

Kolapsne strukture u krovinskim naslagama ležišta boksita kod Posušja (BIH)

Topić, Ivana

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:273423>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Prijediplomski studij geološkog inženjerstva

KOLAPSNE STRUKTURE U KROVINSKIM NASLAGAMA LEŽIŠTA BOKSITA KOD
POSUŠJA (BIH)

Završni rad

Ivana Topić
G4544

Zagreb, 2024.



KLASA: 602-01/24-01/135
URBROJ: 251-70-14-24-2
U Zagrebu, 03.09.2024.

Ivana Topić, studentica


RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/24-01/135, URBROJ: 251-70-14-24-1 od 01.07.2024. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

KOLAPSNE STRUKTURE U KROVINSKIM NASLAGAMA LEŽIŠTA BOKSITA KOD POSUŠJA (BIH)

Za mentora ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Doc.dr.sc. Ivica Pavičić nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Mentor:



(potpis)

Doc.dr.sc. Ivica Pavičić

(titula, ime i prezime)

Predsjednica povjerenstva za završne i diplomatske ispite:



(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Ana Maričić

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:



(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje Pašić

(titula, ime i prezime)

KOLAPSNE STRUKTURE U KROVINSKIM NASLAGAMA LEŽIŠTA BOKSITA KOD POSUŠJA (BIH)

Ivana Topić

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Završni rad prikazuje strukturnu analizu i interpretaciju kolapsne strukture u krovinskim naslagama boksitnog ležišta u Cerovim docima, zapadna Hercegovina. U okviru rada detaljnim mjerenjima orijentacija slojevitosti, osi i krila bora rekonstruirao se postanak strukture. Prema dosadašnjim saznanjima kolapsne strukture nastaju kao posljedica diferencijalne kompakcije i dijagenetskih procesa koji dovode do boksitizacije te gravitacijskog spuštanja krovinskih naslaga pri čemu nastaju borane strukture. U okviru provedenih analiza u ovom radu može se zaključiti da su kolapsne strukture na području Cerovih dolaca nastale slijeganjem nelitificiranog taložnog slijeda koje su formirane iznad podzemnih šupljina. Samim tim, zbog nestabilnog materijala došlo je do stvaranja kolapsnih struktura koje su naknadno bile podvrgnute i dodatnom boranju i tektonskim procesima.

Ključne riječi: boksit, kolapsna struktura, Hercegovina

Završni rad sadrži: 26 stranica, 6 tablica, 14 slika, 1 prilog i 13 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Doc. dr. sc. Ivica Pavičić

Ocjenjivači: Doc. dr. sc. Ivica Pavičić
Prof. dr. sc. Željko Duić
Izv. prof. dr. sc. Bojan Matoš

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
2.	GEOGRAFSKI SMJEŠTAJ	3
3.	GEOLOŠKE ZNAČAJKE	4
3.1.	Stratigrafske značajke	5
3.1.1.	Gornja kreda (K_2^{3-6})	5
3.1.2.	Paleogen	8
3.2.	Strukturne značajke područja istraživanja	12
3.3.	Geneza boksita	13
3.4.	Mineralni i kemijski sastav	14
4.	METODE ISTRAŽIVANJA	15
4.1.	Rezultati	16
4.2.	Prostorna analiza orijentacija slojnih ploha na izdanku kolapsne strukture	18
5.	DISKUSIJA I ZAKLJUČAK	21
6.	LITERATURA	22

POPIS SLIKA

Slika 1-1. Kolapsna struktura u krovinskim naslagama ležišta na lokalitetu Sobač.....	2
Slika 2-1. Lokacija područja istraživanja (crvena oznaka) (preuzeto s Google Earth)	3
Slika 3-1. Isječak lista Osnovne geološke karte SFRJ list Imotski sa pripadajućom legendom i geološkim stupom (Raić i dr., 1978)	4
Slika 3-2. Shematski geološki stup bušotine V-14 u području istraživanja koja je nabušila 45 m debljine naslaga.....	5
Slika 3-3. Gornjokredni tamnosivi vapnenci na lokaciji Cerovi doci (X:43.492865 Y:17.385686)	6
Slika 3-4. Uzorci: A) podinski gornjokredni vapnenac, B) krovinski paleocenski pločasti vapnenac, C) podinski gornjokredni vapnenac, D) krovinski sivi paleocenski vapnenac, E) podinski gornjokredni vapnenac i F) boksitna ruda na granici krednih i paleogenskih naslaga.....	7
Slika 3-5. Rudistni vapnenac na lokalitetu Mratnjača (X:43.500067 Y:17.435044).....	8
Slika 3-6. Paleocenski vapnenci s puževima na lokalitetu Koljani (X:43.525141 Y:17.393334)	9
Slika 3-7. Alveolinsko-numulitni sivi vapnenci na lokalitetu Sutina-Vlašani (X:43.518357 Y:17.455804)	10
Slika 3-8. Prikaz razvoja ležišta boksita i krovinskih formacija u boksitonosnom području Posušja (Dragičević i dr., 1992)	12
Slika 4-1. Podinske naslage i krovinska kolapsna struktura u ležištu L-40 (X:43.481843 Y:17.400842).....	15
Slika 4-2. Prikaz slojevitosti, ravnina pukotina i osi bora u Stereonetu	17
Slika 4-3. Originalna slika s prosječnim točkama mjerenja te Stereonet prikazom za četiri skupine mjerenja	18
Slika 4-4. Interpretacija originalne slike i skice izrađene u Inkscape-u	19

POPIS TABLICA

Tablica 3-1. Prosječni postotak udjela (%) pojedinih najvažnijih komponenti boksita	14
Tablica 4-1. Isječak tablice mjerenja slojeva	16
Tablica 4-2. Mjerenja dvoje pukotine (ravnine)	17
Tablica 4-3. Prosječna orijentacija osi bora.....	17
Tablica 4-4. Prosječna orijentacija točaka mjerenja.....	19
Tablica 4-5. Prosječna orijentacija točaka mjerenja i os bore.....	20

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Tablica mjerenih strukturnih elemenata slojevitosti 23

1. UVOD

Istraživano područje smješteno je u boksitonosnom području Cerovi doci, nedaleko od Posušja, gradu u jugozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine. Nalazi se jugozapadno od gore Radovanj te je sa sjevera omeđen planinama do 1 400 m.n.v.. Na jugu se nalazi granica s Republikom Hrvatskom (Slika 2-1). Područje Posušja je tipičan primjer krškog reljefa sa brojnim pripadajućim geomorfološkim oblicima (npr. ponori, pećine, jame, krška polja, vrtače, kanjoni). Područje današnjih Vanjskih Dinarida, od Slovenije pa sve do Crne Gore, pa tako i područje Zapadne Hercegovine i Posušja, u paleogeografskom smislu pripadaju području nekadašnje Jadranske karbonatne platforme (JKP) koja predstavlja jednu od najvećih mezozojskih platformi perimediterranske regije (Vlahović i dr., 2005). Karbonatni slijed naslaga, formiran tijekom perioda od donje jure do gornje krede, osim Bosnom i Hercegovinom i Republikom Hrvatskom, proteže se od Sjeverne Italije, Slovenije, Hrvatske, Crnu Gore do Albanije a debljina slijeda naslaga JKP iznosi od 3 500 m do gotovo 6 000 m (Vlahović i dr., 2005). Za vrijeme egzistencije i razvoja JKP dogodio se niz emerzija odnosno kopnenih faza, kada su dijelovi platforme bili izloženi kopnenim uvjetima a jedan od najznačajnijih takvih događaja je regionalno prepoznata emerzija na granici krede i paleogena. U tektonskom smislu došlo je do sudaranja Jadranske mikroploče i Europe pa je time došlo do kompresije i diferencijalnog izdizanja prostora JKP (Tišljarić i dr., 2002; Vlahović i dr., 2005). Dužih i kraćih emerzijskih faza, kroz dugotrajni razvoj Jadranske karbonatne platforme je bilo više, no samo su neke od njih karakterizirane formiranjem ležištima boksita krškog tipa. Emerzijska faza na granici krede i paleogena karakterizirana je brojnim i ekonomski najisplativijim ležištima na cijelom području Jadranske karbonatne platforme. Ležišta boksita u području cijele zapadne Hercegovine pa tako i Posušja pripadaju upravo emerziji između krede i paleogena te su ležišta u području Posušja ekonomski najisplativija.

Dugotrajna eksploatacija boksita uzročno-posljedično rezultirala je brojnim geološkim istraživanjima i vrijednim geološkim podacima. Rudnici boksita Posušje aktivno djeluju još od 1957. godine u a eksploataciji i povećanju proizvodnje rude. Prosječna godišnja proizvodnja je cca. 50 000 – 70 000 tona što dokazuje kvalitetu mnogobrojnih istraživanja i radova (Arhiva rudnika boksita d.o.o. Posušje).

Eksploatacijom ležišta koja se nalaze pod krovinskim naslagama otkriveni su brojni zasjeci i profili krovinskih (paleogenskih) naslaga ležišta boksita te su na nekoliko ležišta u području Sobača i Cerovih dolaca uočene tzv. kolapsne strukture u krovinskim naslagama ležišta boksita (Slika 1-1). Kolapsne strukture nastaju kao rezultat deformacije i urušavanja djelomično litificiranih stijena uslijed formiranja podzemnih šupljina odnosno kaverni (Loucks, 2007). U ovom radu, reprezentativna kolapsna struktura otkrivena je u području Cerovih dolaca, prilikom eksploatacije ležišta L-40.



SLIKA 1-1. KOLAPSNA STRUKTURA U KROVINSKIM NASLAGAMA LEŽIŠTA NA LOKALITETU SOBAČ

U skladu s navedenim, tema istraživanja ovog rada je strukturno-geološka analiza i opis kolapsne strukture u ležištu L-40.

Istraživanje je provedeno u tri faze:

- 1) Terensko kartiranje i detaljna strukturna mjerenja orijentacija slojevitosti i osi bora u krovinskim naslagama ležišta;
- 2) Obrada podataka te izrada stereografskih projekcija mjerenih podataka;
- 3) Interpretacija rezultata.

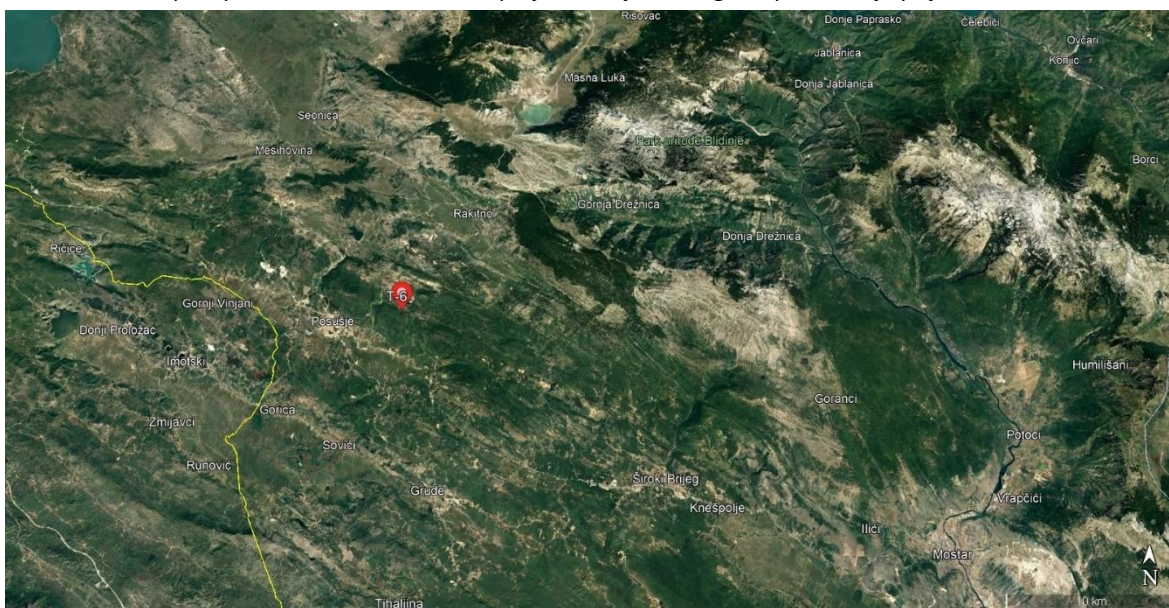
Cilj rada je bio opisati i objasniti postanak i uvjete u kojima nastaju kolapsne strukture u krovinskim naslagama ležišta boksita na navedenoj lokaciji.

2. GEOGRAFSKI SMJEŠTAJ

Područje Posušja (Slika 2-1. 43.47°N, 17.33°E) pripada Zapadnohercegovačkoj županiji, BiH. Grad Posušje je smješten u planinskom i krševitom području. Dominiraju karbonatne stijene, a teren je obilježen brojnim krškim oblicima kao što su vrtače, špilje, jame. Sjeveroistočno od Posušja nalazi se planina Čvrstica (2 228 m), jedna od najviših planina u Bosni i Hercegovini, te ledenjačko jezero Blidinje jezero. Teren je pretežno brdovit, smješten na nadmorskoj visini između 1 000 i 1 300 metara, najvećim dijelom obuhvaća planinu Mratnjaču (Magaš, 1998). Na sjeveru i sjeveroistoku, Mratnjača se strmo spušta prema Rakitskom polju, dok se prema sjeverozapadu teren postupno spušta u dolinu Tribistova. Prema jugu prelazi u brdoviti krajolik koji vodi do Posušskog polja preko Sopča. Na jugoistoku planina završava kanjonom Ugrovača. Najviši vrh Mratnjače doseže 1 229 metara. Okršavanjem vapnenačkog tla stvorene su brojne uvale i vrtače (Magaš, 1998).

SLIKA 2-1. LOKACIJA PODRUČJA ISTRAŽIVANJA (CRVENA OZNAKA) (PREUZETO S GOOGLE EARTH)

Krški reljef te nadmorska visina izravno utječe na specifičnu mikroklimu ovog područja. Pretežito mediteranska klima koja je određena blizinom Jadranskog mora modificirana je nadmorskom visinom, tlom i visokim planinama. Posušje se može opisati kao mjesto na prirodnoj granici između izmijenjene mediteranske i predplaninske klime. Posuško polje, na kojem leži grad, predstavlja prijelaz između



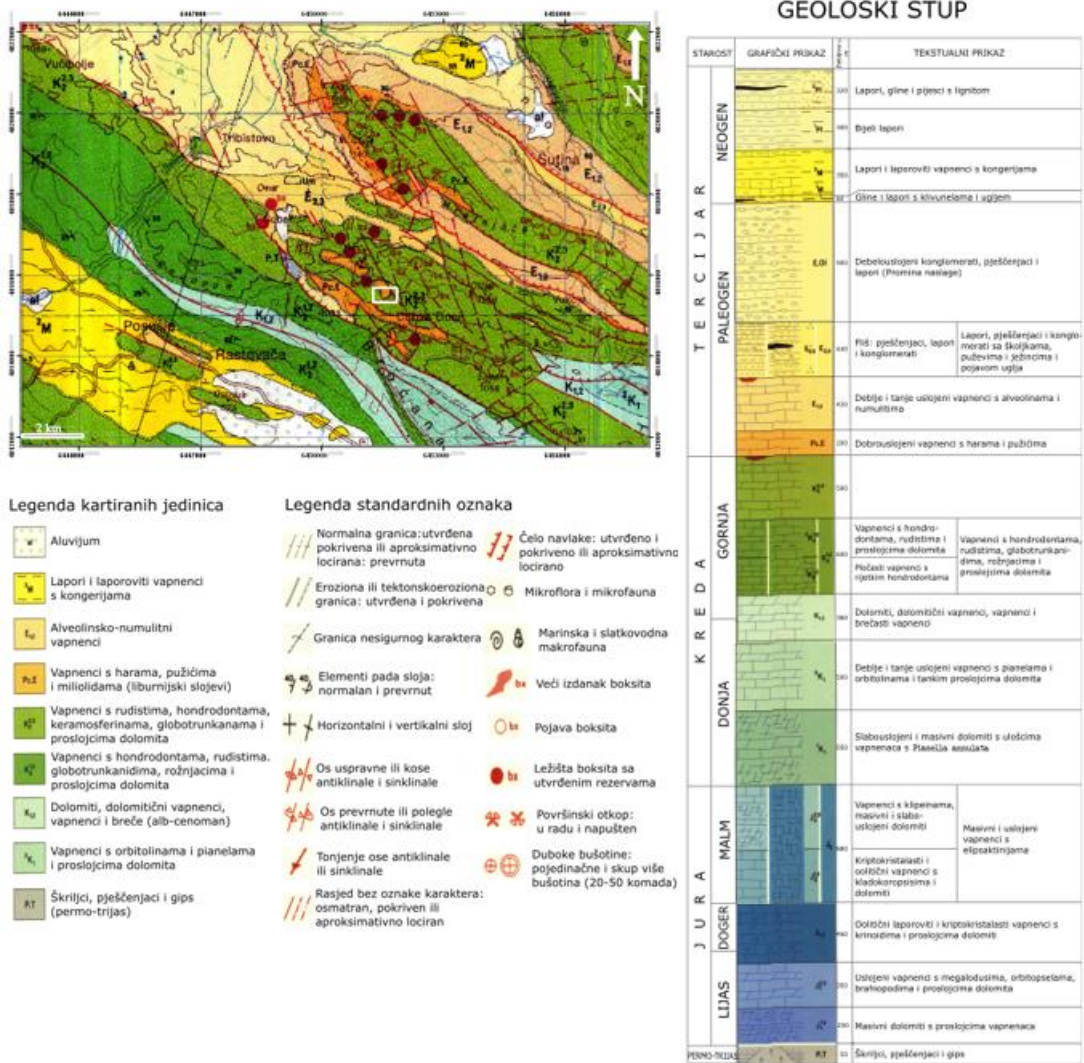
mediteranskog i planinskog kraja, što naglašava njegovu klimatsku raznolikost. Blizina Jadranskog mora donosi utjecaje mediteranske klime, s blagim zimama i toplim, suhim ljetima. S druge strane, nadmorska visina i prisutnost visokih planina uvode elemente kontinentalne i pretplaninske klime, s hladnijim zimama i većim temperaturnim oscilacijama. Tlo, koje varira od plodnih dolina do kamenitih planinskih područja, također igra ključnu ulogu u oblikovanju lokalne klime (Lucić, 2002).

Vezano uz hidrogeološke značajke Posušja područje je bogato podzemnim vodama što je tipično za krške terene. Naime, sve stijene koje izgrađuju ovaj teren manje-više odlikuju se sekundarnom poroznošću. Površinskih tokova je malo i gotovo da nema stalnih tokova nego dominiraju povremeni koji ovise o hidrološkim prilikama. Radi okršivosti karbonatnih stijena na površini većina oborina ponire direktno u podzemlje (Petrić, 2014).

3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE

Na temelju podataka s OGK SFRJ 1:100.000, Tumač za list Imotski (Raić i dr., 1978), u ovom poglavlju bit će prikazan kratak pregled geoloških značajki šireg područja (Slika 3-1; lokacija područja istraživanja označena je bijelim pravokutnikom). Posebna pažnja bit će posvećena opisivanju neposredne podine i krovine ležišta boksita, jer su ključne za utvrđivanje starosti boksita.

Ako se izuzme manji izdanak permotrijasa sjeveroistočno od Posušja, u području Ivovika, izgrađenog od škriljavaca, pješčenjaka i gipsa, može se reći da je šire boksitonosno područje Posušja izgrađeno od sedimenata stratigrafskog raspona jura-kvartar. Za istraživanje boksita cijelog boksitonosnog područja Posušja posebno su važne stijene neposredne podine ležištima boksita, odnosno gornjokredni rudistni vapnenci te raznovrsne karbonatne i klastične stijene u krovini ležišta boksita stratigrafskog raspona paleocen-oligocen, pa će te naslage biti i detaljnije opisane. Naime, krajem gornje krede, odnosno na prijelazu iz krede u paleogen, nastupa kopnena faza uz formiranje boksita u razvedenom paleoreljefu u gornjokrednim rudistnim vapnencima. Krovinske karbonatne i klastične naslage ležištima boksita taložene su u stratigrafskom rasponu od paleocena do kraja oligocena u raznovrsnim taložnim okolišima na razvedenom paleoreljefu (Blašković, Dragičević i Pokrajčić, 1989; Dragičević i dr., 1992; Dragičević i Blašković, 2001).



SLIKA 3-1. ISJEČAK LISTA OSNOVNE GEOLOŠKE KARTE SFRJ LIST IMOTSKI SA PRIPADAJUĆOM LEGENDOM I GEOLOŠKIM STUPOM (RAIĆ I DR., 1978)

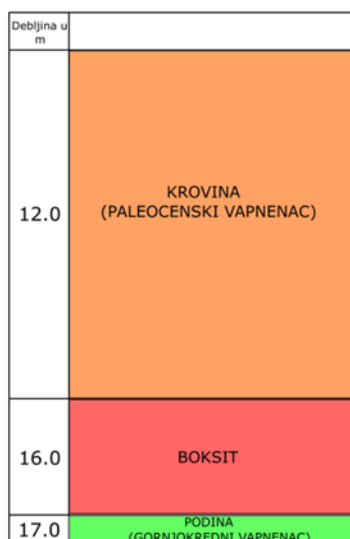
3.1. Stratigrafske značajke

Površinska geološka građa Cerovih dolaca sastoji se od:

- 1) gornjokrednih rudistnih vapnenaca;
- 2) boksita koji su se formirali tijekom emerzije između gornje krede i paleogena;
- 3) paleogenskog karbonatno-klastičnog kompleksa (Arhiva rudnika boksita d.o.o. Posušje).

U nastavku poglavlja stratigrafske značajke neposrednih podinskih i krovinskih naslaga biti će opisane od starijih prema mlađima (Slika 3-2).

GEOLOŠKI STUP CERОВI DOCI LEŽIŠTE L-40 BUŠOTINA V-14 M 1:200



SLIKA 3-2. SHEMATSKI GEOLOŠKI STUP BUŠOTINE V-14 U PODRUČJU ISTRAŽIVANJA KOJA JE NABUŠILA 45 M DEBLJINE NASLAGA.

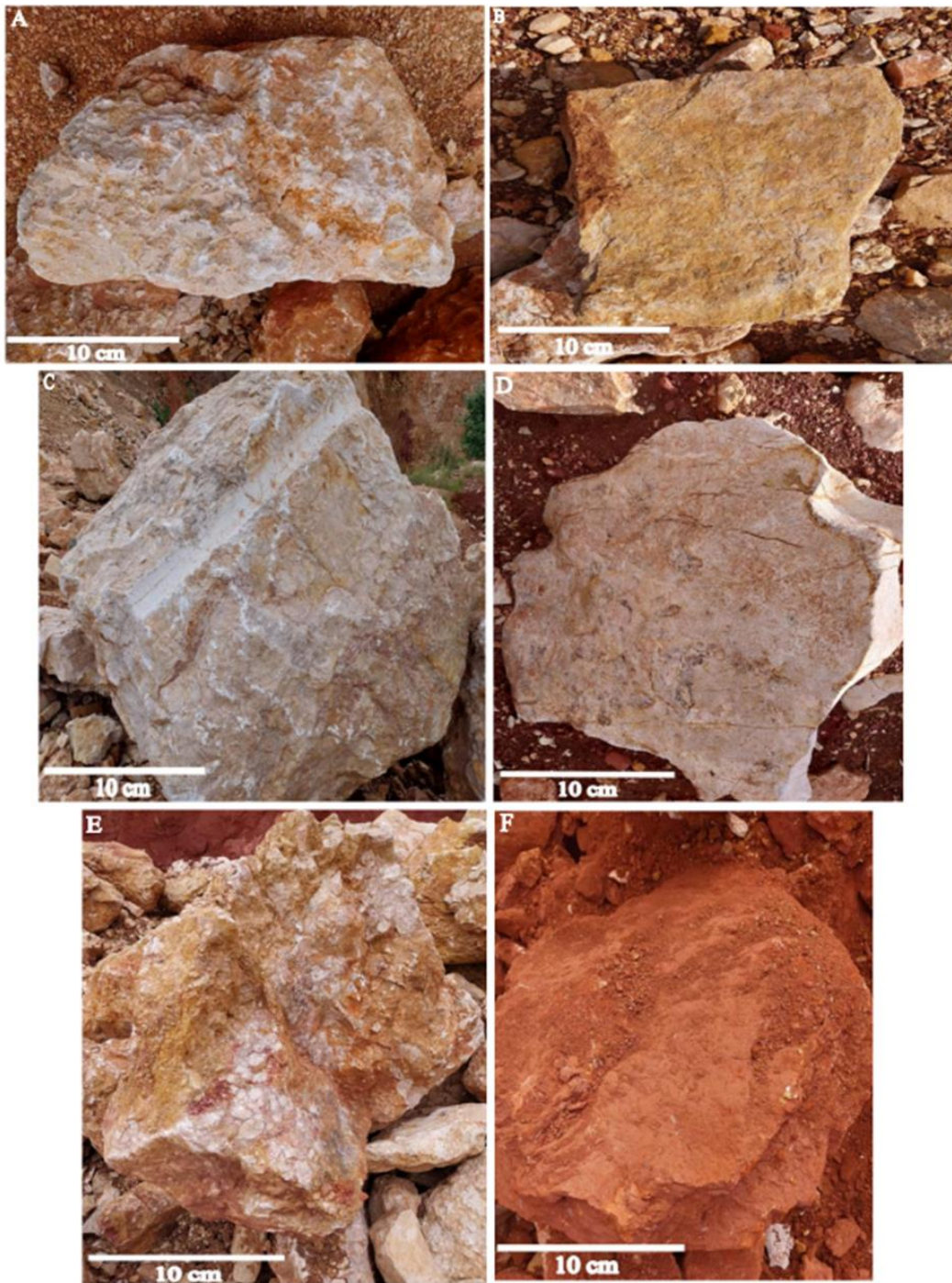
3.1.1. Gornja kreda (K_2^{3-6})

Gornja kreda je predstavljena karbonatnim stijenama turonsko-mastrihtne starosti (Slika 3-3). Ove debele serije slojeva naborane su u brojne male antiklinale i sinklinale koje su većinom nagnute prema jugozapadu, a rjeđe prema sjeveroistoku. Slojevi strmo padaju prema sjeveru i sjeveroistoku pod kutem nagiba od 30 do 85 stupnjeva. Na južnim padinama Koštije glave, slojevi su mjestimično vertikalni, a ponekad i prevrnuti (Raić i dr., 1978). Tamnosivi, crvenkasti i bijeli vapnenci čine dominantne dijelove terena, smješteni u jezgrama nekoliko antiklinala. Jako su okršeni i kristalasti, dijelom mramornog izgleda. Unatoč intenzivnom okršavanju, slojevitost je često vidljiva, a vapnenci su ispucali po sustavu pukotina okomitih na slojevitost. Najrasprostranjeniji su kriptokristalasti vapnenci s kalcitnim žilama. Mramorni vapnenci nalaze se u blizini ležišta boksita, dok se brečasti vapnenci pojavljuju uz ležišta boksita ili veće rasjede (Raić i dr., 1978).



SLIKA 3-3. GORNJOKREDNI TAMNOSIVI VAPNENCI NA LOKACIJI CERVI DOCI (X:43.492865 Y:17.385686)

Makroskopski fosili uključuju rudiste i *Chondrodonta* (Slika 3-4A, Slika 3-4C), dok su mikrofossilni ostaci *Radiolites peroni*. Na temelju ovih fosilnih ostataka zaključeno je kako serija vapnenaca većim dijelom pripada turonu, dok viši horizonti pripadaju senonu. Rudistni vapnenci starosti konijak-mastriht (K_2^{3-6}) su često u tektonskom odnosu sa starijim i mlađim naslagama, a u neporemećenom slijedu su u normalnom kontaktu s donjokrednim vapnencima (Raić i dr., 1978). Ova jedinica sastoji se od smeđesivih i svijetlosivih vapnenaca s proslojcima dolomita (Slika 3-4B). Na temelju makrofosila, dokazano je kako u donjem dijelu mlađe krede (turon) dominiraju *Chondrodonta*, dok u gornjem dijelu (konijak-mastriht) prevladavaju rudisti (Slika 3-5.). Ove zajednice često su tvorile vapnenačke grebene koji ukazuju na plitkomorske, šelfne uvjete taloženja (Dragičević i dr., 1992). Debljina rudistnih vapnenaca iznosi oko 500 metara (Raić i dr., 1978).



SLIKA 3-4. UZORCI: A) PODINSKI GORNJOKREDNI VAPNENAC, B) KROVINSKI PALEOCENSKI PLOČASTI VAPNENAC, C) PODINSKI GORNJOKREDNI VAPNENAC, D) KROVINSKI SIVI PALEOCENSKI VAPNENAC, E) PODINSKI GORNJOKREDNI VAPNENAC I F) BOKSITNA RUDA NA GRANICI KREDNIH I PALEOGENSKIH NASLAGA



SLIKA 3-5. RUDISTNI VAPNENAC NA LOKALITETU MRATNJAČA (X:43.500067 Y:17.435044)

3.1.2. Paleogen

Paleogene naslage prekrivaju većinu središnjeg dijela Osnovne geološke karte lista Imotski (Raić i dr., 1978). Stariji paleogen dominira karbonatnim facijesom, dok mlađi paleogen karakteriziraju klastični sedimenti. Unutar starijeg paleogena nalaze se liburnijske naslage i alveolinsko-numulitni vapnenci. Klastične naslage paleogena dijele se na tri segmenta (Raić i dr.,1978):

- 1) donji segment koji uključuje lapore, pješčenjake i konglomerate s obilježjima fliša;
- 2) srednji segment, sličnog litološkog sastava, ali bogat makrofosilima te se ne svrstava u fliš;
- 3) najmlađi segment paleogena koji se sastoji od debelih naslaga konglomerata s manjim količinama pješčenjaka.

Liburnijski slojevi i alveolinsko-numulitni vapnenci (Pc,E)

Liburnijske naslage uključuju tanke slojeve vapnenaca koji su transgresivni i blago diskordantni u odnosu na gornjokredne karbonate. Krovinu tih naslaga čine alveolinsko-numulitni vapnenci, prisutni u širem području kao što su Poklečani, Cerovi doci, Crne Lokve, Mratnjača i Studenac (Arhiva rudnika boksita d.o.o. Posušje).

Liburnijski slojevi karakteriziraju vapnenci smeđesive do tamno smeđe boje, vapnenci s haraaceama, puževima i miliolidima. (Slika 3-6, Slika 3-4B, Slika 3-4D). Ovi vapnenci formirani su u marinskim uvjetima (marinski plićak), s mikro- i kriptokristalastom strukturom te visokim udjelom CaCO_3 . Prema OGK list Imotski (Raić i dr.,1978), temeljem fosila, ove naslage se datiraju na vrijeme paleocena i donji eocena. Analizom vapnenačkog nanoplanktona na lokalitetu Velika Oluja kraj Mratnjače, utvrđeno je kako liburnijski slojevi pripadaju donjem eocenu (Dragičević i dr., 1992; Dragičević i Blašković, 2001). Biokronološki, ove naslage pripadaju NP-13 biokronozoni (Dragičević i dr., 1992), označavajući ih kao najstarije karbonatne stijene paleogena u tom području.



SLIKA 3-6. PALEOCENSKI VAPNENCI S PUŽEVIMA NA LOKALITETU KOLJANI (X:43.525141 Y:17.393334)

Liburnijske naslage u boksitonosnom području Posušja prisutne su kao relativno male površine s ograničenim rasprostiranjem zbog specifičnog taložnog okoliša. Taloženje ovih naslaga događalo se u najnižim dijelovima paleoreljefa koji su prvi bili zahvaćeni transgresijom (Snižnica, Podsniježnica, Sobač, Mranjača i dr.). Ukupna debljina ovih naslaga može doseći do 200 metara, iako su obično erodirane i u pravilu znatno tanje.

Alveolinsko-numulitni vapnenci (E_{1,2})

Taloženje ovih naslaga počinje nakon što prestane taloženje liburnijskih slojeva, stoga se u najstarijem dijelu slijeda nalaze zajedno. Granica između njih određena je pojavom alveolina, što je tipično za starije dijelove ovog slijeda. Gornji dio slijeda obilježen je numulitima, masivnim slojevima svijetlo sive i bijele boje koji su se taložili u plitkom moru (Slika 3-7). Ovi slojevi su u konkordantnom odnosu s liburnijskim slojevima i često prekrivaju gornjokredne vapnenace. Foraminifere pronađeni u ovim slojevima, kao što su *Alveolina oblonga*, *A. lepidula*, *A. cremae*, *Nummulites atacicus*, upućuju na to da većina ovih naslaga pripada donjem eocenu, dok se neki dijelovi datiraju u srednji eocen (Raić i dr., 1978). Preciznija starost ovih naslaga određena je analizom foraminifera na lokalitetu Mratnjača, gdje su utvrđeni kao kuizij i donji lutet (Dragičević i dr., 1992). Ukupna debljina slijeda ovih naslaga doseže do 420 metara.



SLIKA 3-7. ALVEOLINSKO-NUMULITNI SIVI VAPNENCI NA LOKALITETU SUTINA-VLAŠANI (X:43.518357 Y:17.455804)

Eocenski lapori, pješčenjaci, konglomerati s makrofaunom te breče (E,OI)

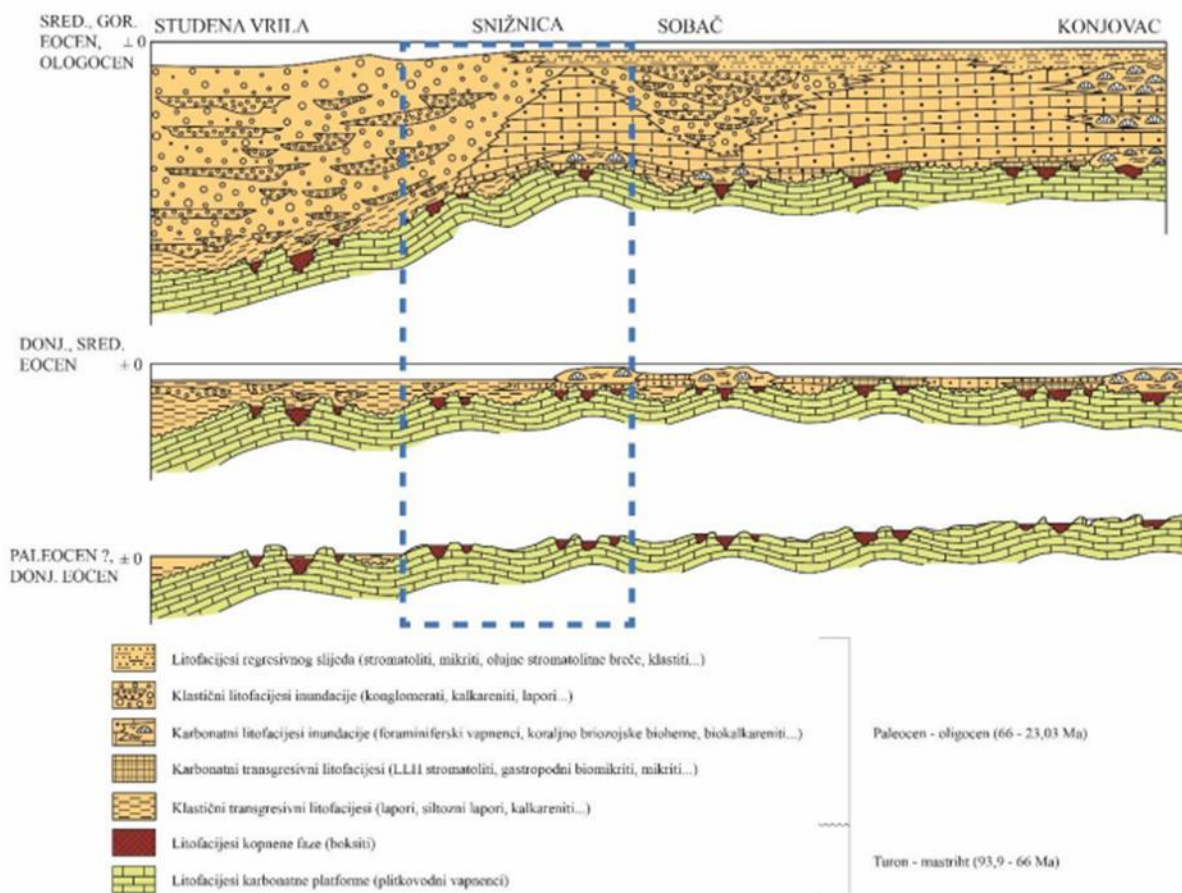
U stratigrafskoj krovini prethodno opisanih naslaga nalaze se eocenski lapori, pješčenjaci, konglomerati i breče, koji su najviše zastupljeni na području Tribistova i Konjovca. Ovi slojevi obiluju ostacima školjaka, koralja, puževa, ježinaca te tragovima ugljena, što sugerira molasni karakter. Među značajnijim vrstama makrofaune ističu se *Lucina saxorum*, *L. dalmatina*, *Cardium dabricense*, *Velates schmidelianus*, *Cerithium*, *Natica*, dok su među foraminiferima prisutni *Rotalia*, *Orbitolites complantus*, *Alveolina elongata* (Raić i dr., 1978). Analizom vapnenačkog nanoplanktona i bentičkih foraminifera na lokalitetima Dautovac i Sobač utvrđena je donjo- i srednjeocenska starost ovih slojeva (Dragičević i dr., 1992; Dragičević i Blašković, 2001). Stoga, na određenim lokacijama ovi slojevi predstavljaju lateralni ekvivalent liburnijskih naslaga i alveolinsko-numulitnih vapnenaca. Ova grupa litofacijesa često se nalazi u neposrednoj krovini ležišta boksita i transgresivna je na gornjokredne vapnenice (kao što su područja Dautovac, Sobač, Konjovac, Snižnica). Ukupna debljina opisanih slojeva može doseći i do 440 metara.

Konglomerati, pješčenjaci i lapori (Prominske naslage), (E,OI)

Prominski slojevi, obilježeni laporima, pješčenjacima i posebno konglomeratima (Raić i dr., 1978; Dragičević i dr., 1992), izmjenjuju se vertikalno i lateralno unutar tri litofacijesa. Većina konglomerata datira iz kredno-eocenskog razdoblja, dok se ponekad javljaju rožnjaci i dolomiti, obično u mlađim slojevima. Česta je pojava gradacije valutica, a vezivo u konglomeratima je pjeskovito-laporovito. Ove slojevite naslage nalazimo diskordantno iznad krednih, liburnijskih i alveolinsko-numulitnih vapnenaca. Uočeni nagib slojevitosti, dimenzija od decimetara do metara, sugerira da su formirane pod utjecajem visokoenergetskih gravitacijskih tokova (Dragičević i dr., 1992).

Prominski slojevi su ključni nositelji brojnih ležišta boksita poput onih u Dautovcu, Vučipolju i Studenim Vrilima (Dragičević i Blašković, 2001). U mlađim slojevima kontinuirano se talože preko regresivne serije na foraminiferske vapnenice. Ovi litofacijesi djelomično korespondiraju s karbonatnim transgresivnim litofacijesima u području Velike Oluje i Koljana, te najvjerojatnije s najstarijim karbonatnim litofacijesima inundacije u području Podsniježnice, dijelom Snižnice, te Sobača i Konjovca. Prominski klastiti tako predstavljaju bočne ekvivalente svih prethodno opisanih članova paleogena, a ukupna debljina tih naslaga doseže oko 900 metara (Slika 3-8).

**PRIKAZ RAZVOJA LEŽIŠTA BOKSITA I KROVINSKIH FORMACIJA
(PROMINA FORMACIJA - FORMACIJA FORAMINIFERSKIH VAPNENACA)**



SLIKA 3-8. PRIKAZ RAZVOJA LEŽIŠTA BOKSITA I KROVINSKIH FORMACIJA U BOKSITONOSNOM PODRUČJU POSUŠJA (DRAGIČEVIĆ I DR., 1992)

3.2. Strukturne značajke područja istraživanja

Teren odnosno strukture Cerovih dolaca, kao i ostali tereni Hercegovine, imaju generalni pravac pružanja sjeverozapad-jugoistok (Slika 3-1). Kompresijski režim naprezanja koji je djelovao u smjeru SI-JZ rezultirao je nastankom niza kosih i prevrnutih bora sa osnim plohama nagnutih u smjeru JZ odnosno, SI. Uz boranje, istovremeno je dolazilo i do rasjedanja. Važna strukturna jedinica na ovom terenu je antiklinala Koštija glava. Jezgru čine rudistni vapnenci, a u krilima se nalaze paleogenski sedimenti koji su sve mlađi udaljavajući se od osi bore. Os antiklinale se pruža po pravcu sjeverozapad-jugoistok. Idući dalje prema jugozapadu paleocenski sedimenti su borni u nekoliko malih, prevrnutih antiklinala i sinklinala.

Počevši od Konjovca pa do Širića brijega naizmjenično se izmjenjuju sinklinale i antiklinale, često polegale i prevrnute. Na krilima sinklinale se, na kontaktu sa rudistnim vapnencima, nalaze brojna ležišta boksita.

Jasno izražena rasjedna zona, koje se može pratiti od Doca pa preko Širića ograde i Cerovih dolaca, dalje prema Crnim Lokvama, ostavila je vidne tragove na sedimentima paleogena i gornje krede. Kao posljedica rasjeda došlo je do boranja i razlamanja tektonskih struktura. Ostali rasjedi su znatno manjeg pomaka i u većini slučajeva su formirani u jednoj stratigrafskoj jedinici.

Može se zaključiti kako je poslije nastanka sedimenata gornje krede došlo do prekida sedimentacije. Tada nastupaju, kao posljedica laramijske orogeneze, intenzivni procesi i stvaranje boksita. Ponovna transgresija mora počinje s taloženjem paleocenskih sedimenata (Liburnijski slojevi), odnosno formiranjem predgorskog bazena te tzv. *piggyback* bazena. Za ovaj teren nema podataka na osnovu kojih bi se moglo utvrditi kada završava ovaj paleogenski sedimentacijski ciklus. Međutim, na susjednim terenima razvijeni su alveolinsko-numulitni vapnenci, sedimenti fliša i prominske naslage. Ležišta boksita u eocenskim vapnencima svjedoče da su se orogeni pokreti odvijali i kasnije. Rasjedi koji presijecaju navedene strukture pripadaju nekim mlađim orogenim pokretima, vjerojatno neogenim ili čak kvartarnim (Arhiva rudnika boksita d.o.o. Posušje).

3.3. Geneza boksita

Prema dosadašnjim saznanjima, postoje dvije vrste boksita: lateritski i krški (Bárdossy, 2013). Lateritski boksiti se formiraju iz alumosilikatnih stijena, poput magmatskih i metamorfnih stijena, putem površinskog trošenja u toplim i vlažnim klimatskim uvjetima, i najčešće se nalaze u tropskim predjelima.

U isto vrijeme, u istraživanom području nalazi se boksiti krškog tipa. Postoji više teorija o genezi krških boksita i načinu na koji su transportirani u paleoudubljena. Jedna od teorija sugerira kemijsko trošenje podinskih vapnenaca. U isto vrijeme održivija teorija smatra kako je geneza boksita povezana s vulkanskom materijalom koji je vjetrom ili vodenim tokovima bio prenesen, taložen i pretaložen u niže predjele gdje je započeo proces boksitizacije.

Stratigrafija, međutim, igra ključnu ulogu u određivanju tipa i nastanka ležišta boksita. Zapadna Hercegovina bogata je paleogenim boksitima zbog kontinuirane boksitogeneze tokom starijeg i srednjeg paleogena. Područje Posušja je posebno interesantno zbog velikog broja izdanaka podinskih i krovinskih naslaga koje pomažu u pronalaženju ležišta boksita (Dragičević i Blašković, 2001).

Ranija istraživanja su ukazivala na postojanje dvije generacije boksita:

- 1) starijih boksita ograničenih donjokrednim vapnencima i donjopaleogenim liburnijskim naslagama;
- 2) mlađih boksita s podinom od alveolinsko-numulitnih vapnenaca i krovinskih gornjopaleogenih klastita (fliš i promina formacija).

Međutim, Dragičević i dr. (1992) su zaključili kako ti stratigrafski i strukturni odnosi nisu adekvatno riješeni. Detaljna stratigrafska istraživanja fosila prikupljenih u sedimentacijskom bazenu Mesihovina-Rakitno pokazala su kako je krovina svih ležišta boksita, bez obzira na njen sastav, približno istovremena, što ukazuje na jedinstvenu boksitonosnu fazu. Oblik, veličina, mineralni i kemijski sastav boksita ovisili su o kompleksnim paleogeografskim uvjetima i dijagenezi tijekom i neposredno nakon dugotrajne emerzije.

Prema Blašković i dr. (1989), najveća i najbrojnija udubljena u paleoreljefu, gdje se nakupljao materijal za ležišta boksita, uvjetovana su predrudnim strukturnim sklopom. Boksiti se često nalaze u širokim zonama blagih antiklinala, posebno u njihovim tjemenu, gdje su najizloženiji kemijskom i mehaničkom trošenju i stvaranju paleoreljefa (Dragičević i dr., 1992; Dragičević i Blašković, 2001). Osim toga, boksiti se nalaze u zonama strukturnih sedala između brahiantiklinala i uz starije rasjedne sustave (Blašković i dr., 1989).

Prema Dragičević i dr. (1992), površina ležišta može varirati od nekoliko desetaka do nekoliko tisuća kvadratnih kilometara. Maksimalna debljina boksita može dosegnuti do 40 metara, ali rijetko potpuno ispunjava plikativnu strukturu u kojoj je akumuliran (Dragičević i Blašković, 2001). Obično boksitna ispunjava čini oko polovicu volumena udubina ili manje. U neposrednoj krovini boksitne ispune često se nalaze prvi transgresivni litofacijesi krovine karbonatnog ili klastičnog sastava (Dragičević i dr., 1992).

3.4. Mineralni i kemijski sastav

Na području Posušja nalaze se crveni (krški) boksiti, koji obično imaju homogenu oolitičnu, granularnu i pelitnu strukturu. Ova ruda je primarno sastavljena od minerala poput gibsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), bemita ($\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$) i dijaspora ($\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$) (Dragičević i Blašković, 2001).

Na osnovu kemijskih analiza uzoraka boksita s područja Cerovih dolaca, utvrđen je prosječan sadržaj najvažnijih komponenti (Tablica 3-1).

TABLICA 3-1. PROSJEČNI POSTOTAK UDJELA (%) POJEDINIH NAJVAŽNIJIH KOMPONENTI BOKSITA

Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	TiO_2	Mn_2O_3	ZnO	Gubitak žarenjem
55.715	0.941	28.036	0.16	3.285	0.229	0.024	11.6

Prema rezultatima kemijskih analiza, sadržaj SiO_2 je obično nizak, s prosječnom vrijednošću od oko 0,941 %. TiO_2 je prisutan u većem udjelu, s prosjekom od 3,285 %. Najzastupljeniji oksidi su Al_2O_3 s udjelom od oko 55,715 % i Fe_2O_3 s udjelom od oko 28,036 %. Količina CaO je niska, dosežući vrijednost od 0,16 %. Gubitak na žarenju iznosi 11,6 %. Prema mineralnom sastavu, boksiti iz područja Cerovih Dolaca klasificirani su kao bemitni tip krških boksita.

Boksit je ključna mineralna sirovina za proizvodnju aluminijske industrije. Aluminijski oksidi (gibsit, bemit, dijaspor) ekstrahiraju se iz boksita Bayerovim procesom. Udio ovih oksida u boksitu varira između 30 % i 65 %. Tlakovi i temperature tijekom ekstrakcije su bitni: za gibsit su potrebne temperature od 140 do 150°C, za bemit 220-270°C, a za dijaspor 250-280°C. Više od 90 % svjetske proizvodnje boksita koristi se u aluminijskoj industriji. Aluminij se široko primjenjuje u građevinarstvu (vrata, prozori, krovovi), prometnoj industriji (automobili, zrakoplovi, vagoni, sateliti), električnom inženjerstvu (kablovi, vodiči, transformatori), proizvodnji cementa i prerađivačkoj industriji (plastika, guma, kozmetika) (IAI, 2015).

4. METODE ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju opisane su korištene metode istraživanja kolapsnih struktura na lokalitetu Cerovih dolaca kod Posušja (Slika 4-1). Istraživanja su provođenja u tri faze:

- 1) Terensko kartiranje i detaljna strukturna mjerenja orijentacija slojeva i boranih struktura u krovinskim naslagama ležišta;
- 2) Obrada podataka te izrada stereografskih projekcija mjerenih podataka;
- 3) Interpretacija rezultata.



SLIKA 4-1. PODINSKE NASLAGE I KROVINSKA KOLAPSNA STRUKTURA U LEŽIŠTU L-40 (X:43.481843 Y:17.400842)

Terenska istraživanja obuhvaćala su detaljno kartiranje ležišta L-40, mjerenje položaja slojeva u podinskim i krovinskim naslagama, mjerenje pukotina i rasjeda te pomaka po rasjednim plohama te mjerenja osi bora (Slika 4-1). Izmjereno je ukupno 66 slojnih ploha i 2 pukotine (Tablica 4-1; Prilog 1).

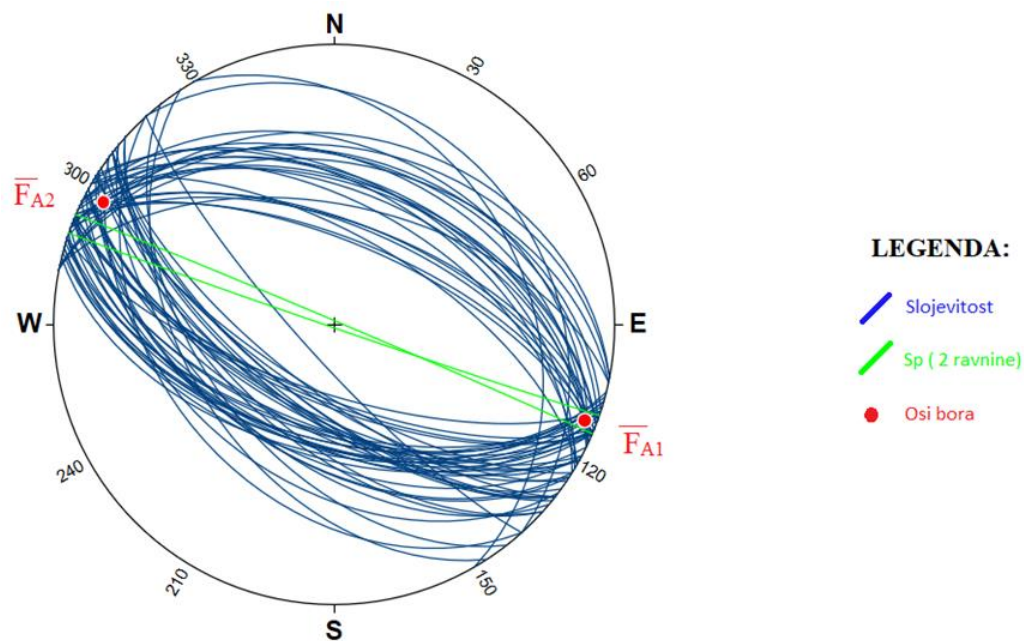
TABLICA 4-1. ISJEČAK TABLICE MJERENJA SLOJEVA

Broj mjerenja	Mjerenje	Broj mjerenja	Mjerenje	Broj mjerenja	Mjerenje
1	20/41	23	194/52	45	237/46
2	21/49	24	203/59	46	217/43
3	24/51	25	203/68	47	209/59
4	32/50	26	202/69	48	22/60
5	26/48	27	198/70	49	31/48
6	30/55	28	212/50	50	12./42
7	22/65	29	206/55	51	25/47
8	30/64	30	208/64	52	23/66
9	12/55.	31	198/58	53	11./33
10	26/37	32	218/71	54	23/61

U računalnom softveru *ArcGIS* svi podaci s terenskih točaka su digitalizirani te georeferencirani. Koristeći *Stereonet* (11.3.0) softver prikupljeni su podaci grupirani i podijeljeni na mjerenja slojnih ploha (Tablica 4-1; Prilog 1), mjerenja pukotina (Tablica 4-2), mjerenja osi bora (Tablica 4-3). Pripremljeni podaci su nakon toga prikazani i zasebnim stereografskim projekcijama. Točke su mjerenja prema prosječnim orijentacijama slojnih ploha prostorno grupirane u četiri zone. Nadalje, u softveru *Inkscape* je provedena strukturna interpretacija originalne slike (Slika 4-3) te su umetnute prosječne točke mjerenja.

4.1. Rezultati

Nakon provedbe terenskih mjerenja, mjerenja su prikazana u stereografskoj projekciji u računalnom softveru *Stereonet*. Iz stereograma se uočava kako sve slojne plohe imaju generalno pružanje SZ-JI, s nagibima prema JZ (205/60) te SI (25/60) no uočavaju se dvije vrste tektonskog transporta; prema JZ (220) te SI (40) (Slika 4-2).



SLIKA 4-2. PRIKAZ SLOJEVITOSTI, RAVNINA PUKOTINA I OSI BORA U STEREONETU

Može se uočiti, kao što je i pretpostavljeno na početku istraživanja rada, da geološku formaciju prati generalni pravac pružanja sjeverozapad – jugoistok (plava boja). Isto pružanje imaju i dva dominantna pukotinska sustava (zelena boja) (Tablica 4-2).

TABLICA 4-2. MJERENJA DVOJE PUKOTINE (RAVNINE)

Sp (ravnine)	Mjerenje 1	Mjerenje 2
	23/89	199/89

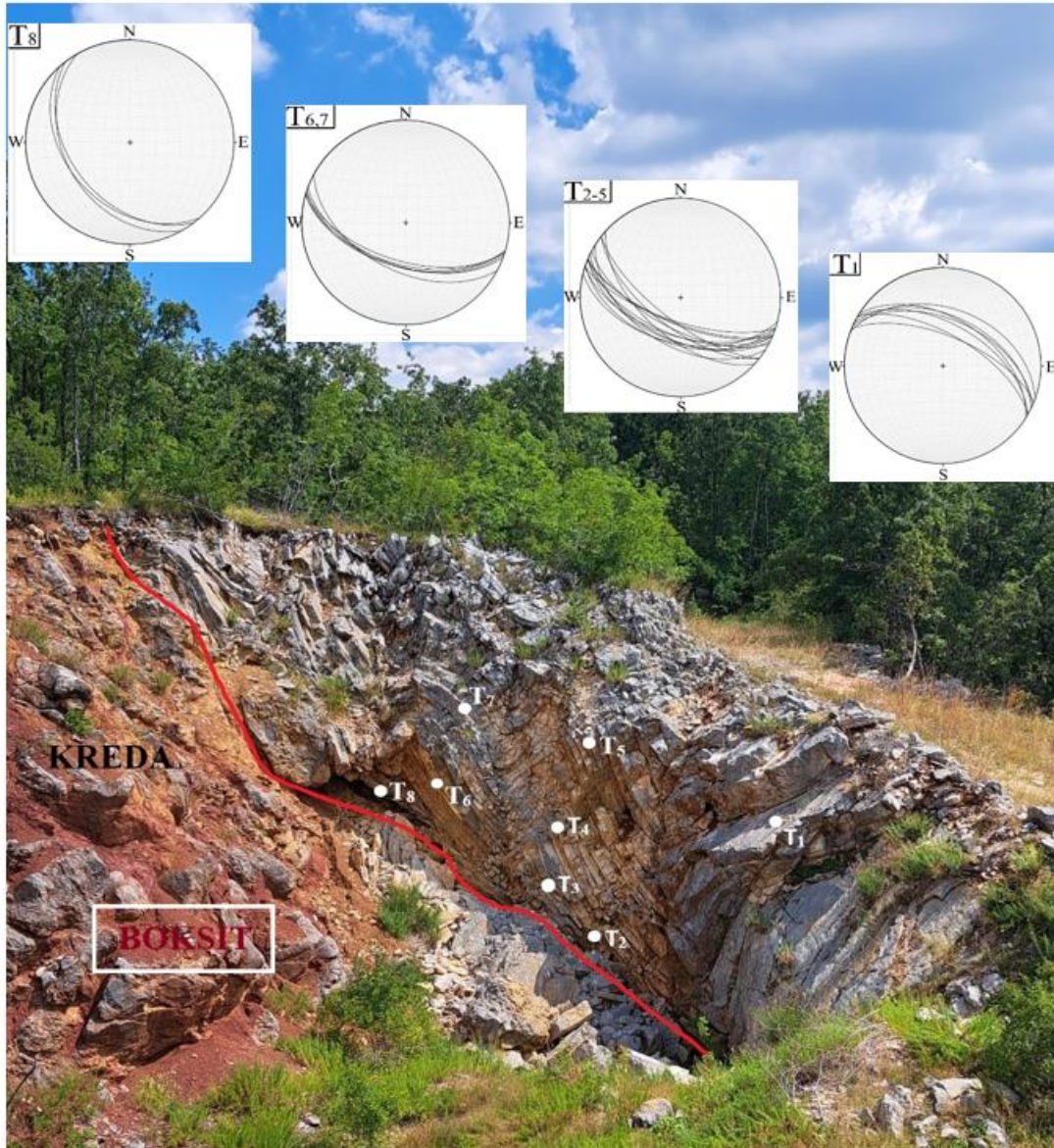
F_{A1} i F_{A2} su uzete kao prosječne vrijednosti osi bora te su na slici prikazane crvenom bojom (Tablica 4-3).

TABLICA 4-3. PROSJEČNA ORIJENTACIJA OSI BORA

Osi bora	FA1	FA2
	111/05	298/08

4.2. Prostorna analiza orijentacija slojnih ploha na izdanku kolapsne strukture

Sva provedena mjerenja grupirana su prostorno u četiri zone prema orijentacijama slojnih ploha (Slika 4-3) te su prikazane prosječne orijentacije točaka mjerenja (Tablica 4-4) kao i prosječne točke mjerenja zajedno sa orijentacijom osi bore (Tablica 4-5). Prva zona predstavljena je točkom T1 srednje orijentacije slojnih ploha 22/45.



SLIKA 4-3. ORIGINALNA SLIKA S PROSJEČNIM TOČKAMA MJERENJA TE STERONET PRIKAZOM ZA ČETIRI SKUPINE MJERENJA

TABLICA 4-4. PROSJEČNA ORIJENTACIJA TOČKA MJERENJA

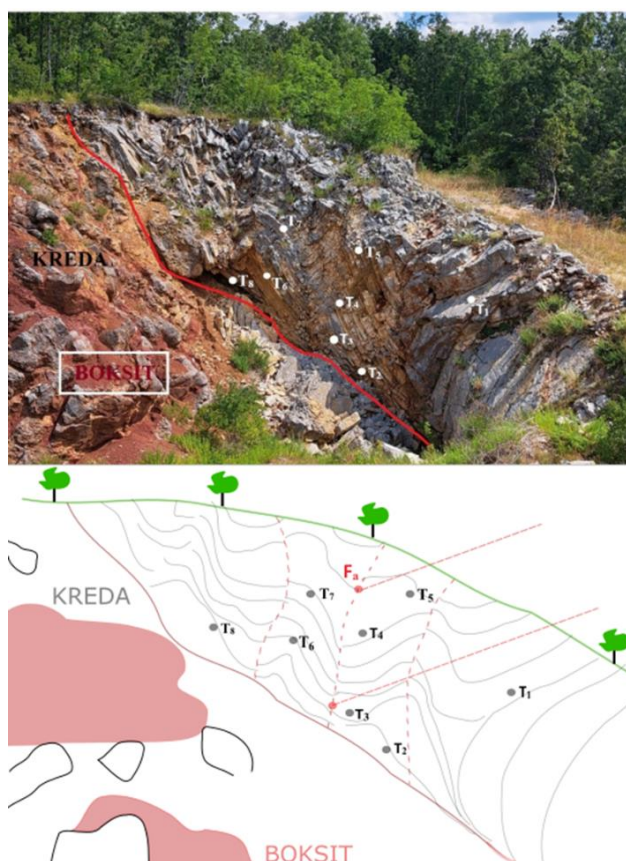
Prosječna orijentacija točaka mjerenja			
T ₁	22/45	T ₅	222/61
T ₂	198/70	T ₆	208/59
T ₃	201/53	T ₇	212/64
T ₄	203/59	T ₈	228/38

Druga zona predstavljena je točkama T₂, T₃, T₄, T₅, srednje orijentacije slojnih ploha 200/65. Ova nagla promjena orijentacije slojnih ploha ukazuje na borane strukture s osi bore prosječne orijentacije 111-298 između prve i druge zone.

Treća zona predstavljena je točkama T₆ i T₇ srednje orijentacije slojnih ploha 210/60.

Četvrta zona predstavljena je točkom T₈ srednje orijentacije 228/38.

Idući od jugoistoka prema sjeverozapadu (od T₁ do T₈) orijentacija slojnih ploha naglo se promijeni prema drugoj, trećoj i četvrtoj zoni. Nakon osi bore između prve i druge zone te najveće razlike u orijentaciji slojnih ploha ide blaga postupna promjena slojnih ploha orijentacija od 200/65 do 228/38.



SLIKA 4-4. INTERPRETACIJA ORIGINALNE SLIKE I SKICE IZRAĐENE U INKSCAPE-U

Na slici su označene prosječne točke mjerenja te njihovi iznosi ispod slike. Grupirane su točke približno iste orijentacije. Na stereogramima su zapisane točke na koje se pojedini stereogram odnosi.

TABLICA 4-5. PROSJEČNA ORIJENTACIJA TOČAKA MJERENJA I OS BORE

Prosječna orijentacija točaka mjerenja			
T ₁	22/45	T ₅	222/61
T ₂	198/70	T ₆	208/59
T ₃	201/53	T ₇	212/64
T ₄	203/59	T ₈	228/38
F _a	111/05		

5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

U ovom radu opisane su i interpretirane rijetko dokumentirane specifične, kolapsne strukture koje su formirane u karbonatno-klastičnim sedimentima u krovini ležišta boksita. Geneza ovih struktura nije dovoljno dokumentirana no na temelju jedinog rada na temu kolapsnih struktura, Marinčić i Matičec (1989) te mjerenja i interpretacija prikazanih u ovom radu može se pretpostaviti kako su kolapsne strukture nastale kao posljedica kompakcije izvorišnog boksitnog materijala procesima dijageneze (odnosno boksitizacije) koja se odvijala za vrijeme ili neposredno nakon taloženja krovinskih naslaga. Geometrija odnosno orijentacija slojeva, osi i osnih ploha bora ukazuju da je došlo do „gravitacijskog klizanja“ još nelitificiranog sedimenta. Kako je došlo do kompakcije boksitnog materijala i formiranja kavernoznih prostora između boksita i krovinskih naslaga, došlo je do gubitka stabilnosti krovinskih naslaga u odnosu na sam boksit, gubitka hidrostatske ravnoteže i gravitacijskog kolapsa nepotpuno litificiranih krovinskih naslaga i formiranja kolapsnih struktura koje su dodatno deformirane naknadnim tektonskim procesima.

Kolapsne strukture su vrlo slabo dokumentirane te ovaj rad predstavlja vrijedan doprinos njihovoj identifikaciji, katalogiziranju te prikazivanju i razumijevanju. Daljnja istraživanja trebala bi biti usmjerena na preciznije definiranje geneze i mehanizma nastanka kolapsnih struktura.

6. LITERATURA

- 1) BÁRDOSSY, G. 2013. *Karst bauxites*. Elsevier.
- 2) BLAŠKOVIĆ, I., DRAGIČEVIĆ, I. AND POKRAJČIĆ, I. 1989. *Tectonic control of the origin of the paleorelief of bauxite deposits in the Western Hercegovina, Yugoslavia*. Travaux du Comité international pour l'étude des bauxites, de l'alumine et de l'aluminium, 19(22), str. 231–238.
- 3) DRAGIČEVIĆ, I., BLAŠKOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., BENIĆ, J. 1992. *Stratigraphy of Paleogene Strata within the Mesihovina-Rakitno Area (Western Herzegovina)*. Geologia croatica, 45(1), str. 25–52.
- 4) DRAGIČEVIĆ, I. BLAŠKOVIĆ, I. 2001. *On Stratigraphy and Bauxitogenesis of Paleogene Bauxites of the Carbonate Dinarides*. Geološki glasnik, 34, str. 5–18.
- 5) IAI (2015) *Bauxite Residue Management: Best Practice*. London.
- 6) LOUCKS, R.G. 2007. *A review of coalesced, collapsed-paleocave systems and associated suprastratal deformation*. Acta carsologica, 36(1).
- 7) LUCIĆ, P. 2002. *Klimatske karakteristike Hercegovine*. Meteorološki časopis, 37(1), str. 45–58.
- 8) MAGAŠ, D. 1998. *Geografske osobitosti zapadne Hercegovine*. Hrvatski geografski glasnik, 60(1), str. 91–112.
- 9) MARINČIĆ, S., MATIČEC, D. 1989. *Kolapsne strukture u boksitnim jamama Istre*. Geološki zavod.
- 10) PETRIĆ, N. 2014. *Hidrografske osobitosti područja Posušja*. Acta geographica Croatica, 46(1), str. 78–92.
- 11) RAIĆ, V., AHAC, A., PAPEŠ, J. 1978. *Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000, Tumač za list Imotski L33–23*. Institut za geološka istraživanja [Preprint].
- 12) TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I., SOKAČ, B. 2002. *Carbonate platform megafacies of the Jurassic and Cretaceous deposits of the Karst Dinarides*. Geologia Croatica, 55(2), str. 139–170.
- 13) VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., MATIČEC, D. 2005. *Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics*. Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology, 220(3–4), str. 333–360.

PRILOG 1. TABLICA MJERENIH STRUKTURNIH ELEMENATA SLOJEVITOSTI

Broj mjerenja	Mjerenje	Broj mjerenja	Mjerenje	Broj mjerenja	Mjerenje
1	20/41	23	194/52	45	237/46
2	21/49	24	203/59	46	217/43
3	24/51	25	203/68	47	209/59
4	32/50	26	202/69	48	22/60
5	26/48	27	198/70	49	31/48
6	30/55	28	212/50	50	12./42
7	22/65	29	206/55	51	25/47
8	30/64	30	208/64	52	23/66
9	12/55.	31	198/58	53	11./33
10	26/37	32	218/71	54	23/61
11	18/40	33	218/64	55	20/60
12	21/48	34	216/63	56	196/54
13	26/42	35	214/69	57	200/55
14	202/55	36	203/67	58	197/59
15	228/80	37	202/60	59	208/51
16	219/67	38	212/71	60	198/54
17	218/67	39	209/63	61	196/56
18	209/62	40	195/56	62	228/38
19	222/58	41	213/64	63	60/32
20	218/65	42	213/50	64	11./37
21	203/54	43	220/51	65	48/25
22	199/51	44	232/51	66	222/56