

# Povratak Dinaridima: nova strukturna koncepcija

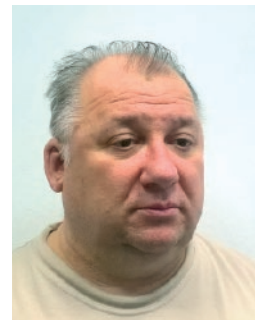
## Return to the Dinarides: New Structural Concept

**Davorin Balić, dipl. ing. geol**  
INA-Industrija nafte d.d.  
davorin.balic@ina.hr

**dr. sc. Goran Mikša**  
INA-Industrija nafte d.d.  
goran.miksa@ina.hr

**dr. sc. Tamara Troškot-Čorbić**  
INA-Industrija nafte d.d.  
tamara.troskot-corbic@ina.hr

**Damir Takač, dipl.ing.geol.**  
INA-Industrija nafte d.d.  
damir.takac@ina.hr



**Ključne riječi:** istražni prostor Dinaridi-14, nova strukturna koncepcija, rotacijski blokovi, raspad „Lapačke“ antiklinale, najbolje matične stijene, Lemeški facijes, geoelektrički facijes kategorije IV, zamke u podnavlačnom sustavu

**Key words:** exploration area Dinarides-14, a new structural concept, rotation blocks, disintegration of the „Lapac“ anticline, the best source rocks, „Lemeš“ facies, geoelectric facies of the category IV, sub-thrust system traps

### Sažetak

Oduvijek su Dinaridi privlačili pozornost na sebe, ne samo zbog njihovih prirodnih ljepota, već i zbog ekonomskog iskorištavanja prirodnih resursa. INA d.d. već preko 50 godina provodi istražne aktivnosti u kopnenom dijelu Dinarida. Iako brojni površinski pokazatelji ukazuju na postojanje aktivnog naftnog sustava, kompleksna geološka građa Dinarida otežava jednostavan, lagan i jeftin istraživački pristup. Novija svjetska iskustva s potvrdom ekonomskih rezervi ugljikovodika i u vrlo složenim borano-navlačnim pojasevima daju novi poticaj u reaktivaciji istraživanja dinaridskog prostora. S obzirom da se niti jedna dosadašnja lokalna strukturno-tektonska koncepcija

nije uspjela nametnuti kao primarna, tijekom preliminarnih istraživanja 2020. godine razvijena je nova koncepcija rotacijskih blokova nastalih dezintegracijom nekadašnje „Lapačke“ antiklinale. Dezintegracija je uzrokovana reaktivacijom Unskog rasjeda od oligo-miocena do danas. Kretanje rotacijskih blokova potpomognuto je permo-trijaskim evaporitima, koji osim što su klizne plohe, mogu biti i pokrovne stijene. Zamke formirane u podnavlačnim sustavima mogu sadržavati ugljikovodike migrirane prvenstveno iz gornjojurskog lemeškog facijesa, najboljih matičnih stijena šireg područja Dinarida. Ovakvo geološko okruženje usmjerava istražne aktivnosti ka multidisciplinarnom integralnom pristupu kao temelju suvremenog istraživanja ugljikovodika.

### Abstract

For a long time the Dinarides drew attention to themselves not just because of natural beauty but the exploiting natural resources as well. More than 50 years INA d.d. has been conducting hydrocarbon exploration activities. Although numerous surface indicators (oil seeps) indicate active petroleum system, complex geological setting does not allow simple, easy and cheap exploration approach. Modern world experiences has

confirmed economic HC reserves in highly deformed terrains of the fold-thrust belts such as the Dinarides. That fact was the trigger for final return to exploration activities in Dinarides. Given that no previous local structural-tectonic concept has succeeded in imposing itself as a primary, during preliminary exploration work in 2020, a new concept of the rotation blocks formed by disintegration of the former „Lapac“ anticline has been developed. Disintegration was initiated by reactivation of Una fault during the Oligo-Mocene time. The moving of the rotation blocks is supported by Perm-Triassic evaporate beds that act as sliding surface and seal as well. Sub-thrust system traps could be charged by the hydrocarbons in the first place originated from the best source rocks of Upper Jurassic „Lemeš“ facies, the best source rocks in Dinarides. Such geological setting has focused exploration activities with an integrated approach as the basis of modern hydrocarbon exploration.

## 1. Uvod

U proteklih 30-tak godina u istraživanje Dinarida u zaobalju ulagalo se vrlo malo. Nije izbušena niti jedna istražna bušotina, a posljednja geofizička mjerenja provedena su 1997. i to više zbog istraživanja pitke vode nego nafte. Osim toga, odlični rezultati istraživanja ugljikovodika na istražnom bloku Hayan u Siriji početkom milenija skrenula su fokus istraživanja s Jadrana i Dinarida prema Srednjem istoku. No, interes za Dinaride nije prestao. INA je istraživala u Albaniji, u područjima vrlo sličnim Dinaridima u Hrvatskoj. Premda bez pozitivnog rezultata, stekla su se vrlo korisna iskustva, kako u geološkom, tako i u bušačkom dijelu istražnih aktivnosti. Ali otkrića ugljikovodika drugih kompanija u Albaniji potvrdilo je ideju da se u vrlo kompleksnim geološkim uvjetima, kao što je borano-navlačni pojas Albanida i Dinarida, mogu naći ekonomske količine ugljikovodika. Ta činjenica dala je novi poticaj te se INA d.d. 2020. vratila istraživanju odabranog dijela Dinarida. Vlada Republike Hrvatske raspisala je natječaj za istražne prostore na kopnenom dijelu Hrvatske tijekom 2019. Od 4 ponuđena istražna prostora, INA d.d. je odabrala istražni prostor Dinardi-14 (DI-14).

## 2. Povijest istraživanja Dinarida

U gotovo cijelim Dinaridima postoje izdanci ugljikovodika, kao cjedine asfalta ili bitumena ili kao integralni dio stijene. Već decenijama traju istraživanja na kopnu,

angažirani su domaći i strani konzultanti, izbušeno je i 17 bušotina, ali do sada nije nađen niti jedan dokaz o postojanju naftnog ili plinskog ležišta. Utvrđene pojave ugljikovodika nedvojbeno ukazuju na postojanje naftnih sustava. No, treba uzeti u obzir i činjenicu da je prostor Dinarida relativno površinski velik, topografski vrlo razveden i izuzetno kompleksne geološke građe. Istraživanje takvog prostora zahtijeva velika financijska sredstva, pa je i to jedan od razloga malog broja istražnih bušotina u velikom vremenskom razdoblju.

Do sada su se istraživanja ugljikovodika uglavnom odnosila na istraživanje Panonskog bazena na sjeveroistoku i Jadranskog bazena na jugozapadu. No, središnji prostor koji povezuje ova dva bazena je borano-navlačni pojas Dinarida koji je do danas ostao neistražen. U dosadašnjim aktivnostima istraživanja ovog dijela ne samo Hrvatske, već i Bosne i Hercegovine značajnija studijska istraživanja odnosila su se na svjetske trendove istraživanja „nepoznatih“ područja. Mnogo je objavljenih i neobjavljenih radova eminentnih domaćih i stranih znanstvenika i stručnjaka čija se mišljenja o strukturnom sklopu Dinarida vrlo razlikuju, a ponekad su i oprečna. Mnogi govore o strukturnom sklopu Dinarida kako na lokalnom tako i na regionalnom ili super-regionalnom planu. Od domaćih autora o razvoju, geološkoj građi, tektonizmu, ali i o strukturnim podjelama Dinarida s različitih diskursa gledanja govore Pamić i ostali (1998), Pamić i ostali (2002), Tari-Kovačić (2002), Velić i ostali (2002b), Vlahović i ostali (2006), Korbar (2009), Tomljenović i ostali (2013) kao i mnogi drugi autori objavljenih radova u domaćim i inozemnim publikacijama. O naftnom potencijalu i geokemijskim značajkama Dinarida govore Španić i ostali (1995), Barić i ostali (2001), Barić i ostali (2003), Grandić i ostali (2004). Većina objavljenih radova o naftno-matičnim stijenama dinaridskog područja je o stijenama kredne starosti, kao što su radovi Barić i ostali (1988), Gušić i ostali (1990), Jerinić i ostali (1994), Moldowan i ostali (1992). Kada je riječ o naftnom potencijalu zaobalja svakako treba izdvojiti doktorsku disertaciju Troskot-Čorbić (2011) koja detaljno raščlanjuje organske facijese u gornjojurskim naslagama Gorskog Kotara, Like i Dalmacije, odnosno gornjojurske tamne laminirane karbonate s najboljim matičnim karakteristikama duž cjelokupnog prostora Dinarida (Lemeš facijese). Upravo je ovaj rad polazišna točka u sagledavanju najboljeg ugljikovodičnog potencijala Dinarida.

Sustavna istraživanja Dinarida, posebno u naftnom smislu bila su intenzivnija u prošlom stoljeću.

Naftaplina, kao članica INA grupe i najveća regionalna naftna kompanija provodila je opsežna istraživanja, kako u terenskom smislu zajedno s kooperantima (Institut za geološka istraživanja, Industroprojekt Zagreb, a kasnije INA-Projekt, znanstvene institucije i mnogi drugi) tako i kabinetskom smislu što je u konačnici i rezultiralo istražnim bušenjem. Premda postoje neki tragovi ugljikovodika, do sada nije nađeno niti jedno komercijalno ležište.

U istraživanja Dinarida krajem 80-tih godina uključile su se i velike međunarodne kompanije kao što je američka naftna kompanija AMOCO ili engleska konzultantska kuća ECL koje su u suradnji s INA d.d.-om provele analizu i integraciju do tada dostupnih podataka seizmike, karotaže i biostratigrafsko-sedimentološko-petrografskih i geokemijskih analiza bušotinskih i površinskih uzoraka stijena. Brojna geološka i geokemijska izvješća interpretirana su u cilju utvrđivanja potencijalnih ležišnih, pokrovnih i matičnih stijena te strukturnih stilova i deformacija. Neminovno, zbog evolucije prostora, u istraživanjima, a posljedično i u radovima obuhvaćeni su područja Dinarida i Jadranskog bazena. U novije vrijeme, u periodu 2013-2014. godine globalna nafta kompanija Shell je iskazala interes za Dinaride, ali prvenstveno za Bosnu i Hercegovinu.

Istražna bušenja u Dinaridima počela su 1959.-1960. godine bušotinom Ravni Kotari-1, sjeveroistočno od Zadra koja je dosegla dubinu od 4535 metara. Tragovi nafte su nabušeni u mezozojskim karbonatima i anhidritima. Do 1981., kada je izbušena posljednja bušotina u kopnenom dijelu Dinarida Poljica-1 u Dinaridima je izbušeno 17 istražnih bušotina na kopnenom dijelu. Na otocima je izbušeno 9 bušotina u razdoblju od 1964. (Olib-1) do 1977. godine (Brač-1). Ukupno je izbušeno 69 300 m od kojih je oko 35 000 m u zaobalju, a samo oko 3400 m u strukturnom stilu istražnog bloka DI-14.

Bušenja su se provodila uglavnom na antiklinalama utvrđenih na površini i sve su završavale načelno u istoj antiklinali. Zamke u podnavlačnim sustavima zbog loše kvalitete i malog opsega seizmičkih podataka nisu se tada razmatrale premda su ideje o kliznoj plohi i tada postojale. No, procjena njene dubine bila je otežavajući faktor za točnije definiranje zamki ispod navlaka. S obzirom na mali broj bušotina i izbušenih metara u odnosu na veličinu istražnog prostora, Dinaridi se mogu smatrati neistraženim područjem, a posebno područje Like.

S obzirom na razdoblje istraživanja kopnenog dijela Dinarida vidljivo je da je najveći intenzitet istra-

živanja bušenjem bio tijekom 60-tih i 70-tih godina. Terenske prospekcije nastavljaju se i tijekom 80-tih i 90-tih godina da bi u 21. stoljeću gotovo prestala. Posljednja terenska prospekcija kao i studijski rad provedeni su tijekom 2018. kada je talijanska konzultantska kuća GEPlan izradila studiju za potrebe sagledavanja naftno-geološkog potencijala Vanjskih Dinarida i prepoznavanja strukturnih i taložnih okvira pogodnih za daljnje istraživanje. Cilj studije je prikupljanje, interpretacija, povezivanje svih podataka i jedinstvenu cjelinu kao i kritički osvrt na raspoložive podatke u zaobalju Dinarida na regionalnom planu.

S druge strane, istraživanje Dinarida u odobalju počinje 1966. kada je formirana prva istražna koncesija. Prva bušenja su počela 1970. s bušotinom Jadran-1 nakon čega su uslijedile geofizičke studije i dodatna istražna bušenja. Prvo veliko plinsko polje u Jadranu je polje Ivana otkriveno 1973. Nakon toga su uslijedila vrlo opsežna geofizička istraživanja u smislu snimanja velikog broja i kilometraže 2D seizmike, a kasnije i 3D seizmike, naročito u sjevernom dijelu Jadrana. Svi ti početni uspjesi istraživanja Jadrana skrenula su pozornost s kopna na more te se istraživanja na kopnu provode i dalje, ali u daleko manjoj mjeri i intenzitetu.

Generalno, plinske pojave, pojave bitumena, a ponegdje i tragovi nafte utvrđeni su u većini istražnih bušotina, prvenstveno onih u odobalju. Značajnije nekomercijalne indikacije odnosno pojave nafte, koje su i analizirane u cilju genetske korelacije, utvrđene su u bušotinama Ravni Kotari-3, Kate-1, Vlasta-1 i Melita-1. Najznačajnije pojave ugljikovodika u području Ravnih Kotara i Dugootočkog bazena povezane su s donjokrednim anhidritno-karbonatnim kompleksom, a u Vlasta-1 s trijaskim unutarplatformnim koritom. Na sjevernom dijelu Jadrana izbušeno je preko 50 bušotina s 22 plinska otkrića s godišnjom proizvodnjom od preko 1 milijarde kubnih metara plina (AZU).

I dok je suradnja s talijanskim kompanijama AGIP (ENI), a kasnije Edison poprimala oblike intenzivnog istraživanja sjevernog i srednjeg Jadrana, tijekom 80-tih godina prošlog stoljeća formirane su posebne poslovne jedinice s ciljem međunarodne suradnje stranih istražnih kompanija u cilju istraživanja Južnog Jadrana. U istraživanje se uključuju američke kompanije Chevron i Texaco te španjolski HispanOil. Izbušeno je 9 bušotina bez ekonomskog otkrića te se istraživanja južnog Jadrana prekidaju 1987. godine. Istraživanja na moru se ponovo otvaraju 2014. godine kada se raspisuje natječaj za istražne blokove u Jadranu, ali su ta istraživanja obustavljena (2016) kada

se proglašava moratorij na istraživanje ugljikovodika (nafte) u Jadranu.

### 3. Istražni prostor Dinaridi-14 (DI-14)

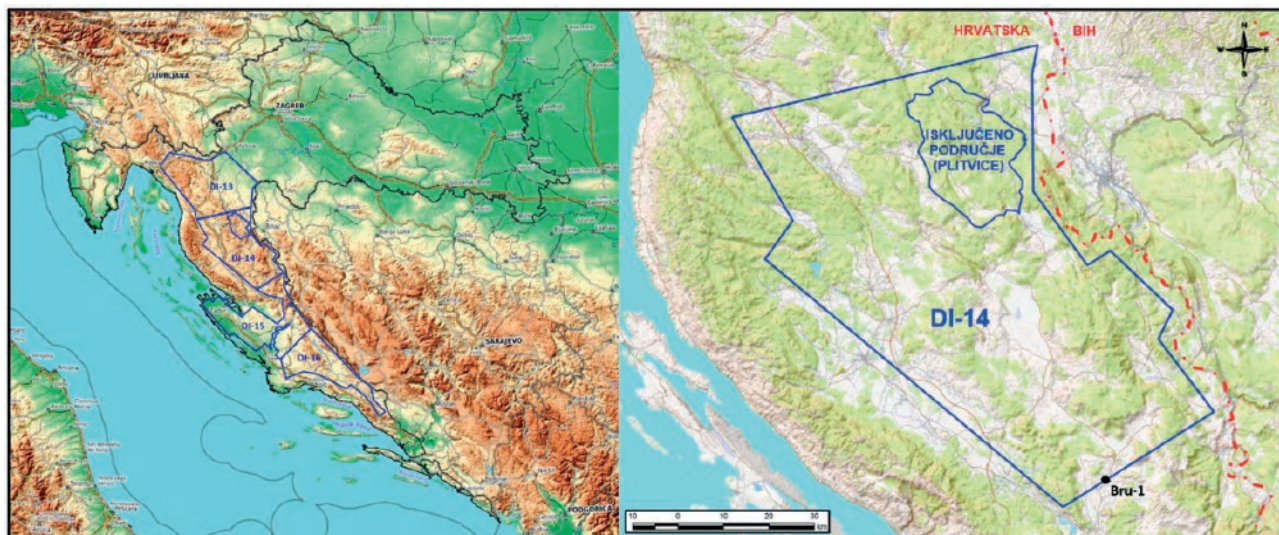
Istražni prostor Dinaridi-14 smješten je u središnjem dijelu hrvatskih Dinarida koji se protežu od sjeverozapadnog Kvarnera sve do jugoistočne Dalmacije. Obuhvaća područje okruženo planinama Velebitom na jugozapadu, Malom Kapelom na zapadu te Ličkom Plješivicom na istoku. Središnji dio bloka, nalazi se u području Like koja pripada krškoj visoravni i gorsko-kontinentalnoj regiji prosječne nadmorske visine oko 500-800 m, dužine oko 140 km i s prostranim poljima kao što su Gacko Polje, Ličko polje, Krbavsko Polje, Koreničko Polje, Lapačko Polje i Gračačko Polje (Slika 1). Blok DI-14 pokriva područje Ličko-senjske županije te djelomično Karlovačke i Zadarske županije. Prostor nacionalnog parka Plitvička jezera izdvojeno je iz bloka. Površina bloka iznosi 2698 km<sup>2</sup>.

Područje istražnog bloka DI-14 pripada makro geotektonskoj cjelini Vanjskih Dinarida, odnosno zoni Visokog krša (Korbar, 2009). Relativno obimna pisana građa opisuje geologiju Like kroz autorske radove, interne INA, d.d. studije, interne dokumente, objavljene i neobjavljene radove. Svi ti radovi uglavnom se odnose na površinsku geologiju što podrazumijeva da se projekcija geologije u dubinu temelji na vizijama i idejama pojedinih autora. No, vrlo je malo dubinskih podataka o građi i sastavu podzemlja. To je jedan od razloga zbog kojega se toliko razlikuju ideje i teorije o dubinskoj geološkoj građi Dinarida, a pogotovo područja Like. Terenska istraživanja su se

provodila gotovo konstantno tijekom proteklih 50-tak godina. No, prava dubinska istraživanja su ostala u drugom planu. Osim jedne bušotine izbušene na istražnom boku, snimljeno je nekoliko seizmičkih profila različitih generacija (1961, 1962, 1985, 1988 i 1997) te sveobuhvatno geoelektričko mjerenje 1986. godine.

Na samom jugoistočnom rubu bloka nalazi se bušotina Bruvno-1 (Bru-1) čiji je početak bušenja bio u svibnju 1963. godine i trajao do studenog 1965. Zbog tehničkih poteškoća izbušena su dva kanala. Struktura Bruvno je jedina velika antiklinale (rasjednuta) iskazana na geološkoj karti (slika 2). U samoj jezgri antiklinale na površini se nalaze karbonske naslage, ali većina antiklinale je trijaska dok su jurske naslage u potpunom okruženju na njenim krilima. Cilj bušenja bio je utvrditi strukturno-stratigrafski sklop i ležišna svojstva kvarcnih pješčenjaka starijeg paleozoika. Bušotina je u prvih 240 m izbušila karbonatne naslage srednjega trijasa, a zatim mlađeg paleozoika (karbon). Osim što nisu pronađeni ugljikovodici, nisu nabušene niti potencijalne ležišne stijene, a niti je bušotina dala potrebne odgovore na iznimno složen geološko-tektonsko-strukturni sklop ovog područja. Jedino je konstatirano zadebljanje paleozoika. Biostratigrafske analize nisu uspjele definirati točne stratigrafske priпадnost, te su se granice odredile karotažom.

U području bloka DI-14 snimljeno je ukupno 159 km 2D seizmike. Mreža seizmičkih profila je rijetka (Slika 3 gore), loše kvalitete i izvan pretpostavljene zone ugljikovodičnog potencijala. Kvaliteta, količina i dubinski zahvat raspoloživih seizmičkih profila nedostatni su za prepoznavanje i interpretaciju dubokih struktura za koje se pretpostavlja da se nalaze u dubini



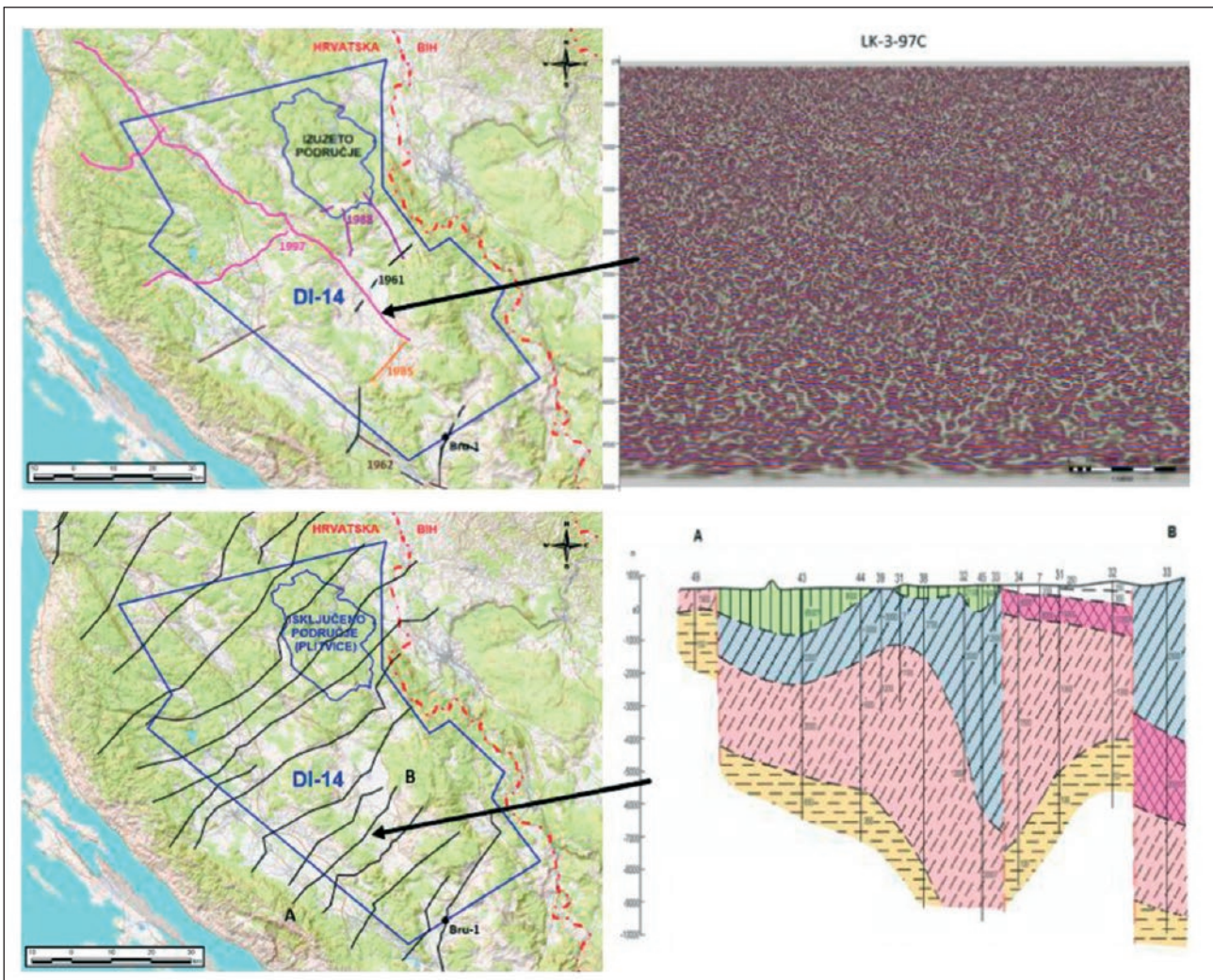
Slika 1. Položajna karta istražnog bloka DI-14



Slika 2. površinska lokacija istražne bušotine Bruvno-1 (Bru-1)

od 5 i više kilometara. Dio seizmičkih podataka mjeren je 60-tih godina prošlog stoljeća s vrlo rijetkom mrežom i tadašnjom tehnologijom koja ne zadovoljava zahtjeve teškog terena kao što je Lika. Profili snimljeni 80-tih godina su prekratki, a njihov smještaj i orijent-

tacija ne mogu prikazati podzemlje na zadovoljavajući način. Profili snimljeni 90-tih godina, uz relativno naprednu digitalnu tehnologiju položajno i kvantitativno ne zadovoljavaju niti minimalne uvjete potrebnih zahtjevima istraživanja ugljikovodika. Trase profila



Slika 3. Postojeće mreže geofizičkih podataka: mreža seizmičkih profila (gore); mreža geoelektričkih profila (dolje)

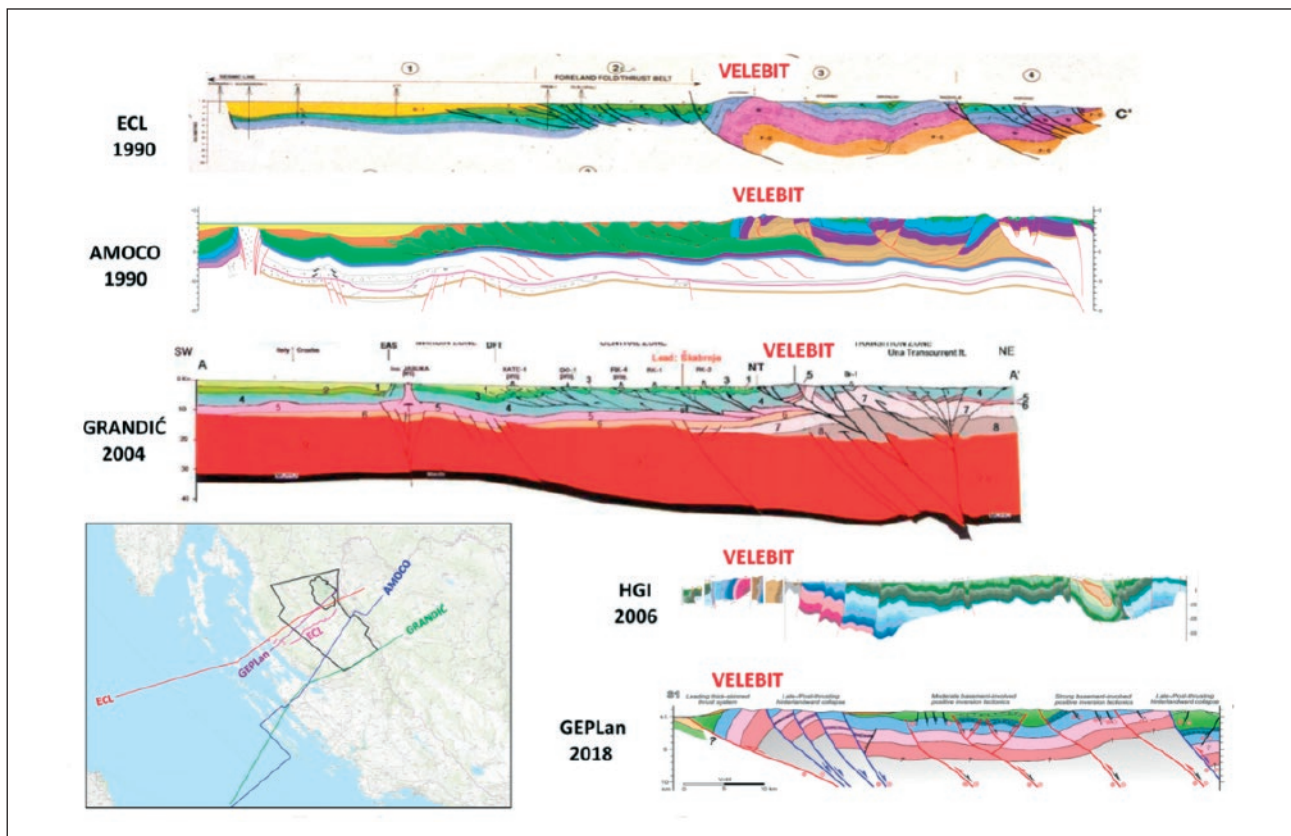
su prolazile poljima i cestama ili dolinama koje su uglavnom tektonskog porijekla (rasjedi, velike frakture i slično) te je i to razlog loše kvalitete podataka opterećenih smetnjama rastrošne zone. Kvaliteta snimanja i obrade je zadovoljavajuća za to vrijeme, ali zbog prilično jednolične građe mezozojskih karbonatnih stijena diskontinuiteti se jasno ne odražavaju. To je i glavni razlog vrlo različitim interpretacijama seizmičkih profila. Općenito govoreći, postojeći fond seizmičkih podataka je gotovo neupotrebljiv te je nužno snimiti novi set seizmičkih podataka koji će po svojoj gustoći i orijentaciji zadovoljiti kriterij istraživanja strukturnog sklopa područja Like.

Pokušaj utvrđivanja geologije podzemlja Like proveden je i s geoelektričkim mjerenjima i to u nekoliko navrata tijekom 60-tih i 70-tih godina. Najsustavnije mjerenje i interpretacija je provedeno 1986. godine. U konačnici, tijekom osamdesetih godina prošlog stoljeća snimljeno je ukupno 417 km geoelektričkih profila (Slika 3 dolje). Interpretacija tih profila indicira duboku podinu mezozojskih naslaga i potencijalnu zonu koja može predstavljati klizne plohe te mogućnost strukturiranja mezozojskih naslaga ispod navlaka. Geoelektrički podaci pokazuju podudaranje sa stratigrafskim jedinicama na površini i s pretpostavljenim stratigrafskim jedinicama u podzemlju temeljenim na

izdancima. Iako su se podaci pokazali korisnima u smislu geološko-strukturnog koncepta, za preciznije istražne radnje u smislu pronalaska ugljikovodika ovakva profiliranja nisu dovoljno precizna i pouzdana. Geoelektrički facijesi se odnose na elektro-vodljivost, tj. elektro-otpornost stijene ovisno o svojstvima, a ne starosti te se može govoriti samo o rasponima otpornosti unutar kojih se određene stijene nalaze. Stoga se granice elektro-facijesa nikako ne mogu poistovjetiti s geološkim granicama, pa iz toga proizlazi i nepreciznost interpretacije. Geoelektrički podaci su komplementarni s drugim podacima i služe kao nadopuna ili kao potencijalne kalibracijske točke. Premda su ovi podaci već dugo na raspolaganju, do sada se nisu koristili ili im nije pridavana odgovarajuća pozornost. Tijekom narednih istraživanja područja Like, geoelektrički podaci će dobiti geološki smisao i uklopit će se u konačni geološki model.

#### 4. Osnovni ciljevi istražnih aktivnosti

Istraživanje ugljikovodika u Dinaridima traje već 50-tak godina, no nikada sustavno i kontinuirano. Obimna pisana građa o Dinaridima u tom smislu proizvod je uglavnom konzultantskih kuća i vanjskih su-



Slika 4. Strukturno-tektonske koncepcije raznih autora

radnika. Osim naručenih studija i elaborata, također postoje znanstveni i stručni radovi koji se direktno ne odnose na istraživanje ugljikovodika, ali detaljno opisuju geološku građu Dinarida i mehanizme njihovog postanka. Tijekom navedenih 50-tak godina razvijale su se koncepcije različitih autora koje se u jednom dijelu podudaraju, dok se u nekom detalju razlikuju. Nedostatak dubinskih podataka je ključni element oko kojega autori polemiziraju iako raspolažu s istom faktografijom temeljenoj na površinskim podacima. Stoga je vizija podzemne građe prepuštena samim autorima. Svako istraživanje donijet će nešto novo, ali će isto tako otvoriti i neka nova pitanja i stvoriti nove polemike. Dosadašnji tijek istraživanja istražnog bloka Dinaridi-14, temeljem postojećih podataka, ponovo je otvorio neke probleme koji su se pojavljivali kroz proteklo istražno razdoblje. Ti problemi, ili nedoumice, kao i nepoznanice koje izazivaju određene polemike su strukturno-tektonska problematika na lokalnoj razini, vječno pitanje o generativnom potencijalu najboljih matičnih stijena u Dinaridima te problemi oko stvaranja zamki kako u smislu ležišnih stijena tako još i više u smislu njihovog pokrova. Upravo su to elementi na koje će se fokusirati istražne aktivnosti.

#### 4.1. Lokalna strukturno-tektonska građa

Slika 4. prikazuje geološke profile raznih autora (ECL, 1990; AMOCO 1990; Grandići ostali, 2004; HGI, 2006; GEPLan, 2018), ali i različitih godišta i dubinskih zahvata i udaljenosti ovisno za koje potrebe su bili izrađeni. Svi profili prolaze istražnim područjem. Sa strukturnog, pa i tektonskog stanovišta, svi autori su načelno suglasni: kompresija u pravcu SI-JZ, orijentacija struktura SZ-JI, lijeva rotacija Jadranske mikroploče itd. Rezultat svega je borano-navlačni pojas koji se sastoji od „*thin-skin*“ tektonike u obalnom području i „*thick-skin*“ tektonike u kopnenom području i zaleđu. Čak se može govoriti o zonama istočno i zapadno od Velebita, tj. od Velebitskog rasjeda koji se nalazi u Velebitskom kanalu te nije izložen na površini. I dok je zapadna zona, zona „*thin-skin*“ tektonike prilično jasna kod svih autora, znatne razlike se javljaju u istočnoj zoni.

ECL (1990) smatra da je velebitski frontalni rasjed odgovoran za tektonski transport, a po njegovom trendu, dosegno bi moguću kliznu plohu tek na 12-15 km. Ličko područje je blago borano dok se na istoku nalazi normalni, gotovo listrički rasjed u čijem spušenom krilu postoji serijal lokalnih navlaka iste vergencije.

AMOCO (1990) cijelo zaleđe drži na jursko-krednoj kliznoj plohi (dekolman) na dubini od 7-9 km. Pa čak je i sam Velebit smješten na jednoj plićoj krednoj kliznoj plohi koja se odvaja od relaksacijskog rasjeda u zaleđu Velebita, a nema frontalnog velebitskog rasjeda. Relaksacijski rasjed bi trebao biti glavni lički rasjed koji doseže kliznu plohu odvajajući Velebit od Like skokom od oko 2 km. Područje Like je prilično komplicirano uz pojavu povratnih ili iskočnih struktura, ali i značajnog reversnog rasjeda suprotne vergencije od dinaridskog trenda. Profil na istoku završava nepoznanicom za autore.

Grandić i ostali (2004) takvu kliznu plohu i ne spominju. Premda profil prolazi nešto južnije i povezuje bušotine Kate-1, Dugi Otok-1, preko Ravnih Kotara, pa sve do Bruvna-1, načelno obuhvaća iste geotektonske jedinice kao i ostali profili. Velebit je izdignut reversnim rasjedima kojima se multiplicira debljina donjopaleozojskih sedimenata koji leže na kristalinskoj podlozi koja prema gravimetrijskim i magnetometrijskim kartama tvori inverznu konfiguraciju podloge. Drugim riječima, podloga tvori oblik „sinklinalu“ dok je na površini brdo ili „antiklinala“. Reversni rasjedi su posljedica laterala Unskog rasjeda koji se ponaša kao cvjetna struktura u području Poštaka i Knina. U zaleđu Velebita javljaju se diskretne povratne strukture s izraženom atiklinalnom formom u zoni Bruvna.

GEPLan-ova ideja podrazumijeva velebitski rasjed kao dekstralni „strike-slip“ sa serijom tiltanih blokova u zaleđu Velebita. Prema trendu velebitskog rasjeda, možda bi dosegno kliznu plohu (dekolman) na 15 km, ako je ona dio njihove ideje. Ličko područje je blago borano i serijom dekstralnih transpresijskih rasjeda pretvoreno u ljuskavu strukturu uz prisutnost povratnih struktura nezabilježenih na površini. Na krajnjem istoku trijasko-jurske naslage normalnim rasjedom spuštaju se s površine na 2 km dubine. To je Plitvički rasjed za kojega neki autori novijeg vremena smatraju reversnim suprotne vergencije od dinaridskog trenda.

Znanstvenici HGI-a (2006) proveli su terensku prospekciju po profilu Karlobag-Korenica. Na žalost, njihove opservacije odnose se na površinska mjerenja s projekcijom u dubinu do 3,5 km, što je preplitko za razmišljanje o bilo kakvoj kliznoj plohi. Jedino je sigurno da je Velebit reversno izdignut uz mjestimično vrlo strme slojeve što upućuje na prebacivanje bora. U zaleđu Velebita utvrđeni su reversni rasjedi suprotne vergencije koji ukazuju na postojanje povratnih struktura. Lički dio je blago borani sve do koreničke zone

gdje su trijasko-jurske naslage navučene na kredno-paleogeni kompleks.

Ovolika raznolikost ideja ide u prilog tvrdnji da se o podzemnoj građi ličkog područja u svakom smislu vrlo malo zna. Područje od interesa svojim strukturno tektonskim sklopom odstupa od trenda koji je prisutan u većem dijelu hrvatskog dijela Vanjskih Dinarida. Taj se prevladavajući trend prepoznaje u pružanju glavnih rasjeda i većine struktura smjerom SZ-JI. Taj trend prate i glavni planinski masivi toga područja – Velebit, Dinara, Biokovo, Svilaja, Mosor i dr. Međutim, već samim pogledom na površinsku geološku kartu primjećuje se da se u području odabranom za istraživanje u JI dijelu bloka D-14 dogodio niz zasebnih međusobno povezanih tektonskih događaja. Tumačenje tih lokalnih događaja nužno dovodi do razvoja novih strukturnih koncepcija.

#### 4.2. Nova koncepcija – dezintegracija „Lapačke antiklinale“

Strukturni sklop ukupnih Dinarida pokazuje određenu pravilnost u orijentaciji strukturnih elemenata iz kojih proizlazi gotovo jednoznačno tumačenje geneze Dinarida. No, tumačenja geneze odnose se samo na generalni mehanizam koji obuhvaća kretanje Jadranske mikro-ploče (Adrije ili Apulije) prema sjeveroistoku, njenu lijevu rotaciju prema sjeveru te koliziju s Europskim, Tisijskim i Moezijskim segmentom. Posljedično tim kolizijama, tijekom proteklih 70-tak milijuna godina istočni dio Jadranske mikro-ploče je formirao orogen kakav je danas poznat kao boranonavlačni pojas Dinaridi. To su postavke s kojima su suglasni svi autori na makro-razini. Ono što razlikuje autore i njihove teze zbog kojih se još i danas vode rasprave i polemike oko razvoja Dinarida su događaji na mikro-razini, kao što su orijentacije struktura koje odstupaju od generalnog trenda ili pojave litološkog sadržaja u „nelogičnom“ odnosu prema ostalim litologijama ili izostanak očekivanih litologija. Svi ovi izuzeci od pravila dovode do različitih tumačenja koja opravdavaju različite teze o istom lokalnom događaju.

Strukture su manje-više orijentirane u pravcu sjeverozapad-jugoistok s jugozapadnom vergencijom. S druge strane, na mikro-razini, na razini promatranja tektonskih zbivanja na samom bloku DI-14 uočava se relativni nesklad u orijentacijama struktura. U prvom redu, orijentacija rasjeda načelno zadržava SZ-JI trend i to rasjedi koji su predisponirani regionalnim poljem stresa. To su uglavnom rasjedi bez karaktera ili s normalnim karakterom. Reversni rasjedi prate dinarski trend u sjevernom dijelu bloka, dok se u

južnom dijelu njihova orijentacija mijenja od lokaliteta to lokaliteta i nemaju ujednačeni trend. Upravo su to rasjedi koji unose stanoviti nesklad u strukturni sklop. U drugom redu, distribucija starosnih formacija također pokazuje nepravilnost rasporeda kako u smislu položaja na bloku tako i u smislu veličine, oblika i orijentacije struktura. To ukazuje na postojanje rotacijskih blokova i kompartmentizaciju stijenskih masa. Generalno, na istražnom bloku DI-14 postoje 3 starosna kompleksa izloženih na površini (OGK, 1:300000): trijasko-jurski, kredni i paleogeno-neogeni kompleks (Slika 5).

Paleogeno-neogeni kompleks nalazi se uglavnom u zapadnom dijelu bloka u zoni Gospića, Kosiinja i Otočca (Slika 5). Krpasto ili kao erozijski ostaci Pg-N bazena mogu se naći oko Kurjaka, Podlapače, poviše Jošana, na samom sjevernom dijelu Kravskog polja te Kozjana gdje se nalazi u položaju tektonskog okna. Zauzima svega 17% površine istražnog bloka DI-14.

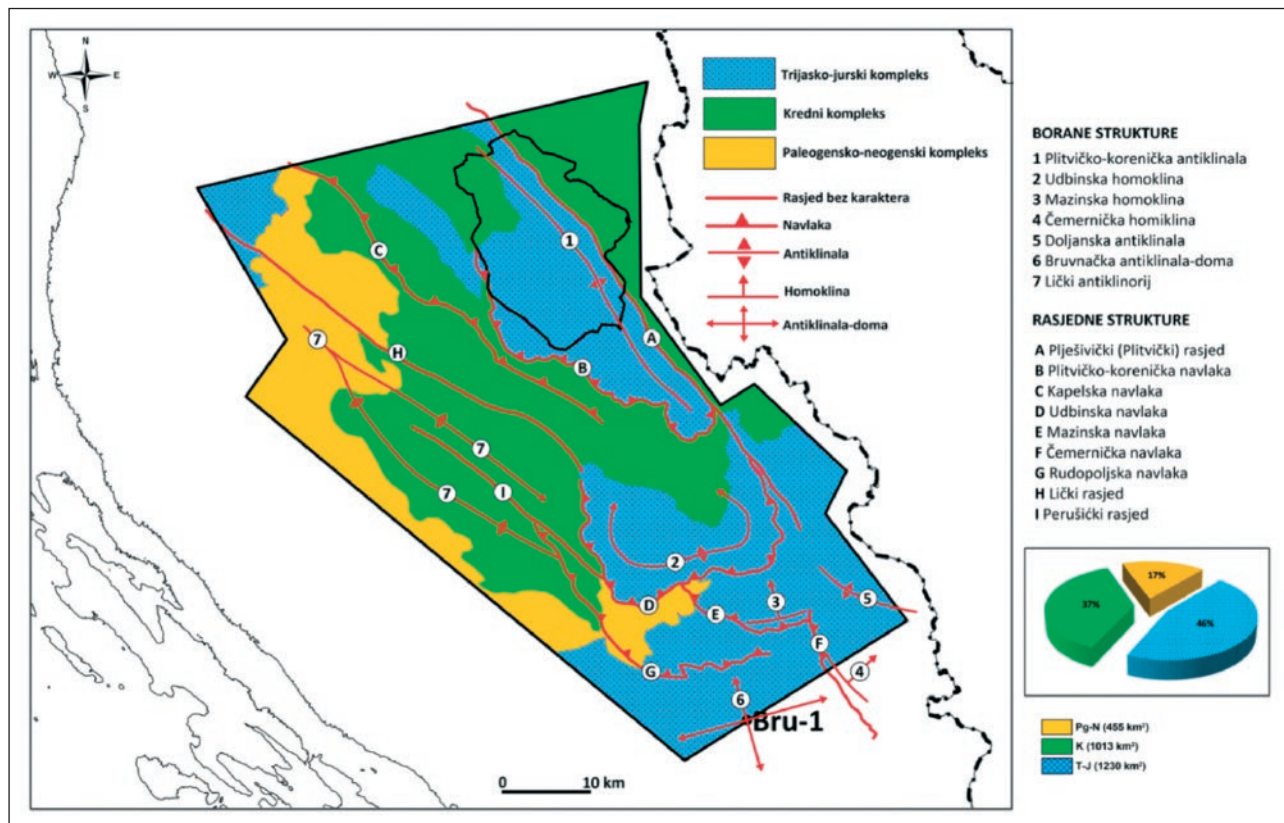
Kredni kompleks zauzima uglavnom središnji dio bloka koji se ponaša kao antiklinorij (Slika 5, 7) te istočno od Plješivičkog rasjeda (Plitvički rasjed) čiji je karakter vrlo dvojbena (Slika 5, A). Ono što je karakteristično za ovaj kompleks je kontinuiranost prostora zastupljenog s krednim naslagama, blago undulirajuće područje u zoni Vrebačke staze između Gospića i Korenice. To je prostrano relativno jedinstveno brdovito područje veličine od preko 160 km<sup>2</sup> koji tvori morfološko brdo (Slika 4.2), ali strukturno krednu sinklinalu (Slika 5). Zauzeće krednog kompleksa je 37% od ukupne površine istražnog bloka DI-14.

Trijasko-jurski kompleks je posebno zanimljiv iz nekoliko razloga. Prema površinskoj distribuciji, nema kontinuitet rasprostiranja. Sastoji se od dva dijela: sjeverni plitvičko-korenički dio i južni udbinsko-bruvnački dio (Slika 5). U morfološkom smislu je vrlo grub i razvedeni reljef s nekoliko izdvojenih zasebnih većih brda (Slika 5). U strukturnom smislu, svako brdo predstavlja zasebnu strukturnu cjelinu koja se sastoji od trijasko-jurskih naslaga organiziranih u obliku monokline. Sa svojom kvadraturom zauzima oko 46% ukupne površine istražnog bloka DI-14.

Svaka pojedinačna cjelina tvori zasebne strukture ili strukturne jedinice koje između sebe nisu odijeljene rasjedima. Prema tome, nije riječ o tektonskim blokovima već o strukturama u obliku dijela antiklinale, strukturnog nosa ili homokline. U tom kontekstu postoji 7 boranih i 9 rasjednih elemenata (Slika 5).

Glavni borani elementi su: (1) Plitvičko-korenička antiklinala, (2) Udbinska homoklina, (3) Mazinska





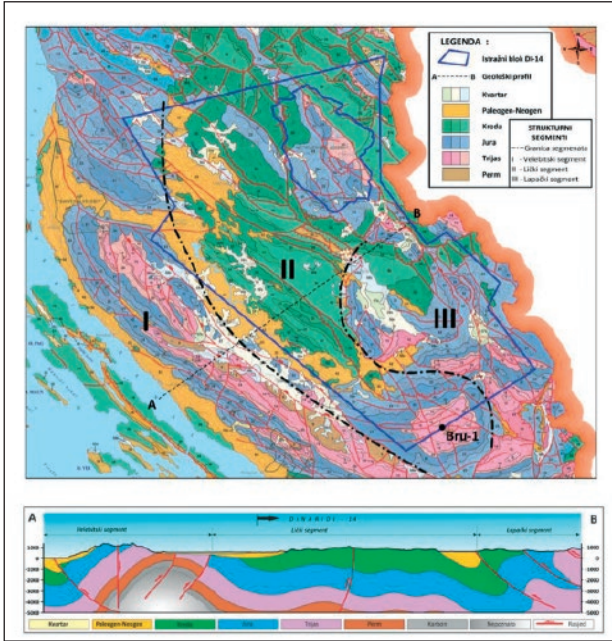
Slika 5. Starosne cjeline na istražnom bloku DI-14

homoklina, (4) Čemernička homoklina, (5) Doljanska antiklinala, (6) Bruvnačka antiklinala te (7) Lički antiklinorij. Svi borani elementi sastoje se od trijasko-jurskog kompleksa osim Ličkog antiklinorija koji na površini sadrži isključivo stijene gornje i donje krede.

Glavni rasjedni elementi su: (A) Plješevički (Plitvički) rasjed, (B) Plitvičko-korenička navlaka, (C) Kapelska navlaka, (D) Udbinska navlaka, (E) Mazinska navlaka, (F) Čemernička navlaka, (G) Rudopoljska navlaka, (H) Lički rasjed, te (I) Perušički rasjed. Specifičnost ovih navlaka je u tome da jedino Plitvičko-korenička navlaka ima dinarski trend pružanja. Ostale navlake povijaju, zakreću za 90° u pružanju što definitivno ukazuje na rotacijske blokove što je uzrok nesklada u jugoistočnom dijelu bloka. Normalni rasjedi kao i rasjedi bez karaktera imaju dinarski trend pružanja. Oko Plješevičkog (Plitvičkog) rasjeda još uvijek se vode polemike o njegovom karakteru.

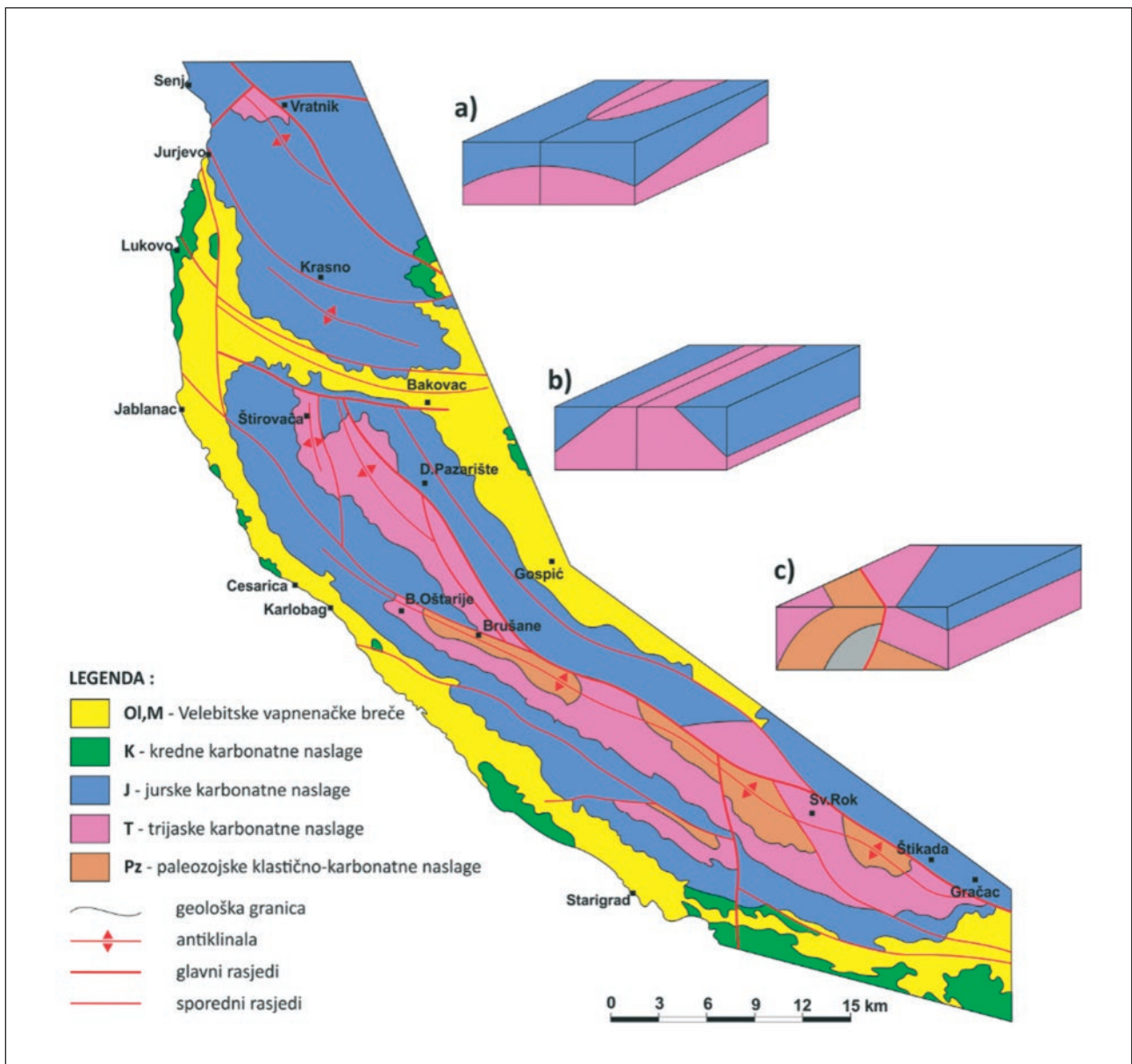
Kada se promatraju ukupne morfološke karakteristike bloka tada je primjetno podudaranje geološkog s morfološkim razvojem. Drugim riječima, geološki sadržaj je uzrok morfološkoj raznolikosti i razvedenosti istražnog područja. Nizinski dijelovi područja odgovaraju paleogensko-neogenskom kompleksu. Srednja morfološka razvedenost odgovara

krednom kompleksu, dok najgrublji reljef odgovara trijasko-jurskom kompleksu. Ovakav razvoj uvjetovan je tektonskom aktivnošću pri čemu najgrublji reljef odražava i najjače tektonske događaje koji se očituju u intenzivnom boranju i navlačenjima trijasko-jurskog kompleksa na mlađi kredni kompleks, a ponegdje i na paleogensko-neogenski kompleks. Stoga su i najveće morfološke strukture u obliku izoliranih brda između kojih se nalaze polja. Osim toga, ovakav grubi reljef je također i odraz intenziteta tektonske aktivnosti, ali i vremena u kojem djeluje. Iz toga proizlazi da je područje istražnog bloka DI-14 i danas vrlo aktivno i da se navlačenja nastavljaju još od kraja paleogena. S druge strane, blagi reljefi krednog kompleksa, i morfološki i geološki ukazuju na to da se kredni kompleks nalazi pod stresom generalne orijentacije sjeveroistok-jugozapad. Sa sjeveroistočne strane pritisnut je aktivnim navlačenjima, a s jugozapadne strane otpor pruža Velebitski masiv (Slika 6). Ovakav razvoj događaja uvjetuje diskretno uzdignuće u središnjem dijelu bloka (Lički antiklinorij, Slika 5, 7), pa čak i reversne rasjede sjeveroistočne vergencije dok se na suprotnim stranama javljaju udoline (sinklinale) kao što je Ličko polje na jugozapadu i Krbavsko polje na jugoistoku. Prema ovakvom modelu u interakciji



Slika 6. Geološka karta istražnog bloka DI-14 (1:300000, HGI) sa shematskim geološkim profilom (Takač, 2020)

▼ Slika 7. Velebitski segment – Razvoj velebitske antiklinale: a) sjeverni dio-krila antiklinale do 30o, (b) središnji dio-krila antiklinale do 50o, južni dio-krila antiklinale do 80o i više (Takač, 2020; geološka podloga Velić, 2009)



sudjeluju tri tektonska segmenta (bloka): Velebitski, Lički i Lapački segment (Slika 6).

Velebitski segment je u svim elementima (geološkim i morfološkim) zasebna geološka cjelina koja se u svom razvoju razlikuje od ostatka Vanjskih Dinarida premda s njima dijeli zajednički strukturno-tektonski okvir. Njegov razvoj je i danas predmet polemika među znanstvenicima. No, ostaje činjenica da je Velebit jedna velika rasjednuta nagnuta antiklinala s promjenjivim nagibom vergencije po svom pružanju. Jezgra se nalazi u središnjem i južnom dijelu. Izgrađena je od paleozojskih naslaga karbona i perma s mezozojskim naslagama u krilima (Slika 6). Frontalni Velebitski rasjed se nalazi u Velebitskom kanalu. Zanimljivost Velebita je tzv. Bakovački rasjed u sjevernom dijelu, u zoni Nacionalnog parka „Sjeverni Velebit“. Rasjed je pružanja gotovo zapad-istok i poprečno dijeli Velebitsku antiklinalu na dva dijela različitog strukturnog sklopa. Sjeverni dio je prostrana jurska rasjednuta antiklinala, odnosno antiklinorij u širini od preko 20 km koji tone prema jugoistoku s nagibima krila do 30-tak stupnjeva (OGK, 1:100000, list Otočac, Slika 7a) i postupno prelazi u kredni Lički antiklinorij (Lički segment). Južno od Bakovačkog rasjeda velebitska jezgra je široka jedva 8-9 km s nagibima krila i preko 70 stupnjeva (OGK, 1:100000, list Gospić, Slika 7b). To ukazuje na pojačano stiskanje južnog Velebita koje mjestimično ustrmljava slojeve povećavajući kut vergencije do gotovo prebačene bore (Slika 7c). Ovakav razvoj događaja uvjetovan je kompresijom sa smjerom djelovanja najvećeg osnovnog pritiska ( $\sigma_1$ ) po pravcu sjeveroistok–jugozapad. Taj pritisak uzrok je sažimanju terena kada se stvaraju strukture na rampi, reverznih rasjeda jugozapadnih vergencija, i osobito za područje Velebita, vrlo značajnih, povratnih (*backward*) struktura (HGI, 2006). Upravo takva struktura je struktura Brušane, pa i ona kod Svetog Roka.

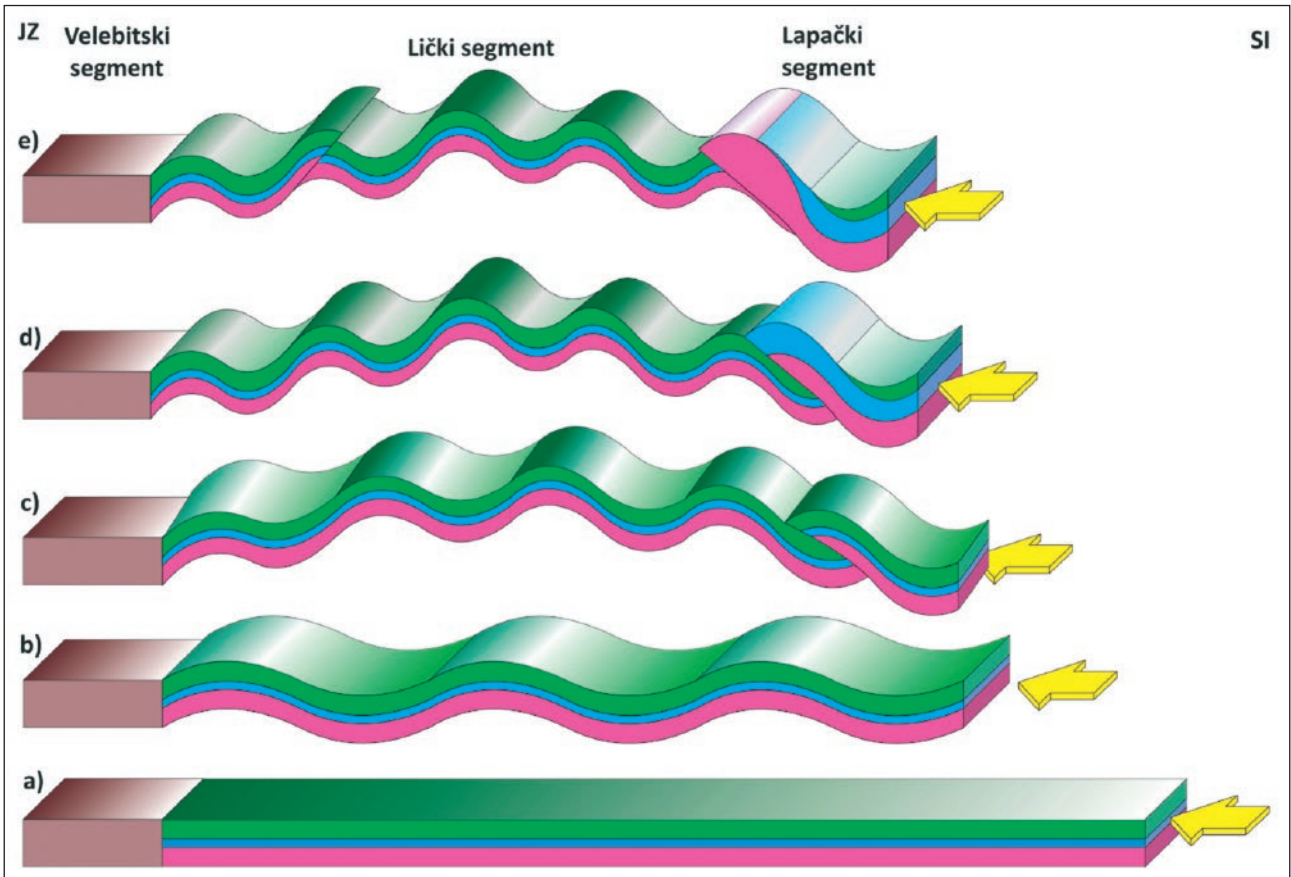
Lički segment, s obzirom na starosne odnose, bio bi sinklinala na čijem se jugozapadnom krilu nalazi trijasko-jurski kompleks Velebita, a na sjeveroistočnom krilu trijasko-jurski kompleks plitvičko-lapačke zone (Slika 6). No, pristisnuta s obje strane, sinklinala se povija prema gore zbog manjeg otpora na površini i stvara generalnu antiklinalu središnjeg dijela sinklinala kao jugoistočnog nastavka jurskog antiklinorija sjevernog Velebita. Zapravo je riječ o boranom prostranom terenu niskog indeksa boranja (HGI, 2006). Na obje strane kompleksa nalaze se oligomiocenski sedimenti. Velebitski segment djeluje kao „blok otpora“ u kretanju stijenskih masa koje dolaze sa sjeveroistoka (Slika 8). Sažimanjem prostora istaložena

mezozojska sekvencija (a) se deformira stvarajući niz bora (b) koje se u nedostatku prostora za daljnji transport povijaju i izdižu. Time se formira Lički segment kao antiklinorij (c) koji pod pritiskom sa sjeveroistoka podliježe navlačenju Lapačkog segmenta na Lički segment. Daljnjim kretanjem stijenskih masa Lapački segment se relativno brzo navlači te se dijelovi krednih stijena erodiraju izlažući jurske na površini (d). U završnoj fazi (e) navlačenje Lapačkog segmenta stvara pojedinačna brda čiji su najviši dijelovi izgrađeni upravo od stijena trijasko-jurskog kompleksa. Daljnje povijanje Ličkog antiklinorija dovodi do njegovog pucanja i segmentiranja pa čak i do stvaranja povratnih reverzija i navlačenja s vergencijama suprotnih od vergencija primarnog borano-navlačnog pojasa (Slika 8e). Oligomiocenski sedimenti utvrđeni na ograničenom području tek plitko površinski prekrivaju dio Ličkog segmenta, te nisu značajni za interpretaciju strukturnih odnosa, iako njihova tektonska poremećenost svjedoči o intenzitetu neotektonske aktivnosti (HGI, 2006).

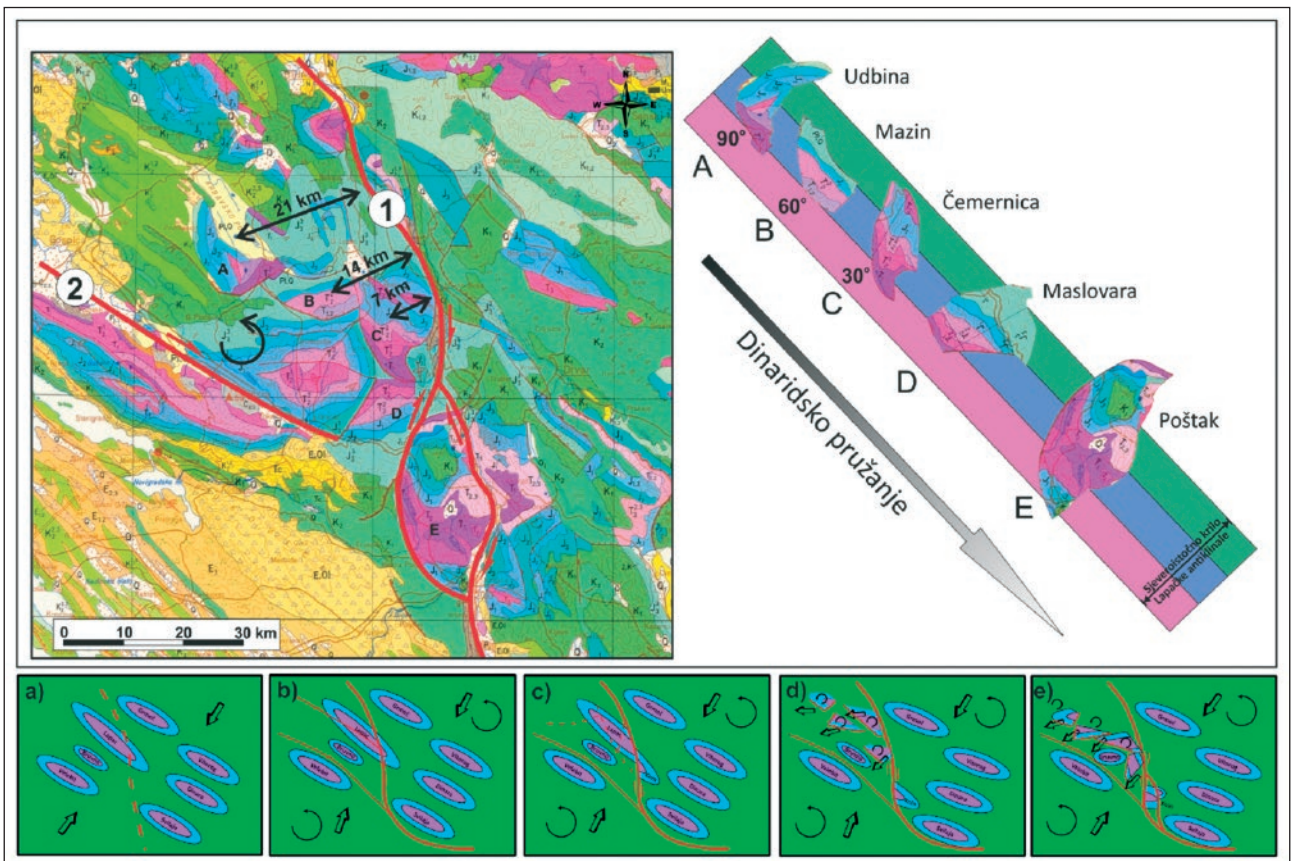
Lapački segment odnosi se na cjelokupni istočni prostor istražnog bloka DI-14, a obuhvaća trijasko-jurske naslage koje su načelno navučene na kredni kompleks, ali mjestimično čak i na samog sebe kao istočno od Udbine i sjeverno od Brušane u zoni Mazina (Mazinska homoklina) (Slika 6). Ovo je možda i strukturno najkompleksniji prostor konceptijskog modela. Njegov razvoj je najvjerojatnije povezan s razvojem tzv. „Unskog rasjeda“.

Strukture su manje-više orijentirane u pravcu sjeverozapad–jugoistok s jugozapadnom vergencijom. S druge strane, na mikro-razini, na razini promatranja tektonskih zbivanja na samom bloku DI-14 uočava se relativni nesklad u orijentacijama struktura. U prvom redu, orijentacija rasjeda načelno zadržava SZ-JI trend i to rasjedi koji su predisponirani regionalnim poljem stresa. To su uglavnom rasjedi bez karaktera ili s normalnim karakterom. Reversni rasjedi uglavnom ne prate dinarski trend. Njihova orijentacija se mijenja od lokaliteta do lokaliteta i nemaju ujednačeni trend. Upravo su to rasjedi koji unose stanoviti nesklad u strukturni sklop. U drugom redu, distribucija starosnih formacija također pokazuje nepravilnost rasporeda kako u smislu položaja na bloku tako i u smislu veličine, oblika i orijentacije struktura. To ukazuje na postojanje rotacijskih blokova i kompartmentizaciju stijenskih masa.

U zoni Nacionalnog parka Plitvice trijasko-jurski kompleks zajedno s pripadajućim rasjednim sustavima prati dinarski trend. No, od Korenice, pa dalje



Slika 8. Lički segment – Tektonski mehanizam formiranja Ličkog antiklinorija (Takač, 2020)



Slika 9. Lapački segment – Raspad Lapačke antiklinale (Takač, 2020)

na jugoistok više ne postoji ikakav trend. To je zona nekadašnje mezozojske „Lapačke antiklinale“ koja se tektonskim zbivanjima raspala na 5 rotacijskih fragmenata, a svaki fragment tvori brdo ili grupu manjih brda: Udbina, Mazin, Čemernica, Maslovara i Poštak (Slika 9).

Lapačka antiklinala se formirala razvojem dinarskog orogena koji je svoj vrhunac dosegnuo u oligocenu i miocenu (Korbar, 2009) kada su se formirale načelne tektonostratigrafske jedinice Dinarida. Područje istražnog bloka DI-14 pripada zoni Visokog krša unutar koje su se razvile luskave strukture pružanja sjeverozapad-jugoistok jugozapadnih vergencija. Kao i sva današnja brda kao što su Grmeč, Vitorog, Dinara, Svilaja, Velebit, pa i nekadašnje Bruvno, tako se formiralo i brdo (struktura) približno na položaju današnjeg grada Donjeg Lapca.

Raspad „Lapačke antiklinale“ traje od miocena reaktivacijom Unskog rasjeda (1, Slika 9.). Lijeva rotacija Jadranske mikroploče uzrokuje stvaranje dekstralnih rasjeda tipa „strike-slip“ koji cijepaju Jadransku mikroploču na manje dijelove. Tako je reaktiviran Unski rasjed, a stvoren je i novi rasjed u obliku glavnog Ličkog rasjeda (2, Slika 4.6), također dekstralnog koji pokazuje i elemente reversnog karaktera suprotne vergencije ukazujući na moguću povratnu strukturu (HGI, 2006). U svakom slučaju, neformalni „Lički blok“ omeđen s ova dva dekstralna rasjeda rotira u lijevo s najvećim napreznjima upravo u zoni Unskog rasjeda. „Lapačka antiklinala“ se raspada na 5 fragmenata (Slika 9, a-e) od kojih se najveći fragment Poštak pomiče prema jugu po istočnom krilu Unskog rasjeda i formira cvjetnu strukturu. Zapadni blok Unskog rasjeda prolazi daljnju dezintegraciju potpomognutu evaporitskim slojevima koji služe kao klizne plohe. Trijasko-jurski fragmenti „Lapačke antiklinale“ se navlače dijelom na kredno-oligomiocenske naslage, a dijelom na same sebe na način da pola antiklinale (sjeveroistočno krilo) tvori krovinu navlake trijasko-jurskih sedimenata koji izdanjuju, a druga polovina (jugozapadno krilo) tvori podinu navlake. Pri tome, duljina prevaljenog puta svakog fragmenta je u skladu s kutom njegove lijeve rotacije. Ako se promatra udaljenost pojedinog fragmenta od Unskog rasjeda, tada je najdalje migrirao Udbinski (21 km), zatim Mazinski (14 km) pa Čemernički fragment (7 km). Stopa kretanja je trećina od maksimalne sadašnje pozicije najdaljeg fragmenta (7 km). Kut rotacije pojedinog fragmenta prati otprilike istu stopu od trećine maksimalnog kuta rotacije. Tako je Udbinski fragment rotirao za 90°, Mazinski za 60°, a Čemernički za 30°

(Slika 9). Čini se da je prevaljeni put u skladu s kutom rotacije što proizlazi da je rotacija otprilike 4° po prevaljenom kilometru, a brzina pomaka blokova oko 0,3 mm/god. Konačna slika ovakvih kretanja prikazuje današnji položaj trijasko-jurskih fragmenata svaki sa svojom frontalnom navlakom „rasutih“ po jugoistočnom dijelu Like.

Prikazani tektonski mehanizam podrazumijeva kompartmentizaciju prostora. Drugim riječima, svaki od navedenih rotacijskih blokova sastoji se od navučenog sjeveroistočnog krila „Lapačke antiklinale“ te njenog jugozapadnog krila koje bi se trebalo nalaziti u podinskom bloku navlake kao i dijelovi krednog kompleksa. Mogući su i dijelovi oligo-miocenskih naslaga.

Na rotacije struktura Udbina, Mazin, Čemernica, Maslovara i Poštak utjecalo je nekoliko faktora: lučna geometrija navlačnog pojasa vanjskih Dinarida u interakciji sa kompresijskom, zatim i transpresijskom tektonikom, te masiv Velebita kao svojevrsna prepreka navedenim silama potiska. Također je mogući uzrok dubina zalijeganja, odnosno dubina klizne plohe (ako postoji) u odnosu na ostali dio vanjskih Dinarida. Na mogućnost takvog slučaja u dijelu bloka DI-14 djelomično ukazuju geoelektrički profili snimljeni na tom području. Utjecaj samih stijena u podzemlju ovisno o njihovim fizikalnim karakteristikama također igra važnu ulogu u formiranju struktura, savijanja i sloma, odnosno ponašanju pri djelovanju tektonskih sila. Mali broj seizmičkih podataka loše kvalitete, male duljine, neadekvatne orijentacije i nedovoljne dubine zahvata nisu bili dostatni za interpretaciju i kartiranje glavnih rasjeda i horizonata i nisu dali odgovor na postojanje mogućih struktura odnosno zamki ispod navlake. Dodatnu konfuziju u rješavanje strukturno-tektonskog sklopa unosi i jedina bušotina u tom području, Bruvno-1 koja je probušila anizik i nakon toga ušla u naslage karbona do približno 3400 m dubine. Dakle, uz eroziju mlađih naslaga nakon anizika, postoji i hijatus donjega trijasa i perma u zoni bušotine, ali čije su naslage pronađene u široj zoni interesa. Potpori novim konceptijskim rješenjima svakako idu u prilog i matične stijene karbonske, permske i mezozojske starosti čijih su izdanci pronađeni u relativnoj blizini područja od interesa, te bušotina Glamoč-1 koja se također nalazi u zoni jakog navlačenja u BiH u relativnoj blizini granice sa Hrvatskom i oko 100 km od bloka DI-14. Preko trijasko matične stijene i gornjojurskog rezervoara navučeni su permski evaporiti kao izolator. Isto tako trijasko matične stijene koje su pronađene u bušotini moguće pripadaju pretpostavljenom trijaskom anoksičnom bazenu koji bi se

mogao uzdužno rasprostirati u smjeru SZ-JI, također i kroz blok DI-14. Taj bazen bio bi uzak i dugačak čiji bi oblik bio uvjetovan izrazitim skraćivanjem kao posljedicom kompresijskih sila. Na vjerojatno postojanje takvih bazena u Hrvatskoj ukazuje i Jadranska bušotina Vlasta-1 u blizini otoka Visa. Nedostatnost podataka iz podzemlja, niz otvorenih pitanja vezanih za strukturno-tektonski sklop, te pitanje prisutnosti, debljine i dubine određenih stijena koje su bitne za ugljikovodični sustav razlozi su za provođenje određenih istražnih radnji koje bi mogle dati odgovore na neka od pitanja.

Predočena strukturna koncepcija samo je još jedna od ideja o podzemnoj građi Like koja će se potvrditi ili korigirati u skladu s novim spoznajama na kraju istraživanja istražnog prostora DI-14.

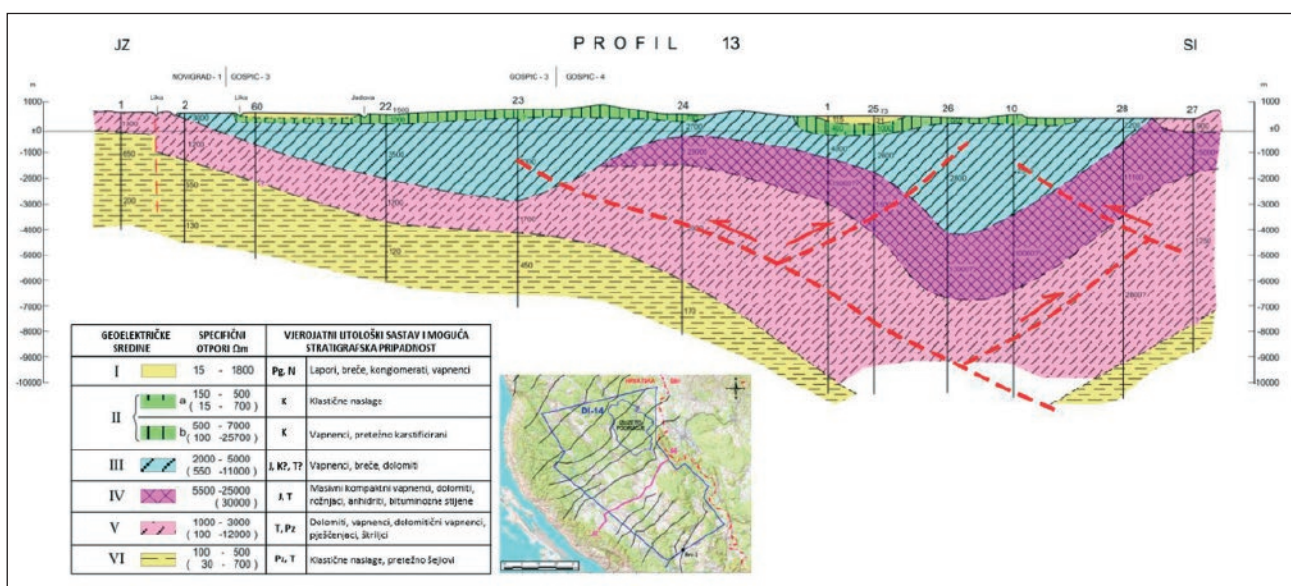
### 4.3. Doprinos geoelektričkih podataka novoj koncepciji

Električki otpori formacija ovise o tipu stijena, ali i o starosti i njenoj gustoći. Stoga je vrlo teško samo na temelju izmjerenog otpora odrediti o kojim stijenama se radi i koje starosti su te stijene. Naime, veliki su rasponi vrijednosti mjerenih otpora tako da pojedini otpori mogu pripadati i različitim tipovima stijena. Stoga su rasponi vrijednosti otpora svrstani u 6 kategorija temeljem površinske geologije s pripadajućim tipom i starosti stijene (Slika 10) (Romandić, 1986). Vidljivo je da se isti tip stijene provlači kroz nekoliko kategorija, kao što su to vapnenci i dolomiti. Isto tako, jedna kategorija sadrži nekoliko tipova stijena kao što je to kategorija III ili IV. Prema tome, granice otpornih kategorija interpretiraju se shematski, jer

osim bušotine Bruvno-1 ne postoji druga bušotina koja bi bila kalibracijska točka za formacije mlađe od srednjeg trijasa. Granice su izdvajane prema korelaciji sa susjednim sondama, negdje prema površinskoj geologiji, a skokovita promjena otpora (debljina ekektrofacijesa) ukazuje na rasjede (Romandić, 1986). Treba posebno istaknuti da je ovakva kategorizacija, tj. rasponi vrijednosti otpora određena prema ličkoj geološkoj građi. Neka druga područja zahtijevala bi drugačije raspone vrijednosti otpora po kategorijama.

U skladu s ovakvom postavkom interpretirano je 14 geoelektričkih profila mjerenih 1985-86. godine koliko ih se nalazi na području bloka DI-14. Slika 10 prikazuje karakteristični profil broj 13 koji prolazi sredinom područja. Geometrija formacija ne govori direktno o geometriji podzemlja. Karbonatni kompleks provlači se kroz 4 geoelektričke formacije i sadrži kompletan mezozoik. Geoelektričke granice ne odgovaraju direktno stratigrafskim granicama, ali mogu sugerirati za moguću „strukturnu anomaliju“ u smislu da se, kao na prikazanom profilu, u središnjem dijelu karbonatni kompleks povija tvoreći, uvjetno rečeno, antiklinalu ili neku uzdignutu strukturu. Primjetno je da potencijalno trijasko-jurski kompleks zaliježe vrlo duboko, mjestimično i preko 9 km kao i njegovo znatno podebljavanje. Ovakvi odnosi potencijalnih geoloških granica sugeriraju postojanje navlačenih odnosa neprimjetnih na površini.

S naftno-geološkog stanovišta, najinteresantniji su geoelektrički facijesi kategorije IV i VI. **Kategorija IV** je kategorija visoko-otpornih facijesa koja obuhvaća šaroliko lepezu različitih tipova stijena. Iz te lepeze najznačajnije su bituminozne stijene kao matične sti-



Slika 10. Geoelektrički profil s interpretiranim geoelektričkim facijesima i pretpostavljenim strukturnim rješenjem

jene i anhidriti kao pokrovne stijene ili kao klizne plove koje mogu biti potencijalni transporteri stijenskih masa pri tektonskim aktivnostima stvarajući zamke ili otvarajući puteve migracije. Pripadajuća starost je jurska ili trijaska, a upravo jurska starost Lemeškog facijesa kao najbolje matične stijene odgovara ovoj kategoriji. **Kategorija VI** je izrazito nisko-otporna i prilično jednoznačno odgovara klastitima, uglavnom šejlovima paleozoika. U kombinaciji s donjotrijaskim naslagama tvori permo-trijaski kompleks kao bazu ili donju granicu karbonatne platforme. U tom smislu kartiranje ove kategorije može prikazati dubinu baze karbonata ili jednostavno rečeno, debljinu karbonatne platforme. Sinergija elektro-facijesa kategorije **IV** i **VI** je posebno dobro vidljiva na prikazanom profilu 13 (Slika 10) gdje obje kategorije duboko zaliježu otkrivajući podzemnu geometriju potencijalnog „Lemeškog korita“ (Slika 16). Znakovita je dubina zaliježanja gdje mjestimično visoko-otporni facijes doseže dubinu od čak 9000 m. Za pretpostaviti je da nije riječ o primarnoj debljini, jer elektrofacijes kategorije **VI** tone još i dublje. Vjerojatno je riječ o potonuloj navlaci koja se na površinskoj geologiji ne odražava.

No, tu je još jedan vrlo interesantan elektrofacijes. Riječ je o elektrofacijesu **VI** vrlo niskih otpora (100-500 Wm) koji sa svojom litologijom klastičnih naslaga i pripadnom paleozojsko-trijaskom starošću s naglaskom na paleozoik gotovo jednoznačno označava podlogu karbonatne platforme. Vrlo jasno ta podloga mjestimično zaliježe i preko 10 km. Kartiranje te podloge uz geološku identifikaciju može dati ne samo dubinu zaliježanja podloge platforme, već i njenu debljinu.

Dosadašnja istraživanja Dinarida nisu obuhvatila sustavnu interpretaciju i tumačenja geoelektričkih podataka u svjetlu geoloških zbivanja. Premda nisu egzaktna, u terenima kao što su Dinaridi mogu proizvesti rješenja koja uz nadogradnju s ostalim podacima daju uvid u dubinsku građu. Cjelokupna interpretacija svih 6 kategorija elektrofacijesa biti će provedena tijekom daljnjih istražnih aktivnosti na bloku DI-14.

#### 4.4. Generativni potencijal matičnih stijena

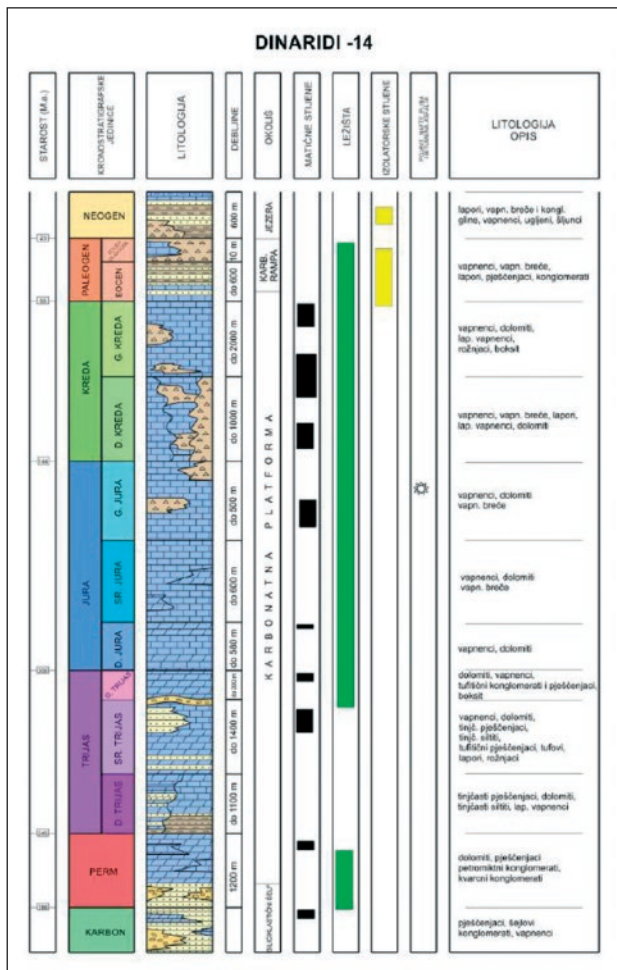
Naftni sustav je prirodni sustav u kojem je utvrđen genetski odnos između volumena aktivne matične stijene i akumulacija ugljikovodika. On je definiran kroz niz elemenata i procesa. Uključuje aktivne matične stijene, puteve migracije, ležišne stijene, zamke, izolatorske i pokrovne stijene. Cijeli proces generiranja, ekspulzije, migracije i akumulacije treba biti vremenski usklađen. Svi elementi trebaju biti u međusobnoj interakciji i u

slučaju nedostatka samo jednog elementa nema niti komercijalnog otkrića. Pojave ugljikovodika na površini u obliku asfalta, vrlo guste nafte ili čak tekuće nafte uvijek su dobar pokazatelj postojanja naftnog/ih sustava. Slika 11 prikazuje distribuciju elemenata naftnog sustava unutar taložnog slijeda stijena karbonatne platforme koja izgrađuje Vanjske Dinaride. Temeljem rezultata analiza u području Vanjskih Dinarida utvrđene su matične stijene nekoliko stratigrafskih nivoa, a provedbom genetskih korelacija utvrđene su one najbolje među njima. Ležišne stijene mogu biti razvijene gotovo u cijeloj mezozojskoj sekvenciji s izuzetkom donjeg i srednjeg trijasa, a isto tako mogu biti razvijene i u permskim stijenama. Pokrovne stijene mogu biti lokalno razvijene tijekom mezozoika, a kompletna paleogenska i neogenska sekvencija kao takve mogu biti pokrovne stijene.

U ukupnom slijedu naslaga Vanjskih Dinarida izrazita je dominacija karbonatnih stijena starosti od kasnog karbona do eocena. Karbonatna sedimentacija odvijala se u nekoliko paleogeografskih entiteta (Velić i ostali, 2002b, Vlahović i ostali, 2005). Velika raznolikost uvjeta i okoliša taloženja koji su egzistirali u različitim područjima, ali i stratigrafskim jedinicama, uvelike je utjecala na tip i količinu organske tvari tj. razvoj i produkciju biomase, načine i uvjete taloženja i očuvanja, jednom riječju na tipove organskog facijesa. Organski facijes je pokazatelj generirajućih sposobnosti matičnih stijena i bitan čimbenik u odredbi potencijal nekog istražnog područja. Raširena pojava organske tvari u najširem smislu, i kao asfalti, bitumeni, naftni šejlovi i ugljeni u cjelokupnom istražnom prostoru Dinarida poticala je istraživanje ugljikovodika još od sredine prošlog stoljeća.

Oblik pojavljivanja organske tvari u sedimentima Dinarida je različit: od tankih lamina do debljih proslojaka, jednolike raspršenosti unutar mineralnog matriksa do pukotina i šupljina ispunjenih bitumenom i/ili bitumenskih prevlaka. Dakle, bitno je istaknuti da se već po obliku pojavljivanja naslućuje da na području Dinarida razlikuju dva osnovna tipa stijena. To su najčešće laminirani vapnenci do dolomitični vapnenci koji sadrže autohtonu organsku tvar (kerogen i pridruženi bitumen) ili primarno bitumenske stijene te dolomiti i vapnenci s alohtonom organskom tvari tj. s bitumenom (migrabitumenom) u porama, pukotinama i šupljinama ili sekundarno bitumenske stijene.

Istražni prostor DI-14 nedjeljivo je vezan uz cjelokupni prostor i razvoj Dinarida. Za razumijevanje potencijala istražnog prostora potrebno je istaknuti rezultate šireg područja (Slika 12). Na istražnom bloku DI-14, gdje je analitičkih podataka malo, upravo

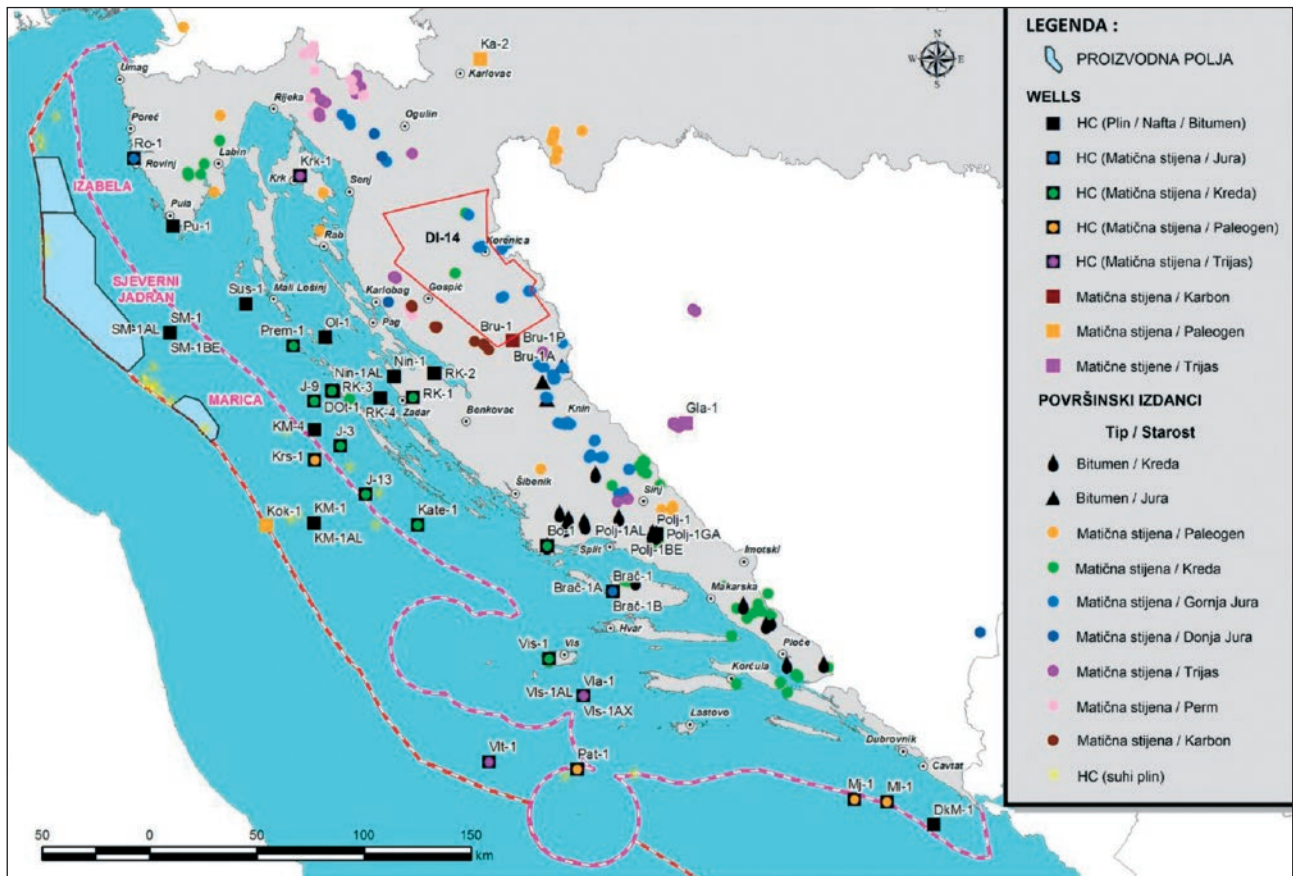


Slika 11. Srednji geološki stup istražnog bloka DI-14 s elementima naftnog sustava

konceptijski naftno geološki model kroz strukturno-tektonska rješenja treba ponuditi odgovore o distribuciji svih facijesa od interesa pa tako i matičnih stijena na većoj dubini i u zrelijem razvoju.

U širem prostoru Dinarida, po kvaliteti i potencijalu ističu se trijaskе, jurske i kredne matične stijene (Slika 13). Matične stijene su karbonati i kalcitni šejlovi koji sadrže kvalitetan organski facijes marinskog, algalno-bakterijskog podrijetla s povećanom količinom sumpora (kerogen tip I-IIS). Taloženje matičnih stijena usko je vezano za uvijete i okoliše taloženja na Jadranskoj karbonatnoj platformi (Velić i ostali, 2002a; 2002b, Vlahović i ostali, 2005). Matične stijene taložile su se u lagunarnim i „*sabkha*“ okolišima koji su karakteristični za platformnu sedimentaciju, ali isto tako i u sinsedimentacijski formiranim dubljevodnijim unutarplatformnim koritima s dobrom

Slika 12. Karta lokaliteta s pojavama ugljikovodika i utvrđenim matičnim stijenama na prostoru Vanjskih Dinarida (Troškot-Čorbić, 2020)





anoksijom i stratifikacijom koji su egzistirali tijekom njene evolucije. Najkvalitetnije matične stijene taložile su se u srednjotrijaskim unutarplatformnim koritima kasnojurskom Lemeškom koritu te krednim karbonatno-evaporitnim facijesima i unutarplatformnim dubljevodnim koritima.

Maturacijski parametri istaknuli su razlike u zrelostima organske tvari. Kvaliteta trijaskih matičnih stijena u zaobalnom području su u kasnoj katagenezi ili metagenezi (Veľebit-Donje Pazarište, Svilaja-Muč), a u odobalnom području (facijes Vlasta-Komiža) organska tvar je početno zrela (naftni prozor > cca 4500 m). Matične stijene Lemeškog korita su nezrele do početno zrele, a one kredne starosti su nezrele.

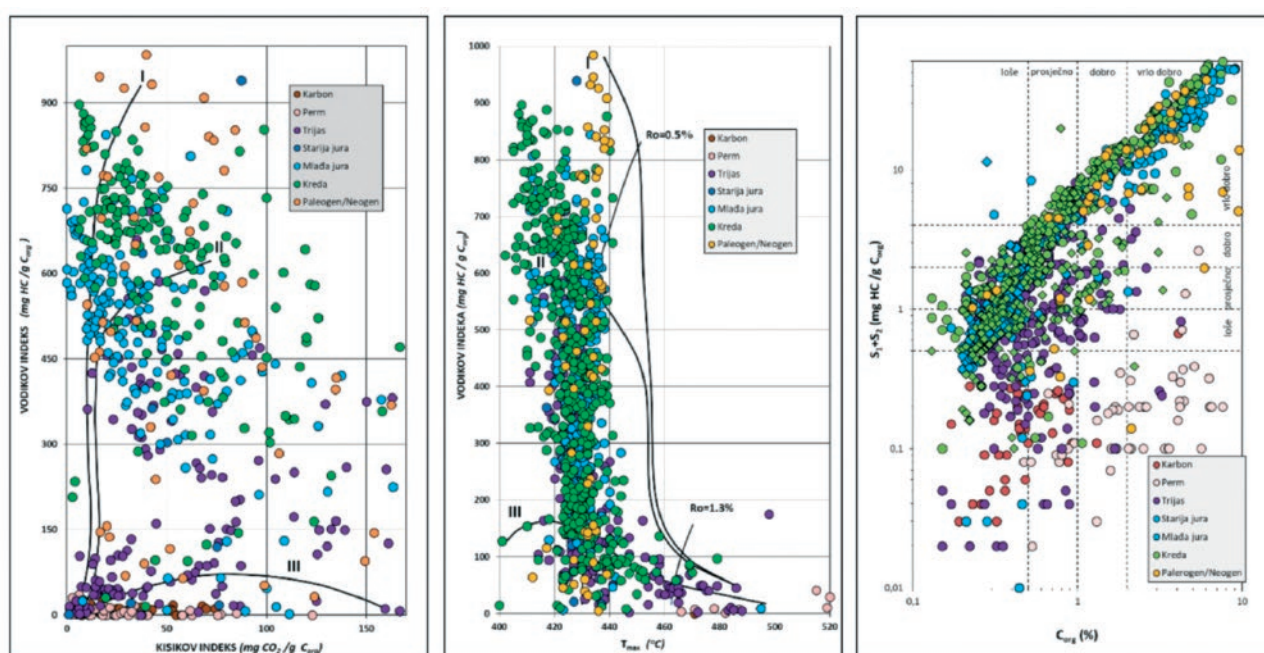
Specifičnost organskih facijesa karbonatnih matičnih stijena je povećan sadržaj sumpora. Sumpor u makromolekuli kerogena omogućava generiranje ugljikovodika na nižem stupnju termičke zrelosti što je i razlog niza pojava ugljikovodika na širem prostoru (bitumen, migrabitumen, naftne mrlje, asfalt, nafta, vlažni plin). Izotopnim analizama potvrđene su pozitivne genetske korelacije alohtonih ugljikovodika s matičnim stijenama jurske i kredne starosti. Korelacije su dodatno usporedive i s talijanskim naftama. Ove pozitivne korelacije potvrđuju aktivan naftni sustav.

Za aktivnost samog sustava vrlo važni su termički podaci, odnosno sam vremenski odnos procesa generiranja, ekspulzije i migracije s formiranjem zamki, što je usko vezano za strukturiranje Dinarida. U tom

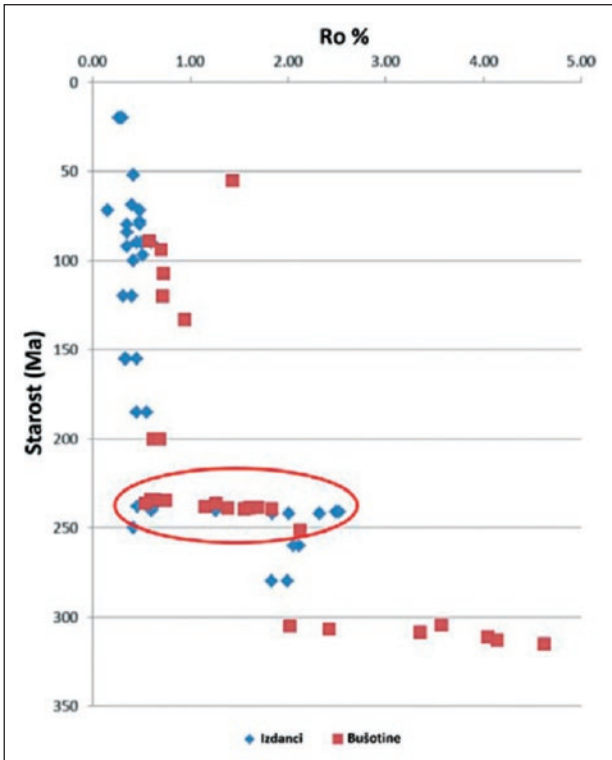
smislu, od izuzetne važnosti su rezultati mjerenja vitritne refleksije u uzorcima svih stratigrafskih nivoa. Trijaskih matičnih stijena su u glavnom iscrpljene ili prezrele. Njihovo generiranje je bilo pred kraj trijasa ili u ranoj juri prije strukturiranja istražnog prostora.

Iako su Dinaridi danas područje izrazito niskog geotermičkog gradijenta 10-20°C/km (1-2,8°/100 m), upravo vitritna refleksija naglašava srednjotrijaski vulkanizam kao najznačajniji termalni događaj u evoluciji prostora (Slika 14) koji svakako treba kalibrirati u analizama toplinskog toka, jer prema rezultatima analiza na području Dinarida nisu registrirani ostali termički događaji.

Podaci vitritne refleksije za karbonske, permске i trijaskih matičnih stijena, odnosno maksimalna temperatura kojoj je bila izložena organska tvar (prema Bostick i ostali, 1979) potvrđeni su i najnovijim termičkim modeliranjima (Slika 15). Prema Srodon i ostali, (2018) maksimalne paleotemperature u sjeverozapadnom području Dinarida su >200°C, ali ne premašuju 270°C, a u jugoistočnom nešto niže (150°C). Termalni klimaks je dostignut tijekom kasne krede i paleocena. Vezan je uz zalijeganje sedimentata na značajnije višim paleogeotermalnim gradijentima (30°C/km) nego što su danas (10-20°C/km). Hlađenje je započelo između 80 i 35 Ma. Prosječna brzina ekshumacije je bila u rasponu 55 do 110 m/Ma. Procjene minimalnih debljina erodiranog sedimentnog stupa variraju od 6 do 6,3 km za karbonske naslage, a 2,2 do 2,4 km za jurske naslage.



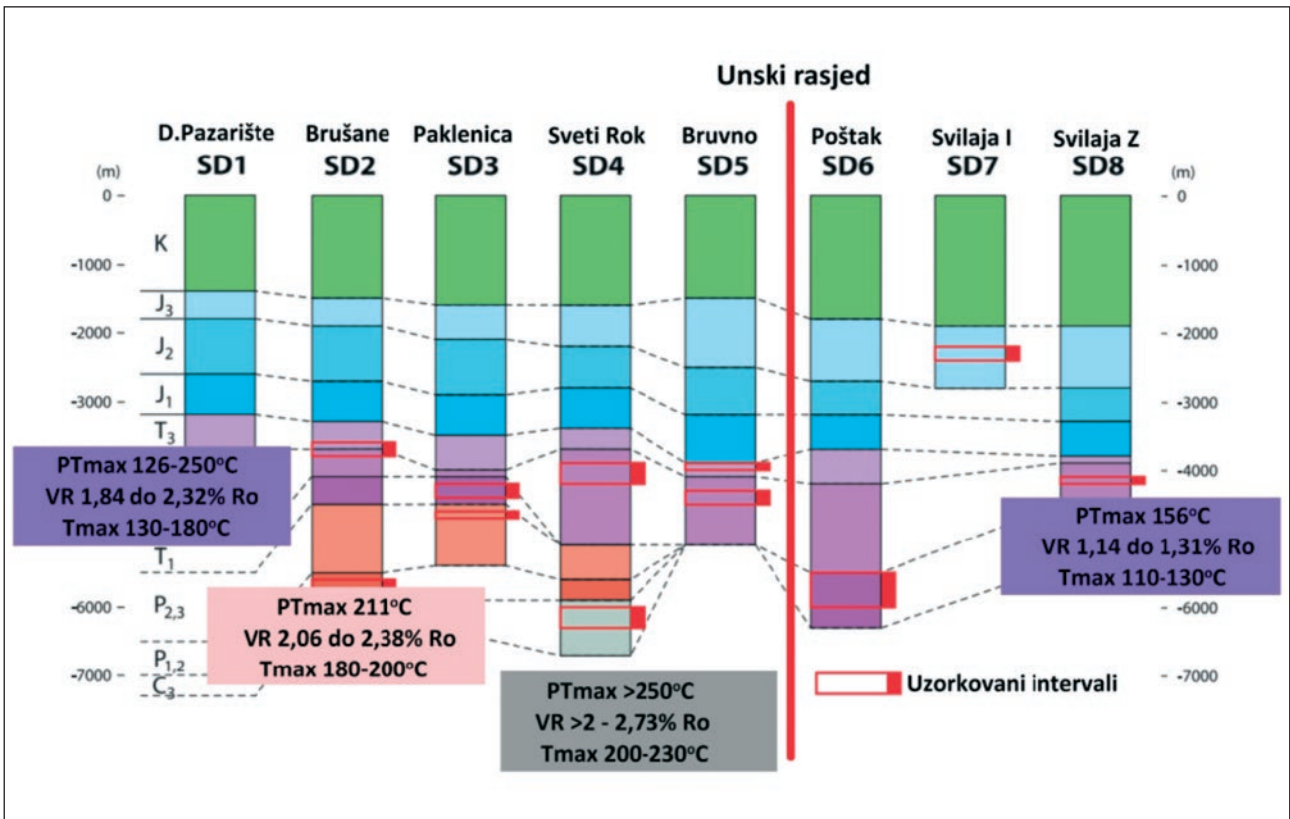
Slika 13. Odabrane stijene s matičnim karakteristikama, Dinaridi. Modificirani Van Krevelen dijagram (lijevo). HI vs  $T_{max}$  dijagram (sredina). Generativni potencijal (desno) (Troskot-Čorbić, 2020)



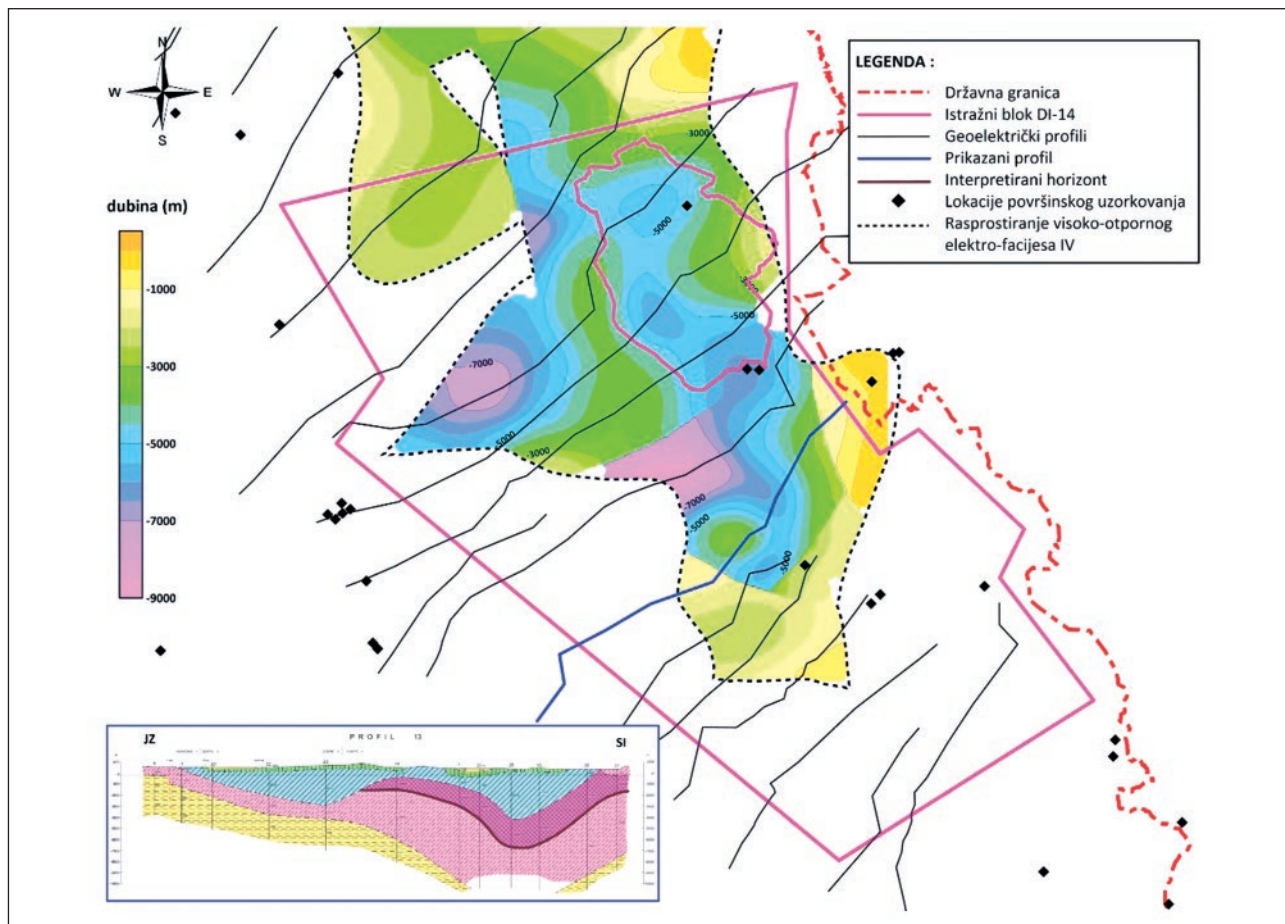
Slika 14. Vitrinitna refleksija vs starost naglašava srednjotrijaski vulkanizam kao najznačajniji termalni događaj

Interpretacija rezultata geokemijskih analiza istaknula je najbolje matične stijene šireg prostora, ali i istražnog prostora DI-14, a to su **gornjojurski karbonati i kalcitični šejlovi Lemeš naslaga** te karbonati krednih evaporitnih i dubljevodnih facijesa izrazito dobrog do odličnog naftnog potencijala (*oil prone*). **Gornjojurske matične stijene su po svojim svojstvima najbolje i najkvalitetnije upravo u ličkom dijelu Lemeškog korita.** Specifični organski facijesi jurskih i krednih matičnih stijena su najdublje zalijegali tijekom kasne krede i paleocena prije strukturiranja. Stoga je osnovni zadatak budućih istraživanje utvrditi njihovu distribuciju u **dubini i u zrelijem stadiju.** Prema tome, ključni element je strukturno-tektonska interpretacije u cilju povezivanja elemenata naftnog sustava. U tom smislu, provedena je preliminarna interpretacija geoelektričkih profila kao jedini oblik dubinskih podataka koji su relativno ravnomjerno raspoređeni po čitavom bloku.

Na temelju 14 interpretiranih geoelektričkih profila (Romandić, 1986, Poglavlje 3.3.1), izrađena je preliminarna dubinska strukturna karta donje granice visoko otpornog elektrofacijesa IV (Slika 16). Elektro-



Slika 15. Rezultati mjerenja vitrinitne refleksije (VR, %Ro) stijena karbonske, permske i trijasko starosti preračunati u maksimalne temperature ( $T_{max}$ ) kojima su stijene bile izložene (Bostik i ostali, 1979) u stratigrafskim stupovima strukturnih domena Dinarida na kraju glavne faze sedimentacije na karbonatnoj platformi s distribucijom maksimalnih paleotemperatura ( $PT_{max}$ ) (prema Srodon i ostali, 2018, prilagodila Troškot-Čorbić, 2020)



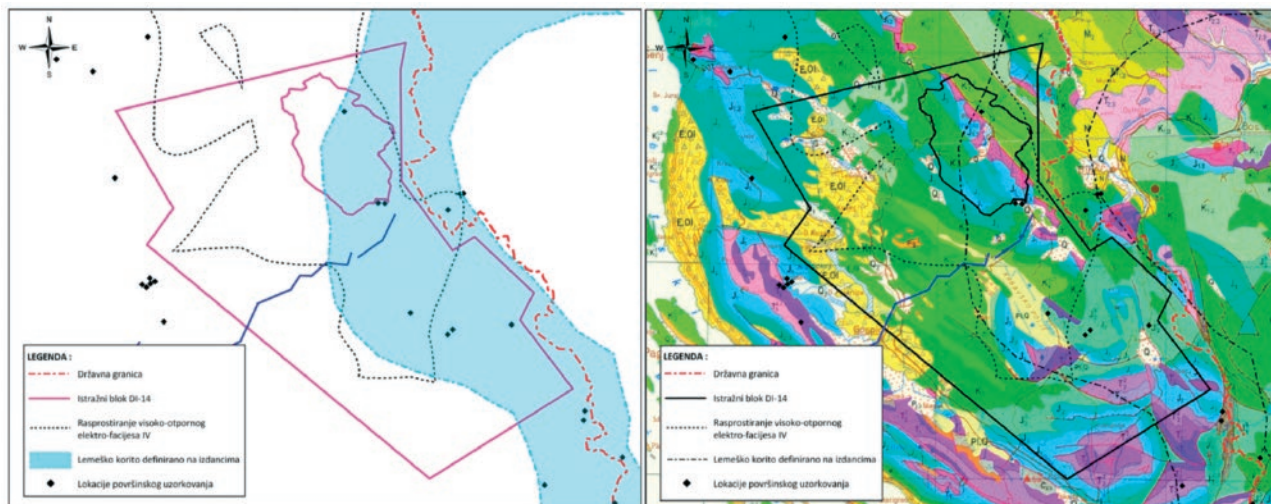
Slika 16. Dubinska strukturalna karta donje granice visoko otpornog elektrofacijesa kategorije IV (Takač, 2020, prema Romandić, 1986)

facijes IV, ima otpore u rasponu od 5500-25000 Wm s maksimalnom izmjerenom vrijednošću od čak 30000 Wm. Ova kategorija obuhvaća različite tipove stijena, a među njim su i najznačajnije bituminozne stijene kao matične stijene, te anhidriti kao pokrovne stijene ili kao klizne plohe. Prema starosti pripadaju juri ili trijasu, a upravo jurska starost odgovara Lemeškom facijesu. Na dubinama većim od 3500 m matične stijene Lemeškog facijesa bi se trebale naći u svojoj izvornoj kvaliteti i u zrelijem stadiju. S obzirom da je geometrija podzemlja uglavnom nepoznata, a raznolikost geološkog rješenja različitih autora i koncepcija ne daje jednoznačne informacije (Slika 4), pokušali su se upotrijebiti vrlo vrijedni geoelektrički podaci kako bi se dobila načelna slika podzemlja, posebno potencijalno matičnog intervala. Stoga je odabrana donja granica elektrofacijesa IV koja garantira moguće maksimalno zalijeganje. To još uvijek ne znači da je to podina Lemeškog facijesa. Geološka interpretacija tek predstoji. Ovdje su prikazana neka moguća rješenja koja će se pokušati potvrditi znatno rezolutnijim metodama kao što je magnetotelurika ili seizmika.

Predočena karta (Slika 16) pokazuje da zona interesa može dosegnuti dubinu od čak 9 km. Na karti je prikazan geoelektrički profil 13 koji ide samom sredinom bloka i jasno pokazuje oblik jarka. Jasno su vidljiva dva dubinska maksimuma: jedan od 9 km u samo središnjem dijelu bloka i drugi na preko 7 km nešto sjeverozapadnije. Grubo tumačenje karte može ići u smjeru da se Lemeški facijes spustio dovoljno duboko da generira zrele ugljikovodike.

Kada se preklape trendovi podzemnog elektrofacijesa IV i površinskog Lemeškog facijesa, tada je primjetno njihovo podudaranje, ali s pomakom (Slika 17 lijevo). To je i logično, jer elektrofacijes IV prikazuje distribuciju trijasko-jurskih stijena ispod krednog kompleksa (Slika 17 desno), dok Lemeški facijes prati površinsku distribuciju trijasko-jurskog kompleksa.

Općenito govoreći, geološka interpretacija geoelektričkih profila može ponuditi idejna rješenja koja u kombinaciji s budućom magnetotelurikom predstavlja dobar temelj za dobro postavljanje mreže seizmičkih profila čija bi interpretacija u konačnici



Slika 17. Prikaz odnosa trendova elektrofacijsa IV prema Lemešom koritu

mogla i dovesti do lokacije za istražnu bušotinu na bloku DI-14.

#### 4.5. Potencijalne zamke

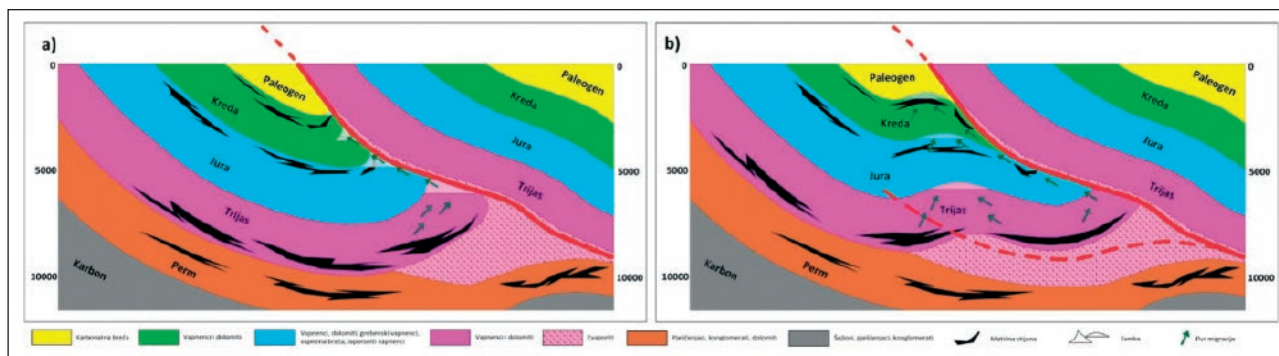
Pronalazak potencijalnih zamki, prije svega ovisan je o strukturno-tektonskom sklopu. Zona interesa na bloku DI-14 nalazi se u širem području Udbine. Treba naglasiti da je to zona navlačnog sustava gdje su na površini najstarije naslage istražnog područja koje izgrađuju jedno krilo antiklinale, dok se drugo nalazi ispod njega. Upravo to drugo, podvučeno krilo je glavni istražni cilj na bloku DI-14.

S obzirom na geološku građu prostora istražnog bloka DI-14, očekivane zamke se mogu naći prema dva scenarija (Slika 18):

a) **Zamke ispod navlačne zone** – zamke naslonjene na rasjed, zamke koje se nalaze ispod rasjeda na način da sama rasjedna ploha čini jedan dio krovine ili pokrova. S obzirom da su navlačne zone potpomognute evaporitima ili šejlovima permo-tri-

jaske starosti, upravo su te stijene pokrovne pošto se one mogu infiltrirati kroz rasjede u pliće dijelove. Isto tako, putevi migracije također idu uzgonom iz dubljih dijelova u pliće uz sam rasjed pošto su krte stijene u podinskom krilu zdrobljene i tvore porozne zone dok se iznad njih kao pokrov nalaze šejlovi ili evaporiti. U tom smislu, zamke se mogu naći u svim mezozojskim stijenama gdje drugi dio pokrova čine intraformacijski šejlovi.

b) **Zamke ispred navlačne zone** – zamke su klasične antiklinale nastale ispred/ispod navlačne zone. U tijeku navlačenja, formacije ispred navlačne zone se boraju i stvaraju se antiklinale koje još nisu zahvaćene rasjedom/navlakom. Isto tako, one mogu nastati i kao drugi slijed navlaka te kao takve, ovisno o stupnju razvijenosti, takve antiklinale mogu i same biti „druga“ navlačna struktura. Ležišne stijene su stijene mezozojskih formacija s pokrovom intraformacijskih šejlova. Putevi migracije idu uzgonom kroz formaciju ili bočno uz navlaku u pliće dijelove.



Slika 18. Pretpostavljeni scenariji potencijalnih zamki

Oba prikazana scenarija podrazumijevaju postojanje permo-trijaskog evaporitskog sloja, premda na površini nije izložen. No, ukupna građa Jadranske karbonatne platforme uključuje i njih, te je za pretpostaviti da su i permotrijaski evaporiti također razvijeni, možda ne na čitavom području. Sama konfiguracija šireg udbinskog područja koji obuhvaća Udbinski, Mazinsku i Čemerničku navlaku te prikazana tektonogeneza indirektno ukazuje na postojanje takvih slojeva koji se ponašaju kao klizne plohe. U svakom slučaju, evaporiti imaju značajnu ulogu u oba scenarija. O prvom scenariju služe kao pokrovne stijene ili kao „drugo krilo“ antiklinale. U drugom scenariju, evaporiti služe kao krovina migracijskog puta koja sprječava pretakanje fluida u krovinsko krilo navlake i usmjeravanje prema potencijalnim zamkama.

No, ako se i pronađu geometrijski oblici u podzemlju koji zadovoljavaju osnovni uvjet točke prelijevanja, ostaje i dalje problem ležišnih i nadasve pokrovnih stijena. Na području Dinarida postoje su dva tipa potencijalno ležišnih stijena. S jedne strane, to su prirodno frakturirane karbonatne stijene razvijene gotovo cijelim mezozoikom – od ranog trijasa pa sve do kasne krede, a nastavljaju se dalje i u eocenu. S druge strane, postoje i paleozojsko-donjotrijaski siliciklastični rezervoari. Problem određivanja kvalitete i petrofizikalnih svojstava ovih stijena predstavlja problem za istraživanje samog istražnog bloka DI-14. Njihova procjena može se temeljiti samo na rezultatima okolnih bušotina i površinskih izdanaka. No, i to također može imati utjecaja primjenu njihovih parametara na istražno područje, jer bušotine pripadaju drugom strukturno-tektonskom okruženju, a površinski izdanci nisu pod ležišnim uvjetima. Ono što je povoljno, i što je zajedničko je mezozojski razvoj Jadranske karbonatne platforme (JKP), te se petrofizikalna svojstva odnosnih stijena, s određenim oprezom, mogu primijeniti s okolnih bušotina.

Ova dva elementa, geometriju i ležišna svojstva možda i neće biti problem naći. Dosadašnje spoznaje nedvojbeno govore da je naftni sustav aktivan. No, da bi naftni sustav bio kompletan potreban je još i izolator. S obzirom na geološku građu karbonatne platforme, istraživači se moraju osloniti na lokalno razvijene lapore ili šejlove duž diskordancija što su nastajale povremenim okopnjavanjem i ponovnim potapanjem mezozojske površine (Vlahović i ostali, 2005). Upravo je to najveći izazov budućih istražnih aktivnosti na bloku DI-14.

## 5. Zaključak

Ovim radom istaknuti su najkritičniji elementi naftnog sustava koji su **prvi cilj** nastavka **istražnih aktivnosti** na bloku DI-14. To su u prvom redu **pokrovne stijene** i **zamke** koje su do danas najmanje istražene. Razlike u poimanju dubinske strukturne arhitekture postavljene su konceptijskim modelom drugačijim od svih do sada predloženih u znanstvenim i stručnim radovima različitih autora.

Dosadašnji tijek istraživanja elemenata naftnog sustava definirao je i dva vjerojatno **najsigurnija elementa**.

Prvi element su matične stijene čija je prisutnost nedvojbeno na površini, a generativni potencijal dokazan. Analitika geokemijskih podataka izdvojila je u prvom redu **gornjojurske karbonate i kalcitične šejlove Lemeških naslaga**, ali i karbonate krednih evaporitnih i dubljevodnih facijesa izrazito dobrog do odličnog naftnog potencijala. **Gornjojurske matične stijene su najkvalitetnije upravo u ličkom dijelu Lemeškog korita**. Specifični organski facijesi, bogati sumporom, i jurskih i krednih matičnih stijena generiraju ugljikovodike na nižem stupnju termičkog stresa što je i potvrđeno s genetskim korelacijama matičnih stijena i bitumena. Matične stijene su najdublje zalijegale tijekom kasne krede i paleocena. *Stoga se fokus istraživanja usmjerava na pronalaženje njihove distribucije u dubini i u zrelijem stadiju.*

Drugi element su prije svega **karbonatne ležišne stijene** koje su rasprostranjene na cijelom prostoru istražnog bloka DI-14. To su vapnenci, dolomiti i dolomitični vapnenci s razvijenim primarnim i sekundarnim porozitetom tijekom dolomitizacije, otapanja i frakturiranja čiji **ukupni porozitet** može dosegnuti **i do 15%**. *Fokus daljnjih istraživanja ležišnih stijena usmjerava se prema uvjetima u kojima će nastati prirodno frakturirane stijene.*

Prema svemu navedenom, istražne aktivnosti idu u dva smjera: potraga za postojanjem **nedokazanih elemenata** (pokrovne stijene, zamke) i potraga za boljim uvjetima **dokazanih elemenata** (matične stijene, ležišne stijene). U svakom slučaju, za povezivanje elemenata naftnog sustava ključni faktor je strukturno-tektonski okvir koji mora sadržavati daleko više podataka od dosada prikupljenih kako bi se smanjile polemike i nedoumice i time i istražni rizik kao i bolja postavka naftnog sustava. U tom smislu potrebna su dodatna istraživanja i primjena metoda i tehnika koje se do danas nisu koristile.

Prema dosadašnjim spoznajama i rezultatima na istražnom bloku DI-14, fokus daljnjih istraživanja usmjeren je na središnji i jugoistočni dio tog prostora. To je šire područje Korenice i Udbine gdje je prepoznat nesklad u pružanju i orijentaciji geoloških struktura u odnosu na trendove geoloških struktura Vanjskim Dinaridima. Sukladno predočenoj strukturnoj koncepciji

uzrok nesklada u pružanju struktura su evaporitni i šejloviti slojevi permo-trijaskog kompleksa kao **klizne plohe** koje olakšavaju tektonski transport, a istovremeno su i **pokrov** potencijalnih **zamki** u podnavlačnom sustavu. U tom smislu, provesti će se potpuna integracija površinskih i podzemnih podataka multidisciplinarnim pristupom kao osnova suvremenog istraživanja ugljikovodika.

## Literatura

### Objavljeni radovi

1. BARIĆ, G., MARIČIĆ, M. & RADIĆ, J. (1988): Geochemical characterization of organic facies in the Dugi Otok Basin, Adriatic Sea. *Organic Geochemistry*, 13, 343-349.
2. BARIĆ, G., TARI, V. & IVKOVIĆ, Ž. (2003): Petroleum system in the southern part of the Pannonian Basin and in the Adriatic Offshore, Croatia. *Nafta*, 54 (7-8), 299-307.
3. GRANDIĆ S., KRATKOVIĆ I., KOLBAH S., SAMARZIJA J. (2004): Hydrocarbon potential of stratigraphic and structural traps of the RavniKotari area – Croatia. *Nafta*, 55(7-8), 311-327.
4. GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1990): Upper Cretaceous stratigraphy of the island of Brač within the geodynamic evolution of the Adriatic carbonate platform: Djela Jugoslavenske Akademije Znanosti i umjetnosti, Opera Academiae Scientiarum et Artium Slavorummeridionalium, 69, 160 p.
5. JERINIĆ, G., JELASKA, V. & ALAJBEG, A. (1994): Upper Cretaceous Organic-Rich Laminated Limestones of the Adriatic carbonate Platform, Island of Hvar, Croatia. *AAPG Bulletin*, 78, 8., 1313-1321.
6. KORBAR, T. 2009. Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates. *Earth-Science Reviews*, 96(4), 296–312. <http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.07.004>
7. MOLDOWAN, J. M., SUNDARAMAN, P., SALVATORI, T., AJALBEG, A., GUKIC, B., LEE, C. Y., DEMAISON, G. (1992): Source correlation and maturation assessment of select oils and rocks from the Central Adriatic basin (Italy and Yugoslavia). In: MOLDOWAN, M., ALBRECHT, P., PHILIP, R. P. (EDS.), *Biological Markers in Sediments and Petrol*. Prentice-Hall, New Jersey, pp. 370–401
8. TROSKOT-ČORBIĆ, T (2011): Organskifacijesi u gornjojurskimnaslagamaGorskog kotare, Like i Dalmacije (Organic facies of the Upper Jurassic sediments in Gorski kotar, Lika and Dalmatia – in Croatian). PhD Thesis, University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, pp. 266.
9. PAMIĆ, J., GUŠIĆ, I., & JELASKA, V., 1998. Geodynamic evolution of the Central Dinarides. *Tectonophysics*, 297(1–4), 251–268. [http://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00171-1](http://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00171-1)
10. PAMIĆ, J., 2002. The Sava-varadar Zone of the Dinarides and Hellenides versus the Vardar Ocean. *EclogaeGeologicaeHellenicae*, 95(1), 99–113.
11. TARI-KOVAČIĆ, V.2002. Evolution of the northern and western Dinarides: a tectonostratigraphic approach. *Stephan Mueller Special Publication Series*, 1, 223–236. <http://doi.org/10.5194/smsps-1-223-2002>.
12. VELIĆ, I., TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, J., KOCH, G. & MATIČEĆ, D. (2002a): Palaeogeographic Variability and Depositional Environments of the Upper Jurassic Carbonate Rocks of VelikaKapela Mt. (Gorski Kotar area, Adriatic Carbonate platform, Croatia). *GeologiaCroatica*, 55/2, 121-138.
13. VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. & MATIČEĆ, D. (2002b): Depositional sequences and palaeogeography of the Adriatic Carbonate Platform. *Mem. Soc. Geol. It.*, 57, 141-151.
14. VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEĆ, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220, 333-360.
15. VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I., MATIČEĆ, D., FUČEK, L., OŠTRIĆ, N., PALENIK, D. I KOCH, G. (2006): Studija Geološka obrada dijela Primorja, Gorskog kotara i Like – Geološko profiliranje po trasi planiranog seizmičkog profila Karlobag–Korenica. Hrvatski geološki institut, Zagreb

### Neobjavljeni radovi

1. AMOCO YUGOSLAVIA PETROLEUM COMPANY (1990): FinalReport on theTechnical Evaluation of the Dinaride Areaof Croatia. Interna studija, INA, d.d., Zagreb
2. ECL Ltd. & INA NAFTAPLIN d.d. (1989): Petroleum Geochemistry of theDinarides, Interna studija. INA, d.d., Zagreb.
3. Fond stručne dokumentacije INA d.d., Zagreb
4. GEPlan CONSULTINGS.r.l. (2018): Dinarides fold and thrust belt potential assessment. INA, d.d., Zagreb
5. HGI (2006): Geološka obrada dijela Primorja, Gorskog kotara i Like, Interna studija. INA, d.d., Zagreb