaljev u dužini 550 km, slika 1.

Crveno uokvireni brojevi označuju hrvatske lokalitete razmatrane u prethodnim člancima znanstveno stručnog časopisa NAFTA a plavo su označeni talijanski lokaliteti.<sup>19</sup> Zona proksimal platformskog talusa JZ od bušotine Mirjana-1 ima širinu 9 400 m i maksimalnu debljinu 1 750 m s mogućim rezervama koje prema I. Rusan-u iznose do 13 365 439 m<sup>3</sup>. Jedan od ključnih podataka za ocjenu naftno-geološkog potencijala je zona proksimal talusa tj. porozitet i permeabilnost ovih naslaga. Sada postoji u proksimal talusu samo jedan takav podatak koji se odnosi na bušotinu IM-3 gdje je

laboratorijski ispitana jezgra bušotine, što je dalo rezultat od 14% za porozitet i s dobrom permeabilnosti od 845 x10<sup>-3</sup>μm<sup>2</sup>. Međutim, potrebno je naglasiti da je proksimal talus na bušotini IM-3 ispitana samo na apikalnom djelu gdje ove naslage gotovo u potpunosti isključuju. Kako unutar spomenute zone nije izbušena niti jedna druga bušotina, ovaj podatak prihvaćen je kao referentni. U postupku je traženje od talijanske kompanije ENI da nam ustupi neki od objavljenih podataka o permeabilnosti i porozitetu. Podatke o kolektorskim svojstvima proksimal talusa (periplatformnih klastita) očekujemo i od A. Delben s univerziteta u Trstu.

Na prikazanim 2D seizmičkim profilima i jednom 3D profilu 1120, učinjena je procjena mogućih pridobivih maksimalnih rezervi od 457,68 milijuna m<sup>3</sup> s vjerojatnošću od 14,5% (Sl. 38), što je predloženo na međunarodnoj stručnoj konferenciji u Šibeniku 2010.

Prikaz je učinio stručnjak INA-e Igor Rusan. Ove vrijednosti biti će vjerojatno izmijenjene nakon snimanja dodatnih seizmičkih profila.

## 2. KONCEPCIJA NAFTNO-GEOLOŠKOG ISTRAŽIVANJA PROKSIMAL TALUSA NA PADINI DINARIDSKE KARBONATNE PATFORME

Budući da ranija 'antiformna' koncepcija istraživanja nije dala pozitivne rezultate odnosno nije doprinijela otkriću komercijalnog ležišta nafte kao u talijanskom dijelu jadranskog podmorja i priobalja, razmatra se mogućnost naftno-geološkog istraživanja na osnovi drugačijeg istražnog pristupa. Na temelju proučavanja dosadašnjih stratigrafsko-strukturnih rezultata istraživanja može se doći do konstatacije da bi 'talusna' koncepcija bila znatno primjerenija. Na ovaj zaključak navodi naročito korelacija podataka bušotina Maja-1 i Jelena-1 u našem podmorju, s bušotinom Elsa-1 na talijanskoj strani. Iz navedene korelacije nedvojbeno proizlazi da se je talijanska strana Jadranskog bazena nalazila u intenzivnijoj subsidenciji dok je hrvatska strana bila podložna izdizanju i emerzijama, koje su pridonijele dubokom razaranju vrhova karbonatnih struktura ali najvjerojatnije i mogućih ležišta ugljikovodika. Na Sl.4. ističe se na bušotini Jelena-1 jaka diskordanca i hijatus u krovini g. lijskih pelagičkih vapnenaca. U usporedbi s Elsa -1 nedostaju eocenski dodogerski slojevi u debljini većoj od 1 300 m, što odgovara vremenskom intervalu od 160 milijuna godina.

Jl od bušotine Maja-1 izdvojeni su prospekti 'Janica' i 'Julka', na kojima je vjerojatno postojao hijatus u gornjoj kredi, kao što je to slučaj na bušotini Maja-1, gdje je najvjerojatnije došlo do pretaložavanja gornje krednih naslaga u Jadranski bazen. Istovremeno je došlo i do vjerojatnog razaranja akumulacije ugljikovodika.

Naznačene su bušotine Kate-1, Melita-1 i JJ-3 do kojih je prodiranjem (breaching) dospjela nafta s pretpostavkom da je glavna količina akumulacije sadržana u poroznim klastitima proksimal talusa. Pojave nafte na ovim bušotinama smatrane su potvrdom postojanja većih akumulacija ugljikovodika u zoni proksimal talusa. Pretpostavljeno je njihovo prodiranje kroz sistem poprečnih rasjeda u unutrašnjost rubnih dijelova karbonatne platforme Dinarida.

Navedene okolnosti ilustrirane na Sl.4. potaknule su traženje novih riješenja odnosno definiranje tzv. 'talusne' koncepcije, čije su osnovne značajke ilustrirane na 'konceptijskom modelu' na Sl. 4. Jedna od bitnih značajki koncepcije je da je hijatus i erodiranje karbonatnih naslaga u razdoblju emerzije, naročito tijekom eocena i gornje krede, kompenzirano resedimentacijom spomenutih naslaga u proksimalni talus kao efikasne rezervoar stijene vrlo velikog obujma. Kako je to navedeno u sažetku akumulacija ugljikovodika u proksimal talusu se je odvijala na sljedeći način:

1. Generiranje ugljikovodika iz matičnih stijena gornjotrijaskih naslaga tipa Vlasta-1 odvijalo se je u dubokim depo centrima Jadranskog bazena (plava boja).

2. Na temelju rezultata seizmičke interpretacije M. Šušterčić 1984., JZ od otoka Lastovo i Mljeta spuštanje krovine gornjotrijaskih naslaga odnosno 'E' horizonta, doseglo je od 5,2 do 5,5 sek. dvostrukog seizmičkog vremena odnosno preko 10 km što bi uz razmjerno niski geotermički gradijent trebalo biti dovoljno za sazrijevanje gornjotrijaskih euksinskih šejlova.
3. Migracija se odvijala do plohe 'regionalnog periplatformnog rasjeda Dinarida kao efikasnog ekrana' Sl.6. Samo na mjestima poprečnih rasjeda ugljikovodici su mogli prodirati dublje u rubne dijelove platforme, kao što je to predviđeno na Kate-1, Vlasta-1 i JJ -3 ili Melita-1.
4. Spomenute pojave na Kate-1, Vlasta-1 i JJ-3 smatraju se dokazom da je u obližnjoj zoni proksimal talusa obavljena glavna akumulacija ugljikovodika.
5. Sukladno navedenom, predloženi su prospekti-lidovi u spomenutoj talusnoj zoni tj. u oblasti otkrića nafte na spomenutim bušotinama Kate-1, Vlasta.1 i JJ-3.

## 3. SEDIMENTACIJSKI TIPOVI PROKSIMAL TALUSA

Najčešći sedimentacijski tip proksimal talusa najvjerojatnije izgrađuju padinske breče beničanskog tipa nastale trošenjem ruba karbonatne platforme.

Prikazana je slika 'beničanskih breča' iz rada našeg sedimentologa J. Tišljara. Iako se radi o brečama na padini miocenske karbonatne platforme u Panonskom bazenu, ovaj model ukazuje na istovjetne sedimentološke uvjete. Pretpostavljeno je da su periplatformni klastiti odnosno proksimal talus nastali na padini Dinaridske karbonatne platforme najvjerojatnije istovjetnog 'inter fragmentarnog' habitusa i moguće iste propusnosti kao i spomenute beničanske breče koje je u svojem radu opisao J. Tišljara.

U slučaju postojanja navedene analogije peri-platformni klastiti predstavljali bi po svojoj veličini i ukupnom poroznom volumenu prvorazredni naftno-geološki potencijal. U svakom slučaju opravdano je zaključiti da ovu zonu treba ispitati istražnim bušenjem. Za nadati se je da spomenuto ispitivanje neće uslijediti tek za 25 godina, koliko je proteklo od posljednjeg bušenja na Dubravka-more-1.

Kako je ilustrirano na Sl.13. proksimal talus gotovo potpuno isklinjava. Međutim zbog činjenice da osim moguće IM-2 nema niti jedne druge bušotine kojom je istražena zona proksimal talusa, spomenuti podatak s IM-3 prihvaćen je kao referentni za cijelu zonu od Savudrije do Oštrog Rta na ulazu u Bokokotorski zaljev.

## 4. PREGLED RASPROSTIRANJA PROKSIMAL TALUSA NA PADINAMA PERI-ADRATSKIH PLATFORMI

### 4.1. Sjeverni Jadran

U geološkom smislu Friuli platforma koja se prostire na zapadu do Belluno bazena čini SZ nastavak Istarske karbonatne platforme odnosno Dinaridske velike karbonatne platforme. Pregled započinje sa sjevernim djelom

jadranskog bazena odnosno dinaridske platforme. Ističe se halokinetski proboj blizu njenog ruba gdje je stvaran proksimal talus širine do 6 km, debljine do 1 000 m.

Ističu se bušotine na južnom rubu Friuli platforme koje su kao i Cesarolo-1 bile bez pojave nafte.

Bez talijanskih podataka s naftnih polja na zapadnoj strani jadranskog bazena, teško je donijeti zaključak o ležišnim svojstvima ove naše 550 km dugačke zone. U svakom slučaju moguće je opravdano pretpostaviti da ove naslage obzirom na veliku debljinu i širinu, kako je naprijed navedeno, čine nesumnjivo objekt kojeg bi trebalo ispitati istražnim bušenjem kako je to navedeno u 'preporukama' uz tekst ovog rada. Iz seizmičkih profila poprečnih na rub dinaridske karbonatne platforme moguće je neizravno zaključiti koliko je karbonatnih naslaga na rubu platforme abrazijom i erozijom resedimentirano. U navedenom smislu ističe se profil L-16-82 kroz bušotinu Maja-1 na kojem se jasno zapaža da su trošenjem gotovo u cijelosti resedimentirane karbonatne naslage gornje krede odnosno najvjerojatnije rudistni vapnenci.

Budući da nema referentnih podataka moguće je zaključiti da periplatformni klastiti mogu kao i beničanske breče doseći permeabilnost od 1 D što je vrlo velika vrijednost. Analogija s beničanskim brečama proizlazi iz činjenice da su i one nastale na rubu karbonatne platforme.<sup>18</sup> Rezultati bušenja na Kate-1 potvrđuju snažnu ekspulziju i kretanje ugljikovodika koja omogućuje prodiranje nafte u interkristalini prostor kao što je prikazano na Sl. 8.

U ovom području jadranskog bazena izrađena je bušotina AMANDA -1 BIS. Na dubini od 2 551 - 2 640 m u gornjoj kredi (Socher Fm.) nabušeni su klastiti koji indiciraju na razaranje obližnjeg ruba -padine istarske platforme. Ovaj podatak može se smatrati najsjevernijim dokazom stvaranja 'proksimalnih klastita' na rubu Jadranskog bazena. Ležišne karakteristike ovih naslaga mogu se usporediti s klastitima IM-3 na kojima su mjereni porozitet i permeabilnost.

Kao vrlo važan tip potencijalnih sedimenata stvaranih na rubu karbonatne platforme su 'beničanske breče' kao potvrđeni tip vrlo dobrih rezervoar stijena s propusnošću do  $1\ 000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  (1 D). Ovakova popustnost prognozirana je u zoni 'proksimal talusa' na zapadnoj padni dinaridske karbonatne platforme.

#### 4.2. Srednji Jadran

Povoljno mjesto za moguću akumulaciju ugljikovodika je pozicija na profilu KV-106-83 gdje su formirane moguće stratigrafsko-strukturne zamke s potencijalnom migracijom iz matičnih naslaga što je označeno na slici Sl.14. Migracija je najvjerojatnije bila subvertikalnog tipa potaknuta sinsedimentacionim rasjedima koji su zahvatili 'vk' facijes u kojemu je na bušotini Vlasta-1 utvrđena nafta. Na bušotini Istra More-1 na dubini od 3 500 m utvrđene su breče i slojevi s roznjacima ispod diskordance u krovini gornjeg senona što najvjerojatnije odgovara ranijoj fazi stvaranja platformske padine i proksimal talusa na rubu Dinaridske karbonatne platforme.

## 5. PROKSIMAL TALUS JZ OD BUŠOTINE KATE-1

Na SZ od bušotine Kate-1 smješten je seizmički profil koji presijeca padinu dinaridske platforme sa zonom proksimal talusa. Bušotinu a J-13 i predstavlja primjer razvoja talusa u Srednjem Jadranu. Pri dnu bušotine J-13 tj. na 4 625 m utvrđena je uz H<sub>2</sub>S pojava teške nafte. Intenzivne pojave tragova nafte na bušotini Kate-1 može se smatrati također jasnim znakom postajanja depocentara s matičnim stijenama u središnjem dijelu jadranskog bazena iz kojeg je bila moguća migracija ugljikovodika. Dokaz ove migracije utvrđen je na jezgrama bušotine Kate-1. Nafta je prodirala i u guste dolomitske vapnence. Ove pojave utvrđene su u cijelom intervalu u razlomljenim karbonatnim stijenama od gornjeg eocena do donje krede tj. od 2 000 m do 5 800 m. Nije međutim riješeno dali spomenuta pojava ugljikovodika potječe samo od krednih ili možda i od gornje trijaskih naslaga nađenih i na bušotini Vlasta-1. Ove pojave potvrđuju pretpostavku da u središnjem djelu jadranskog bazena postoje centri mogućeg generiranja ugljikovodika.

## 6. PROKSIMAL TALUS NA PADINI PLATFORME KOD OTOKA JABUKA

Proksimal talus nastao je na rubu i padini Dinaridske platforme u blizini Šolta depocentra kao mogućeg izvora za migraciju ugljikovodika u klastite talusa. Potencijalno matične stijene Šolta centra, nalaze se na dubini preko 10 km što je dovoljno za njihovo sazrijevanje bez obzira na relativno nizak geotermički gradijent ovog područja.

Prikazan je razvoj proksimal talusa uz dijapir otoka Jabuka, odnosno uz zapadni rub Dinaridske platforme. Na spomenutoj poziciji pretpostavlja se razvoj uzlaznih klino formi kao pogodnih zamki za migraciju ugljikovodika. Bušotina Jelena-1 dosegla je horizont g. lijasa (Rossoammonitico 'ar' Sl.4).

### Južno Jadranski bazen

## 7. PADINA DINARIDSKE PLATFORME KOD PALAGRUŽA DIJAPIRA

Padina dinaridske platforme kod Palagruža dijapira vezana je na razmjerno uski pojas prikazan na Sl.7 kao 'Dinaridska padina'. Kao i u slučaju KM-1 primjećuje se bliski odnos s dijapirizmom uz 'Lineament Središnje jadranskog bazena'.

Pema rezultatima bušenja na Vlasta-1, koja se nalazi 28 km SI od otoka Palagruža, prikazani 'E' horizont čini krovinu gornjotrijaskih naslaga u kojima je na spomenutoj bušotini utvrđena pojava nafte. Iz navedenog razloga moguće je i na ovom geološkom modelu očekivati akumulaciju ugljikovodika ekonomskog značaja. Ovaj model može se smatrati analognim modelom halokinetske 'cvjetne' strukture otočja Tremiti, kako je to prikazano u radu 'Crustal tectonic-Staratigraphic Setting of the Adriatic Sea' na dubokom seizmičkom profilu CROP M-13, 1986. (Sl. 21).

Podaci s bušotine Vlasta-1 važni su za prognozu moguće migracije ugljikovodika u zonu proksimal talusa iz Palagruža dubokih depocentara.

## 8. PROSPEKT U PODMORJU OTOCI LASTOVČIĆI KOJI IMA ZA CILJ ISTRAŽIVANJE KARNIČKIH ŠEJLOVA

Spomenuto uzvišenje nalazi se oko 80 km JI od grada Pescara. Prikazane su i druge formacije Jadranskog bazena. Plavi horizont predstavlja krovinu lijaskih šelfnih vapnenaca nakon kojih slijede mlađe mezozojske pelagičke naslage i tercijarni klastiti. Radi se o geološkoj epizodi stvaranja Jadranskog pelagičnog i kasnije tercijarno klastičnog bazena.<sup>26</sup>

\*\*\*\*\* Kraj 1. dijela \*\*\*\*\*



Autori:

**Sanjin Grandić**, Umirovljeni diplomirani inženjer geologije.  
Viktora Kovačića 14, 10010. Zagreb, Croatia.  
E-mail: sanjin.grandic@gmail.com

**Ivan Kratković**, INA d.d., Zagreb, SD Naftaplin

**Davorin Balić**, dipl. ing.

550.8            geološka istraživanja, migracije ugljikovodika  
553.982        ležišta nafte i plina, potencijali  
(45)            R. Italija  
(497.5)        R. Hrvatska (Dinaridi, Jadran)