

# Petrografske karakteristike eocenskih fliških naslaga okolice Splita

---

**Ružić, Juraj**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*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:169:501968>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-17**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Preddiplomski studij geološkog inženjerstva

PETROGRAFSKE KARAKTERISTIKE EOCENSKIH FLIŠNIH NASLAGA OKOLICE  
SPLITA

Juraj Ružić

GI2124

Zagreb, 2022



Sveučilište u Zagrebu  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
HR-10002 Zagreb, Piarottijeva 6, p.p. 390

OBRAZAC SUSTAVA UPRAVLJANJA KVALITETOM

KLASA: 602-01/22-01/119  
URBROJ: 251-70-15-22-2  
U Zagrebu, 8. 7. 2022.

Juraj Ružić, student

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/22-01/119, URBROJ: 251-70-15-22-1 od 2. 5. 2022. priopćujemo vam temu završnog rada koja glasi:

### PETROGRAFSKE KARAKTERISTIKE EOCENSKIH FLIŠNIH NASLAGA OKOLICE SPLITA

Za mentoricu ovog završnog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i ocjeni završnog rada Prof. dr. sc. Dunja Aljinović nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

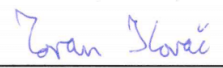
Mentorica:

  
(potpis)

Prof. dr. sc. Dunja Aljinović

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

  
(potpis)

Doc. dr. sc. Zoran Kovač

(titula, ime i prezime)



Prodekan za nastavu i studente:

  
(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Borivoje  
Pašić

(titula, ime i prezime)

Oznaka: OB 8.5.-1 SRF-1-13/0

Stranica: 1/1

Čuvanje (godina) Trajno

PETROGRAFSKE KARAKTERISTIKE EOCENSKIH FLIŠNIH NASLAGA OKOLICE SPLITA

Juraj Ružić

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Sažetak

U ovom su radu istražene flišne naslage, odnosno glavni tipovi sedimentnih stijena u slijedu fliša koje su prisutne u eksploatacijskom kopu „Sv. Juraj – Sv. Kajo“ u Solinskom zaljevu. Ove se naslage danas koriste u proizvodnji cementa, tvrtke „Cemex“. Terenskim i laboratorijskim istraživanjima prikazanim u ovom radu definirano je sedam taložnih jedinica različitih litoloških karakteristika (slično kao što je opisano u radu Bralić i Malvić, 2022). Izdvojene jedinice su: Debriti, Lapor (kalklutiti) s numulitima, Biokalkruditi (tzv. „Numulitne breče“), Biokalkareniti, Biokalksiltiti, Lapor – tupina, Izmjena lapora i pješčenjaka s rjeđim proslojcima konglomerata. Glavni proces u taloženju bilo je pretaloživanje detritusa iz plitkomorskog u dublji okoliš gravitacijskim tokovima. Interpretirani su talozi debrita, turbidita velike gustoće i turbidita male gustoće. U sastavu je čest pretaloženi biodetritus bentičkih foraminifera. Na osnovi njihovih fragmentiranih ljušturica može se zaključiti da osnovni biodetritus potječe s karbonatnog šelfa, a prisutnost planktonskih foraminifera ukazuje na pretaloživanje u pelagičkiokoliš.

Ključne riječi: biokalkareniti, kalkruditi, biokalkruditi, kalklutiti, biokalklutiti, kalksiltiti, biokalksiltiti, debriti, dolomitizirani biokalklutiti, karbonatni pješčenjaci

Završni rad sadrži: 28 stranice, 0 tablica, 20 slika, 0 priloga, i 32 reference.

Jezik izvornika: Hrvatski

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

Mentor: Dr. sc. Dunja Aljinović, redoviti profesor u trajnom zvanju RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Dunja Aljinović, redoviti profesor u trajnom zvanju RGNF  
Dr. sc. Uroš Barudžija, izvanredni profesor RGNF  
Dr. sc. Duje Smirčić, docent RGNF

Datum obrane: 15. 7. 2022, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANIH NASLAGA.....	2
3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	3
4. METODE .....	6
5. REZULTATI.....	8
7. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK.....	26
8. LITERATURA.....	28

## Popis slika

<b>Slika 2-1.</b> Položaj površinskog kopa „Sv. Juraj–Sv. Kajo.....	2
<b>Slika 5-1.</b> Geološka karta eksploatacijskog polja „Sv. Juraj – Sv. Kajo“.....	8
<b>Slika 5-2.</b> Slijed naslaga u eksploatacijskom polju „Sv. Juraj – Sv. Kajo“.....	9
<b>Slika 5-3.</b> Jedinica debrita. Vidljivi su krupni blokovi foraminiferskih vapnenaca te dominantno laporoviti matriks.....	11
<b>Slika 5-4.</b> Slojna ploha na kojoj se vide paralelno orijentirane ljušturice numulita.....	12
<b>Slika 5-5.</b> Detritus numulita iznimno velikih dimenzija.....	12
<b>Slika 5-6.</b> Nodule rožnjaka iz lapora s numulitima.....	13
<b>Slika 5-7.</b> Fosilnim detritusom bogati biokalklutit.....	14
<b>Slika 5-8.</b> Dolomitizirani biokalklutit .....	15
<b>Slika 5-9.</b> Silicifikacija u uzorku dolomitiziranog biokalklutita. Ukriženi nikoli.....	16
<b>Slika 5-10.</b> Izgled biokalkrudita („numulitne breče“) na terenu.....	17
<b>Slika 5-11.</b> Mikrofotografija uzorka SK-3 koji prikazuje biokalkkrudit.....	18
<b>Slika 5-12.</b> Izgled slojeva kalkarenita na terenu.....	19
<b>Slika 5-13.</b> Homogeni izgled kalkarenita na terenu.....	19
<b>Slika 5-14.</b> Muljni klasti u kalkarenitu .....	20
<b>Slika 5-15.</b> Ilustracija mikropetrografskog sastava biokalkarenita.....	21
<b>Slika 5-16.</b> Mikropetrografski izgled biokalksiltita (uzorak SK-5).....	22
<b>Slika 5-17.</b> Homogeni izgled kalcitičnog lapora – „tupine“.....	23
<b>Slika 5-18.</b> Izgled izmjene lapora i pješčenjaka s rjeđim slojevima konglomerata na kopu.....	24
<b>Slika 5-19.</b> Mikropetrografski sastav karbonatnog pješčenjaka (uzorak N-2B).....	25

## 1. UVOD

Ovaj rad se bavi petrografskim karakteristikama flišnih eocenskih naslaga. Flišne naslage po starosti odgovaraju srednjem i gornjem eocenu (Marinčić et al., 1971). Taložene su u prostoru predgorskog bazena (*foreland basin*) koji predstavlja dubokomorski prostor formiran ispred navlačnog fronta Dinarida. Izdizanje Dinarida započelo je krajem krede i trajalo tijekom eocena (Bucković, 2006).

Flišne naslage predstavljaju litološki različite tipove sedimentnih stijena od konglomerat i breče do lapora. Ukupna debljina flišnih naslaga varira, no prema Marinčić (1981) ona iznosi u Istri više od 600 m, u Ravnim kotarima 650 m, a u srednjoj Dalmaciji 700 metara. Pretpostavlja se da je dubina taložnog bazena u kojem se taložio fliš bila velika, u rasponu od 700-1200 metara (Marinčić, 1981 i pridružene reference).

Utvrđena su dva tipa granice prema starijim naslagama: kontinuitet taloženja u odnosu na starije (kredne) naslage ili erozijsko-diskordantni odnos (Marinčić, 1981). Uglavnom je utvrđen erozijsko-diskordantni odnos flišnih naslaga prema paleogenskim i gornjokrednim sedimentnim stijenama (Marinčić, 1981).

Općenito se smatra da su flišne naslage taložene iz gravitacijskih tokova, točnije turbiditnih tokova. Naslage turbiditnih tokova mogu imati vrlo debele intervale lapora. Upravo je ova karakteristika prisutna u naslagama flišnih naslaga Solinskog zaljeva. Debeli intervali lapora koriste se u proizvodnji cementa, danas eksploataciju obavlja firma „Cemex“. Osim lapora u području eksploatacijskog kopa „Sv. Juraj – Sv. Kajo“ tvrtke „Cemex“ prisutne su i litološki drugačije naslage koje se također koriste u tehnološkom procesu za dobivanje cementa, ali nisu tako dobrih karakteristika kao lapori.

Flišne naslage proučene u ovom radu predstavljaju glavne tipove sedimentnih stijena upravo prisutnih u eksploatacijskom kopu „Sv. Juraj – Sv. Kajo“ u Solinskom zaljevu.

Terenski dio rada obavljen je terenskim pregledom naslaga uz asistenciju Nikoline Bralić, mag/ing. geol. Analitički dio rada načinjen je na Zavodu za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta.

## 2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANIH NASLAGA

Područje istraživanog eksploatacijskog polja, u svrhu proizvodnje cementa “Sv. Juraj-Sv. Kajo”, smješteno je u Splitsko-dalmatinskoj županiji na području Općine Kaštel Sućurac te grada Solina, sjeverno od “Jadranske magistrale”.

Prvotno dva odvojena površinska kopa “Sv. Juraj” i “Sv Kajo” danas su praktički spojeni u jedan kop, a nalaze se na južnim padinama brda Kozjak na nadmorskim razinama od 70 do 340 metara. Cijelo polje je izduženo u smjeru sjeverozapad-jugoistok.

Prema katastru veći dio zapadne polovice eksploatacijskog polja nalazi se na području grada Kaštela (Općine Kaštel Sućurac), a istočni dio eksploatacijskog polja nalazi se na području grada Solina. Naselje, odnosno gradsko središte Kaštel Sućurca, smješten je na sjevernoj obali Kaštelanskog zaljeva, ponad Kozjaka, 11 km sjeverno od grada Splita. Površina Kaštel Sućurca je 8,68 km<sup>2</sup>, a ima 6513 stanovnika (2021).



**Slika 2-1.** Položaj površinskog kopa „Sv. Juraj–Sv. Kajo (koordinate u središu kopa su 43.552754955518786, 16.45723922838768) [1]



### 3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Postoje dvije glavne podjele fliša. Kerner (1903) je podijelio fliš na tri stratiografske zone („donju flišnu zonu“, „srednju flišnu zonu“, i „gornju flišnu zonu“), dok Marinčić (1981) na fliš gleda kao jednu litostratigrafsku jedinicu. Međutim, detaljnijim istraživanjima Marjanac (1985) se priklonio podjeli prema Kerneru (1903). Temeljem toga Marjanac (1985) je izdvojio „gornju flišnu zonu“ i „srednju flišnu zonu“ u kojoj se nalazi specifična tzv. „*Kluppenzone*“ koja se sastoji od velikih vapnenačkih blokova i muljne potpore. Ova zona je na području Solina debela 170 metara. Marjanac (1987) ju je interpretirao kao „megasloj“.

Ležište „Sv. Juraj–Sv. Kajo“ je građeno od slojeva fliša srednjoeocenske starosti. Položaj slojeva je monoklinalan, te su slojevi nagnuti prema sjeveru, odnosno sjeveroistoku.

Srednju flišnu zonu („megasloj“) čine tri karakteristična litološka člana: donji debritni član, srednji kalkarenitni član i gornji laporni član (Marjanac, 1985).

Gornja flišnu zonu Marjanac je podijelio također na tri člana: donji, srednji (pješčenjački), i gornji (konglomeratni) član.

Geološka građa eocenskih naslaga područja Splita i okolice prikazana je na Osnovnoj geološkoj karti list Split mjerila 1:100 000 (Marinčić et al., 1971), a u Tumaču Osnovne geološke karte za list Split su prema Marinčić i Magaš (1973) navedene sljedeće karakteristike eocenskih stijena:

#### **1) Vapnene breče, pločasti i bituminozni i miliolidni vapnenci donjeg paleogena (liburnijske naslage)**

Liburnijske naslage predstavljaju najstariji član tercijara. Litološki sastav se pretežno sastoji od tanko slojevitih vapnenaca s miliolidama. Liburnijske naslage su ponekad bituminozne, a najstariji (najdonji) dio je izgrađen od sedimentnih breča debljine do 5 metara.

U južnim krilima kredno-tercijarnih sinklinala liburnijske naslage su izgrađene od tamno sivih ili tamno smeđih tankoslojevitih do pločastih slabo bituminoznih vapnenaca, s ostacima oogonija algi, sitnih globigerina i sitnih gastropoda.

Na drugim područjima gdje su liburnijske naslage reducirane prisutni su tanko uslojeni, odnosno pločasti svjetložućkasti ili tamnosivi vapnenci s miliolidama. Prema petrografsko-sedimentološkoj analizi radi se o biokalkarenitima izgrađenim od mikrofosila, uglavnom

miliolida. Vapnenački detritus slabo je sortiran i vezan mikrozrnatim ili zrnatim kalcitnim vezivom.

Liburnijske naslage prema ostacima mikrofosila pripadaju razvoju gornjeg dijela paleocena i donjeg dijela donjeg eocena. Debljina liburnijskih naslaga nije točno određena, ali se procjenjuje na 30 metara.

## **2) Foraminiferski vapnenci eocena**

Foraminiferski vapnenci sastoje se od miliolidnih, alveolinskih i numulitnih slojeva vapnenaca koje u stratigrafskom smislu nije moguće jasno odijeliti na osnovi mikrofosila stoga se ove naslage tretiraju kao jedna jedinica.

U strukturnom smislu uvijek dolaze u krilima kredno tercijarnih sinklinala. Superpozicijski leže na miliolidnim i bituminoznim vapnencima liburnijskih naslaga.

Prema petrografskim analizama ti su vapnenci izgrađeni djelomično od ulomaka mikrofosila, a rijede litoklasta vapnenaca i predstavljaju biokalkarenite. Ako sadrže foraminifere i fragmente algi od 2 do 4 mm, a rjeđe 10 mm, onda ih nazivamo biokalkruditi.

Prema stratimetrijskim mjerenjima debljina ovih naslaga ne prelazi gornju granicu od 200 metara.

Procjenjuje se da su se ove naslage taložile u rasponu od donjeg eocena do donjeg luteta.

## **3) Gomoljasti laporoviti vapnenci i lapori s glaukonitom**

Gomoljaste laporovite vapnenice i lapore s glaukonitom nalazimo uz normalne kontakte tercijara i krede, gdje su bolje sačuvani. U podini im se nalaze foraminiferski vapnenci, a u krovini postepeno prelaze u klastične (flišne) naslage eocena.

S litološkog aspekta to su laporoviti vapnenci zeleno-sive boje, koji prilikom trošenja površinski dobivaju žućkastu boju i gomoljast izgled. Nakon foraminiferskih vapnenaca u normalnom slijedu dolaze laporoviti vapnenci s glaukonitom koji prelaze u glinovite lapore, te u lapore.

Mikropaleontološka analiza glaukonitnog laporovitog vapnenca pokazala je da sadrži globigerinsko-globorotalijsku zajednicu koja ukazuje na pelagičke uvjete taloženja.

Od makrofosila prisutne su rakovice koje ukazuju na malu dubinu sedimentacije.

Debljina ovih naslaga ne prelazi gornju granicu od 40 metara, a prema Schubertu (1905) naslage pripadaju višem nivou srednjeg dijela srednjeg eocena.

### **Klastične i karbonatne naslage eocena - fliš**

Naslage fliša se talože na gomoljastim laporovitim vapnencima i laporima s glaukonitom. Petrološke karakteristike ukazuju na klastične naslage klasificirane kao vapnenačke breče, brečo - konglomerati, kalkruditi, kalkareniti, pjeskoviti kalkareniti i biokalkareniti, kalsiltiti i lapori.

#### 4. METODE

Terenski dio istraživanja uključio je pregled osnovnih značajki izdvojenih litoloških jedinica na otvorenom kopu „Sv. Juraj–Sv. Kajo“ tvrtke “Cemex“. Tijekom terenskog rada bilježene su sve karakteristike pojedinih litoloških jedinica kako je vidljivo na terenu. Specifični pojavni oblici i teksturne osobine stijena su fotografirane te prikazane u ovom radu.

U laboratorijskom dijelu rada analizirano je 7 mikropetrografskih uzoraka koji predstavljaju osnovne karakteristike pojedinih jedinica u flišu na kopu „Sv. Juraj–Sv. Kajo“. Uzorci su pripremljeni na način da se uzorak na aparatu za rezanje reže na počice dva do tri milimetara. Nakon toga dobivene pločice se na dijamantnoj pili pile na dimenzije predmetnog stakalca. Nakon toga pločice se poliraju korund-prahom kako bi se sve neravnine uzrokovane piljenjem izravnale. Tako ispolirane pločice se uz pomoć „Kanada balzama“ lijepe na predmetno stakalce. Nakon što se ljepilo potpuno osuši uzorci se istanjuju na debljinu 3-5  $\mu\text{m}$  te se naposljetku polira fino granuliranim korund-prahom da bi se dobila prozirna površina.

Uzorci su prilikom pripreme bojeni u smjesi otopina K-fericijanida i Alizarina crvenog S. prema recepturi Evamy-Shermana (1962). Bojenjem se mogu dobro razlikovati karbonatni minerali prilikom čega se kalcit oboji ciglastocrveno, dolomit ostaje nebojen, a željezoviti kalcit s više od 1 mol % Fe oboji se ljubičastoplavo (Tišljar, 2001).

Mikropetrografska analiza načinjena je na polarizacijskom mikroskopu koji se koristi za promatranje u polariziranoj svjetlosti. Sastoji se od dvije Nicolove prizme, jedna je smještena ispred objektiva (polarizator), a druga između objektiva i okulara, te služi za analizu interferencijskih pojava (analizator). Svaki izdvojeni litotip je dokumentiran i mikrofotografijom.

U klasifikaciji su osim uobičajenih termina korišteni i termini: kalkrudit (biokalkrudit), kalkarenit (biokalkarenit), kalksilit (biokalksilit) i kalklutit (biokalklutit). Ovo su termini poznati iz literature prema Grabau (1904), a opisano u Tišljaru (2001).

Prema Tišljaru (2001) termin **kalkarenit** predstavlja detritične vapnence i vapnenačke pijeske sastavljene od intrabazenskih karbonatnih zrna (intraklasta, ooida i peleta) veličine 0,063-2mm. Danas se termin kalkarenit koristi kao općeniti naziv za mehanički taložene ili pretaložene detritične zrnaste vapnence. Pri tome su zrna obično definirana kao zrna

intrabazenskoga postanka (intraklasti, ooidi, kršje fosila). Ukoliko u sastavu dominiraju fragmenti fosila koristi se termin **biokalkarenit**.

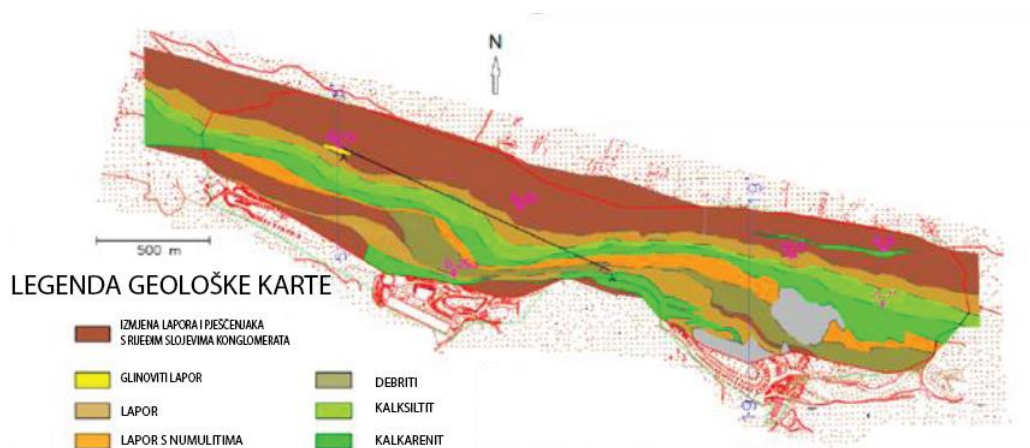
Za stijene koje predstavljaju detritične vapnence, ali s česticama većim od 2 mm koristi se naziv **kalkrudit** ili ako u sastavu dominira fosilni detritus – **biokalkrudit**.

Ako su čestice detritičnih vapnenaca manje od 0,063 koristi se naziv **kalklutit** ili **biokalklutit**, a također i **kalksilit** ili **biokalksilit**.

## 5. REZULTATI

Terenskim istraživanjima, te pregledom geološke karte kopa „Sv. Juraj–Sv. Kajo“ tvrtke „Cemex“ (Bralić i Malvić, 2022) izdvojeno je šest različitih litoloških jedinica slika 5-1. To su prema Bralić i Malvić, (2022):

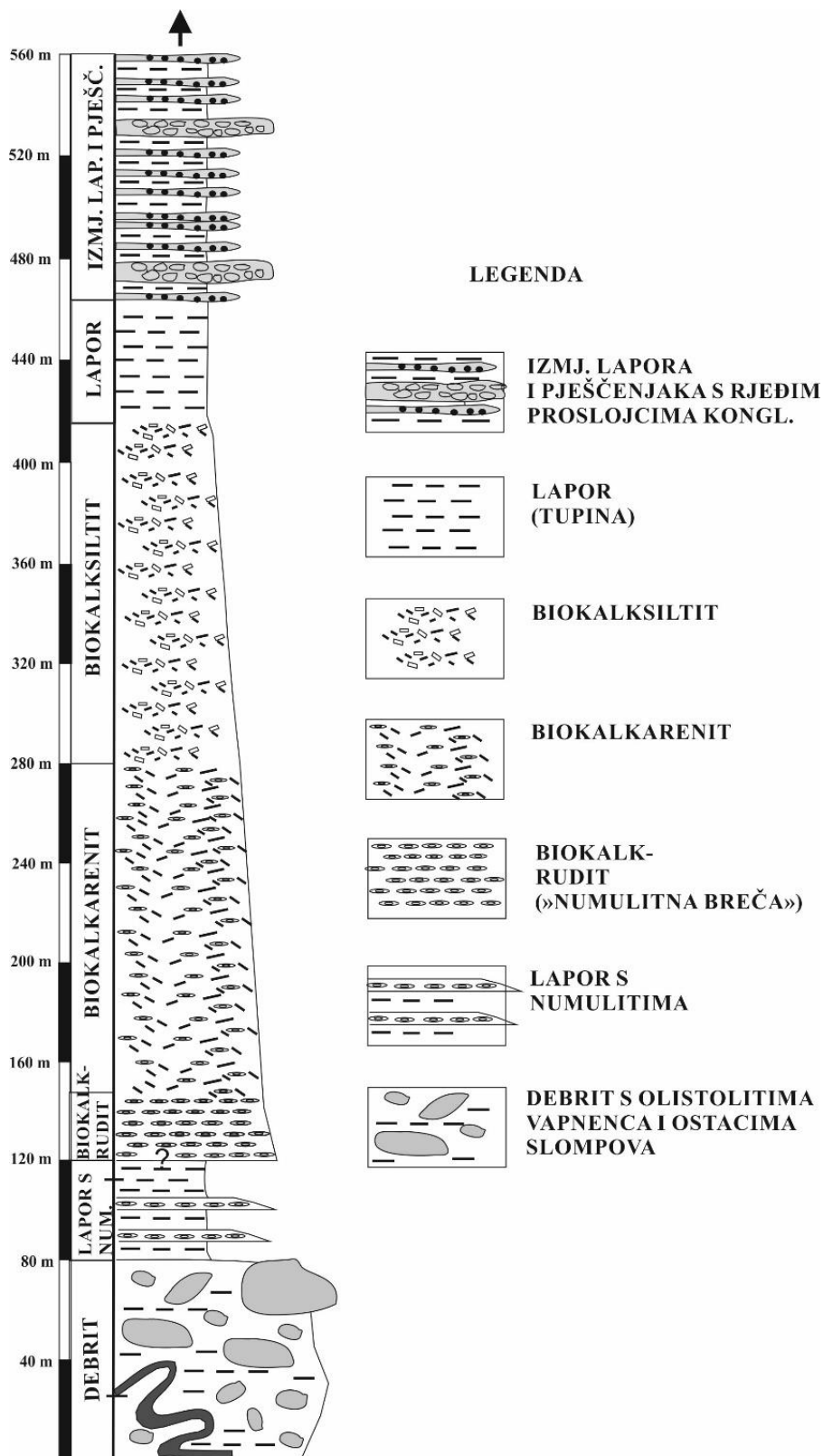
1. Debriti
2. Tamno sivi lapor s numulitima
3. Kalkarenit
4. Glinoviti vapnenac (kalksilit)
5. Kalcitični lapor – tupina
6. Izmjena lapora i pješčenjaka s rjeđim slojevima konglomerata



**Slika 5-1.** Geološka karta eksploatacijskog polja „Sv. Juraj – Sv. Kajo“ (Bralić i Malvić, 2022)

Osobnim zapažanjima i mikropetrografskom analizom uočene su i dokumentirane karakteristike sljedećih litoloških jedinica:

1. Debriti
2. Lapori (kalklutiti) s numulitima
3. Biokalkruditi (tzv. „Numulitne breče“)
4. Biokalkareniti
5. Biokalksilit
6. Lapor – tupina
7. Izmjena lapora i pješčenjaka s rjeđim proslojcima konglomerata



Slika 5-2. Slijed naslaga u eksploatacijskom polju „Sv. Juraj – Sv. Kajo“

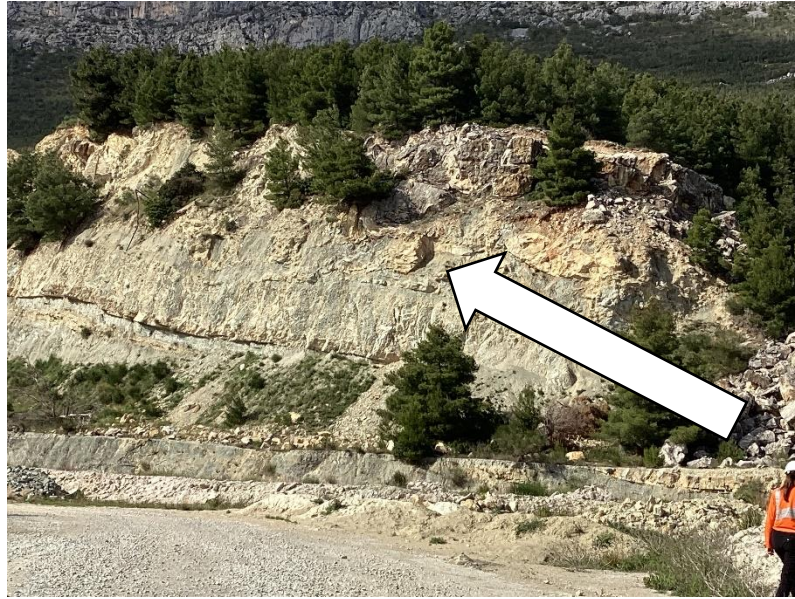
## DEBRITI

Jedinica debrita nalazi se u početku slijeda fliša. Debljina koju su raniji autori vezali uz ovu jedinicu je 76-80 m (Lukšić et al., 2008). Za ovu jedinicu Marjanac (1987) koristi naziv „megasloj“, a Kerner (1903) u svojoj podjeli fliša na zone naziva ovu jedinicu „*Klippenzone*“ i ubraja je u srednju flišnu zonu.

Ova se jedinica sastoji od metarskih blokova uglavnom foraminiferskih vapnenaca i od klasta različitog sastava uglavnom manjih dimenzija (cm-dm) (slika 5-3.). Između klasta nalazi se matriks koji je zastupljen smjesom lapora i sitnozrnatih fragmenata vapnenačkog materijala. U matriksu se ponekad nađu i krupni numuliti. Na pojedinim etažama se unutar jedinice debrita mogu uočiti ostatci slampova. U debritu je vrlo izražen kaotični raspored klasta, nesortiranost detritusa i matriksna potpora.

Prisutnost velikih blokova, kaotični raspored klasta, neuređena struktura te obilje matriksa ukazuju da je ova jedinica taložena iz detritnog toka. Detritni tok predstavlja gravitacijski tok koji zbog obilja glinovitog matriksa ima unutrašnju koheziju pa se klasti kreću u kohezivnoj smjesi detritusa. Gravitacijskim tokovima predviđa se kretanje materijala s hipsometrijski više na hipsometrijski nižu poziciju. Prema tome može se zaključiti da je u slučaju taloženja jedinice debrita došlo do pretaloživanja mehanizmom toka stijenskog kršja iz plićeg dijela taložnog okoliša (šelfa) u dublji, pelagički taložni okoliš (dubokovodni predgorski bazen). Do pokretanja detritnog toka došlo je najvjerojatnije uslijed snažnih tektonskih aktivnosti. Slično utvrđuje i Marjanac (1987). Mjestimično vidljivi fragmenti slampova u debritu ukazuju na početak kretanja toka klizanjem i slampiranjem duž strme padine. Iz takvih su se primarnih resedimentacijskih kretanja mogli razviti debriti (Mutti, 2003).





**Slika 5-3.** Jedinica debrita. Vidljivi su krupni blokovi foraminiferskih vapnenaca (strelice) te dominantno laporoviti matriks.

### **LAPORI (KALKLUTITI) S NUMULITIMA**

U taložnom slijedu iznad debrita nalazi se jedinica tamnosivih lapora s numulitima. Debljina ove jedinice nije poznata.

Na terenu je uočena ritmičnost pri kojoj je vidljiva izmjena više manjih jedinica (slika 5-2.) od koje se svaka sastoji od akumuliranih numulitnih kućica, koje su orijentirane većom površinom paralelno sa slojevitosti (5-4), i intervala izgrađenog dominantno od lapora.

Detritus numulita može biti iznimno velikih dimenzija (slika 5-5.).

U ovoj jedinici često se nađu nodule rožnjaka (slika 5-6).



**Slika 5-4.** Slojna ploha na kojoj se vide paralelno orijentirane ljušturice numulita



**Slika 5-5.** Detritus numulita iznimno velikih dimenzija (strelica)



**Slika 5-6.** Nodule rožnjaka iz lapora s numulitima

Mikropetrografske karakteristike jedinice lapora s numulitima ilustrira uzoraka SK-1 i SK-1A.

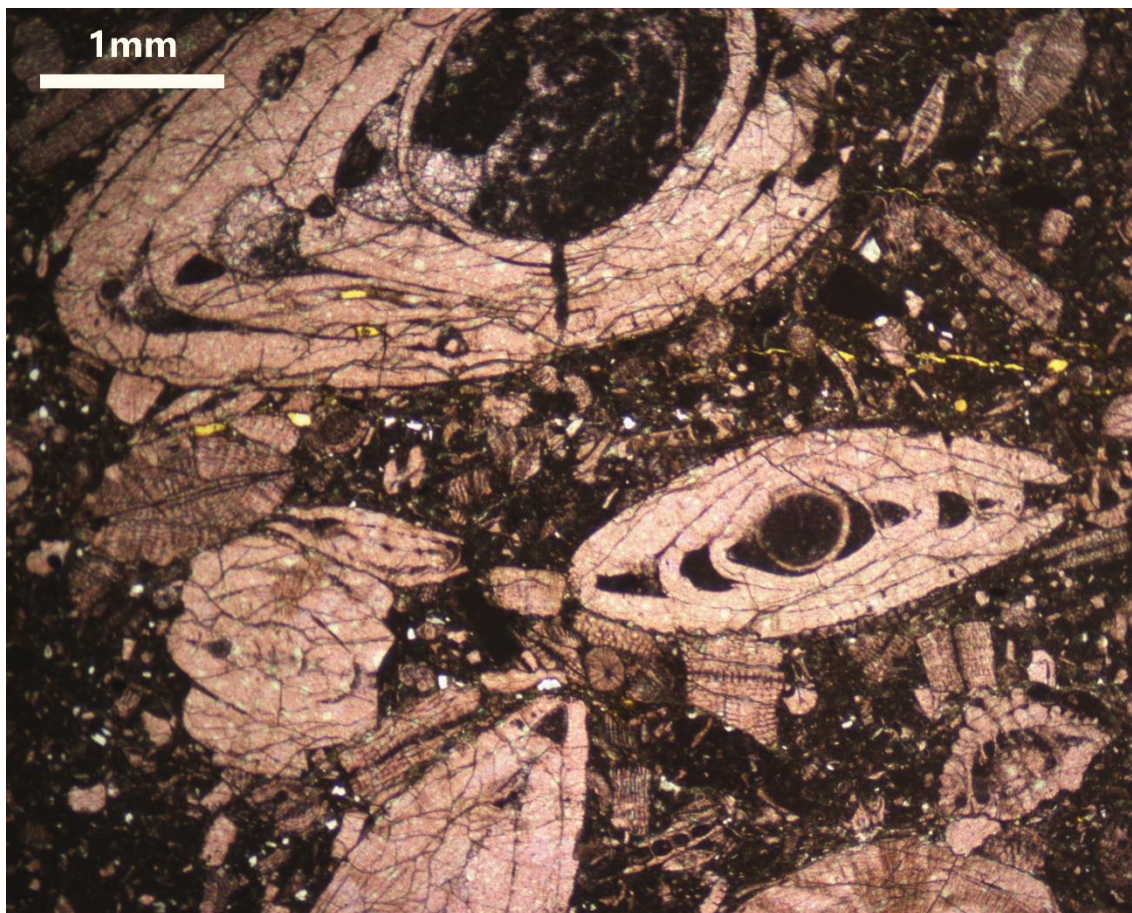
U mikropetrografskom sastavu uzorka **SK-1** dominiraju ljušturice bentičkih foraminifera uglavnom numulita i diskociklina (slika 5-7). Ljušturice numulita prepoznaju se po staklastoj stijenci i karakterističnim presjecima. Diskocikline također imaju staklastu stijenu, međutim puno gušću građu kljetki. Po veličini fosilni ostaci foraminifera variraju od ruditnih do arenitnih dimenzija. Očuvanost ljušturica je loša, uglavnom se radi o nepravilnim krhotinama, rijetko kada se vide dobro sačuvane ljušture (slika 5-7). Osim bentičkih foraminifera u bitno podređenoj količini prisutni su fragmenti litotamnijskih algi, planktonskih foraminifera, rotalida, ježinaca i briozoa (mahovnjaka).

Ljušturice velikih bentičkih foraminifera se međusobno ne dodiruju već se nalaze u matriksu koji se sastoji od mikrita i čestica sitno zdrobljenog fosilnog kršja (slika 5-7). U uzorku je prisutna i siliciklastična komponenta uglavnom zastupljena nezaobljenim ili loše zaobljenim česticama kvarca (0,08-0,16mm). Volumni udio kvarca u uzorku se procjenjuje na otprilike 1%.

Stijenu je determinirana kao: **fosilnim detritusom bogati dolomitizirani biokalklutit.**

Na osnovi fragmentiranih bentičkih foraminifera može se zaključiti da je materijal pretaložen. Prisutnost plaktonskih foraminifera ukazuje na to da je pretaloživanje završeno

u pelagičnom okolišu. Na pretaloživanje ukazuje i obilje istaloženog matriksa koji se sastoji od mikrita i zaobljeog fosilnog detritusa.

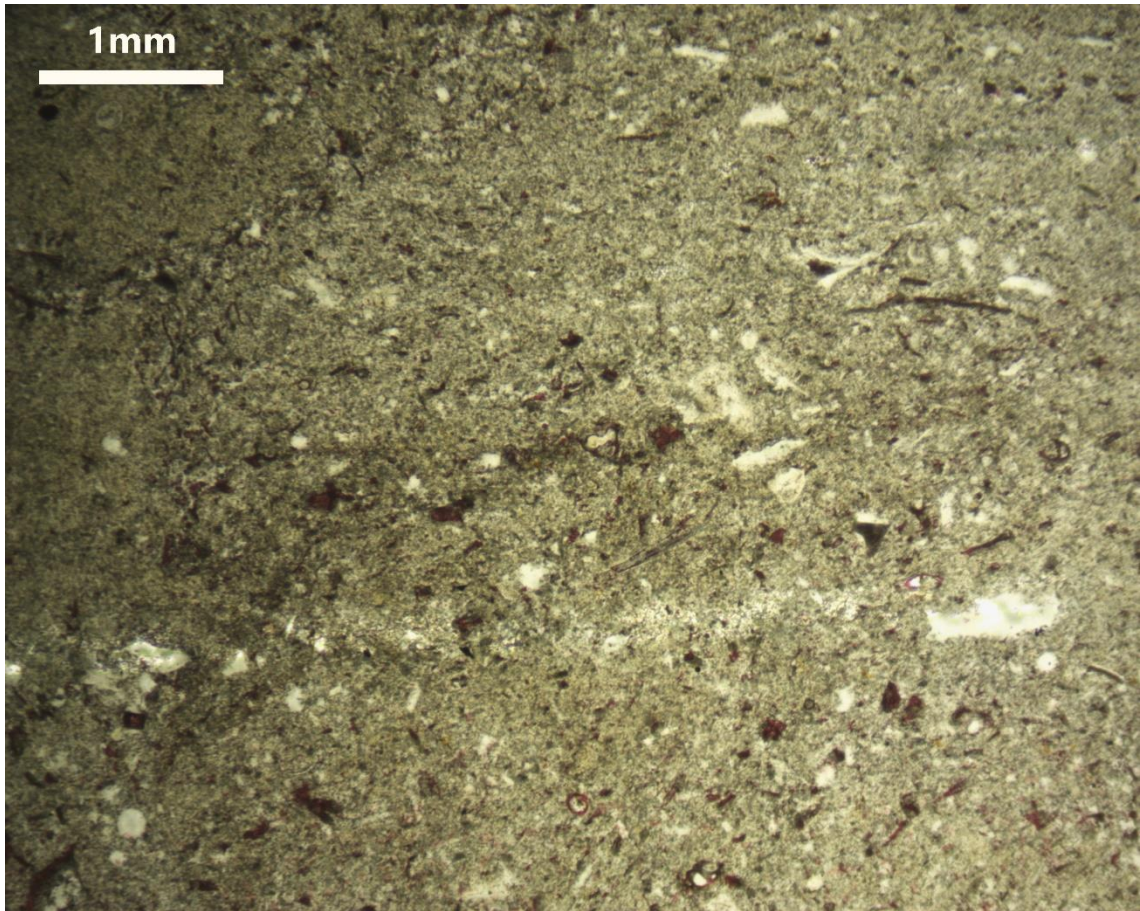


**Slika 5-7.** Fosilnim detritusom bogati biokalklutit. U biokalklutit nalazi se obilje fosila numulita.

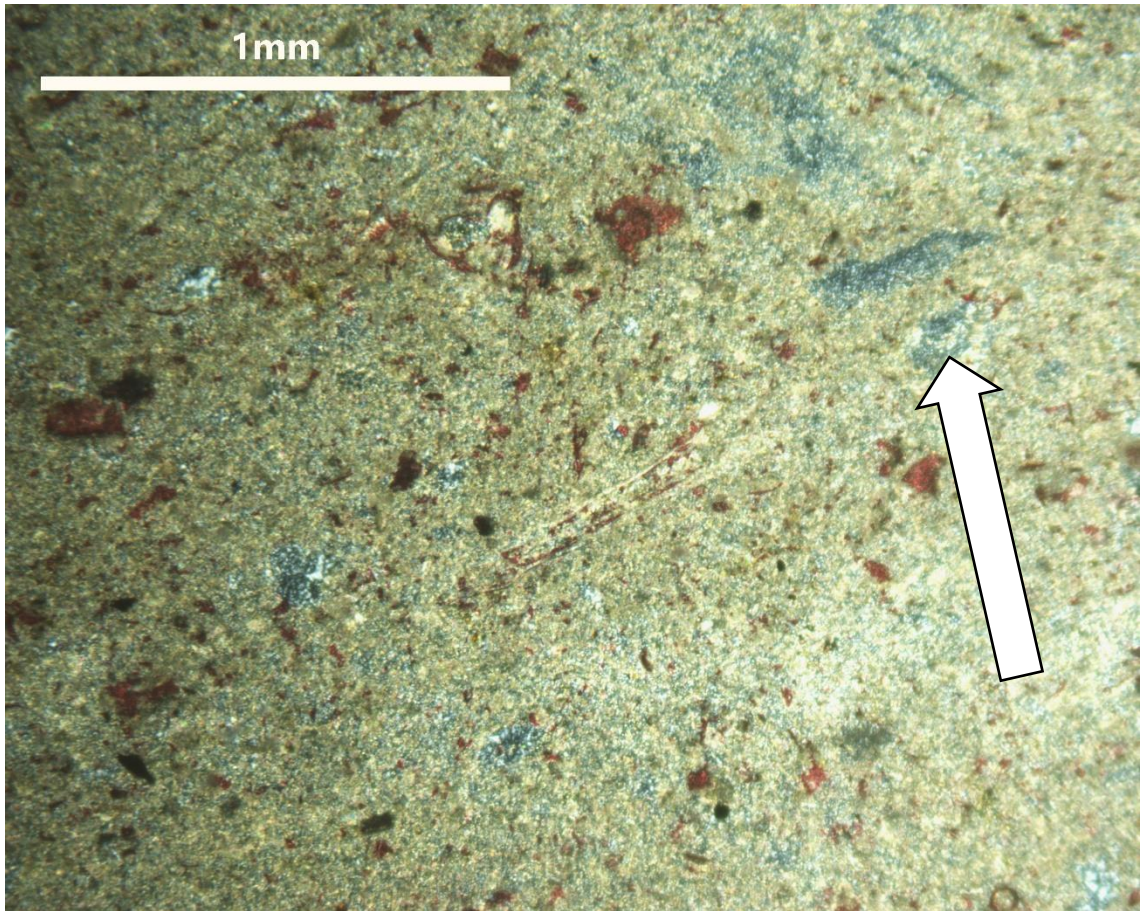
Uzorak **SK-1A** se dominantno sastoji od mikrita i osnove koja je dolomitizirana (slika 5-8). Procjenjeno je da je udio gline malen. Stijena je horizontalno laminirana. U mikritnoj osnovi nalaze se fragmenti fosila, izgrađeni od kalcita, koje nije bilo moguće odrediti. Također jako je izražena dijagenetska promjena silicifikacija (slika 5-9.).

Stijena je determinirana kao: **dolomitizirani biokalklutit**

Na osnovi dominantnog prisustva pelitnih čestica može se zaključiti da je ovakav tip stijene nastao taloženjem najsitnijih čestica iz suspenzije. Povremeno su se iz suspenzije taložili veći fragmenti arenitnih dimenzija - fosili građenih od kalcita. Tijekom dijageneze stijena je bila intenzivno silicificirana.



**Slika 5-8.** Dolomitizirani biokalklutit



**Slika 5-9.** Silicifikacija u uzorku dolomitiziranog biokalklutita (strelica). Ukriženi nikoli.

### **BIOKALKKRUDITI (tzv. „NUMULITNE BREČE“)**

Makroskopski biokalkruditi se pojavljuju kao debeli decimetarski ili metarski normalno građirani slojevi (slika 5-2). Sastoje se dominantno od detritusa numulita različitih dimenzija te nešto manje fragmenata starijih vapnenaca. Zbog toga što su izgrađeni dominantno od kršja numulita, za ove se stijene udomaćio naziv „numulitne breče“ (slika 5-10.).



**Slika 5-10.** Izgled biokalkrudita („numulitne breče“) na terenu.

Mikropetrografske karakteristike biokalkrudita ilustrira uzorak **SK-3**.

Mikropetrografskom analizom uzorka uočavaju se krupni fragment pretežno numulita, diskociklina i crvenih algi, a rjeđe ostaci planktonskih foraminifera, ježinaca i mahovnjaka (slika 5-11.).

Fragmenti numulita i diskociklina su ruditnih dimenzija i dosta fragmentirani. Fosili se nalaze u obilju matriksu koji se sastoji od mikrita i zdrobljenih čestica biodetritusa. Siliciklastična komponenta je slabo zastupljena loše zaobljenim česticama kvarca, a volumni udio kvarca se procjenjuje na 1%.

Stijenu bi determinirali kao: **biokalkrudit**.

Zbog fragmentiranja ljuštura fosila možemo zaključiti da se ne radi o primarnom nego o detritičnom materijalu koji se pretaložio iz plitkog u dubljevodni okoliš.



**Slika 5-11.** Mikrofotografija uzorka **SK-3** koji prikazuje biokalkrudit.

### **BIOKALKARENIT**

Kalkareniti se pojavljuju u obliku 20-50 metara debelih slojeva (N.Bralić, usmena komunikacija) slike 5-2. i 5-12. Za ovu jedinicu karakteristična je homogena građa (slika 5-13.) i velika tvrdoća. U početku taloženja kalkarenita često su prisutni krupni muljni klasti (klasti lapora) - slika 5-14.





**Slika 5-12.** Izgled slojeva kalkarenita na terenu



**Slika 5-13.** Homogeni izgled kalkarenita na terenu.



**Slika 5-14.** Muljni klasti u kalkarenitu (strelice).

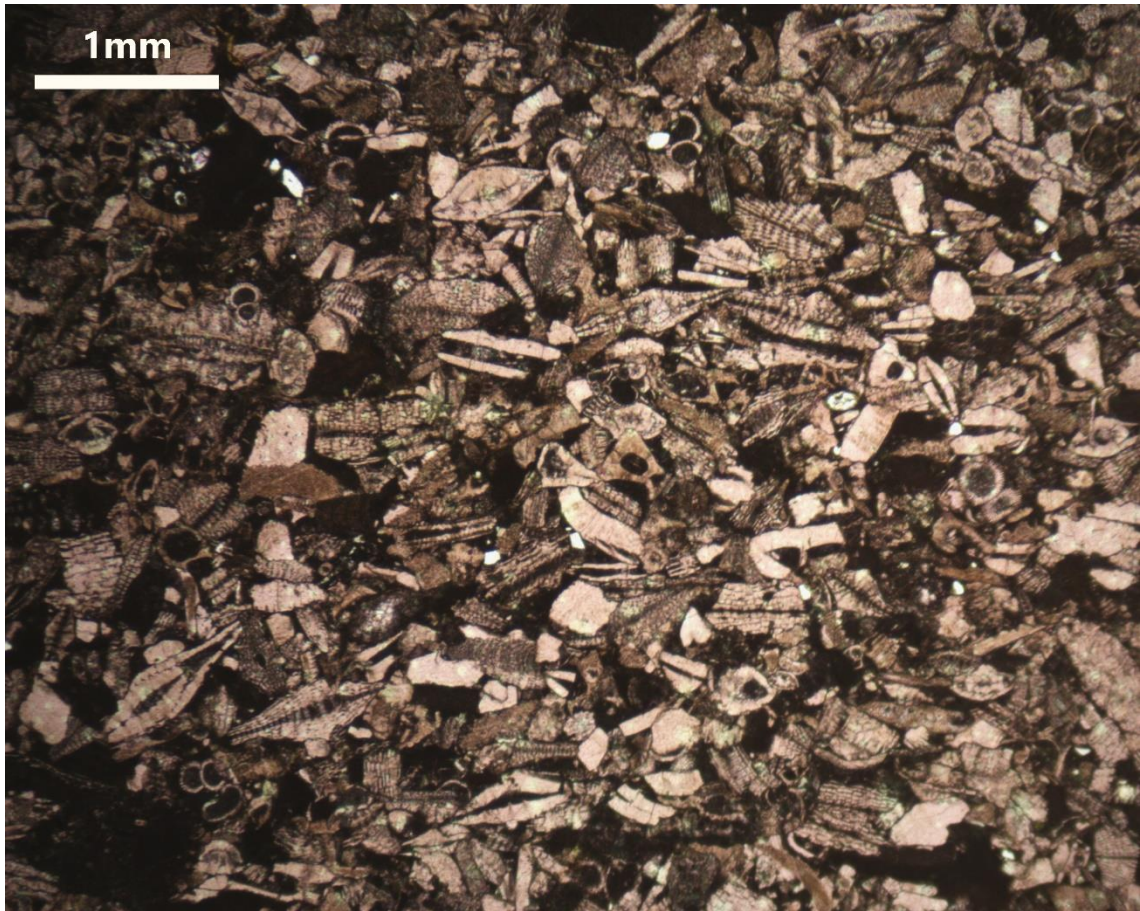
Mikropetrografski kalkareniti odgovaraju uzorku **SK-4**. U sastavu uzorak je homogen i sastoji se od dobro sortiranog fosilnog detritusa. Gusto zbijeni fosilni detritus se sastoji najvećim dijelom od fragmenata bentičkih foraminifera, ježinaca, litotamnijskih algi, a prisutne su i planktonske foraminifere (slika 5-15.).

Zbog izrazito gustog pakiranja i jako zbijenog biodetritusa vezivo je teško odraditi. Pretpostavlja se da se radi o matriksu.

Izrazito je mali udio siliciklastične komponente. Mjestimice se vide sitne nepravilne čestice glaukonita.

Stijenu determiniramo kao **biokalkarenit**.

Dobra sortiranost detritusa, zbijenost i usitnjenost dominantno fosilnih čestica ukazuje na pretaloživanje, a pojava glaukonita je specifična u dubljim morskim uvjetima. Budući da porijeklo biodetritusa ukazuje na plitko kontinentalno područje šelfa, može se zaključiti da je materijal donesen iz takvih okoliša. Međutim, prisustvo glaukonita i planktonskih foraminifera ukazuje na taloženje u dubljevodnom, pelagičkom okolišu. Sve navedene karakteristike upućuju na pretaloživanje čestica veličine pijeska vjerojatno turbiditnim strujama.



**Slika 5-15.** Ilustracija mikropetrografskog sastava biokalkarenita.

### **BIOKSLKSILTITI**

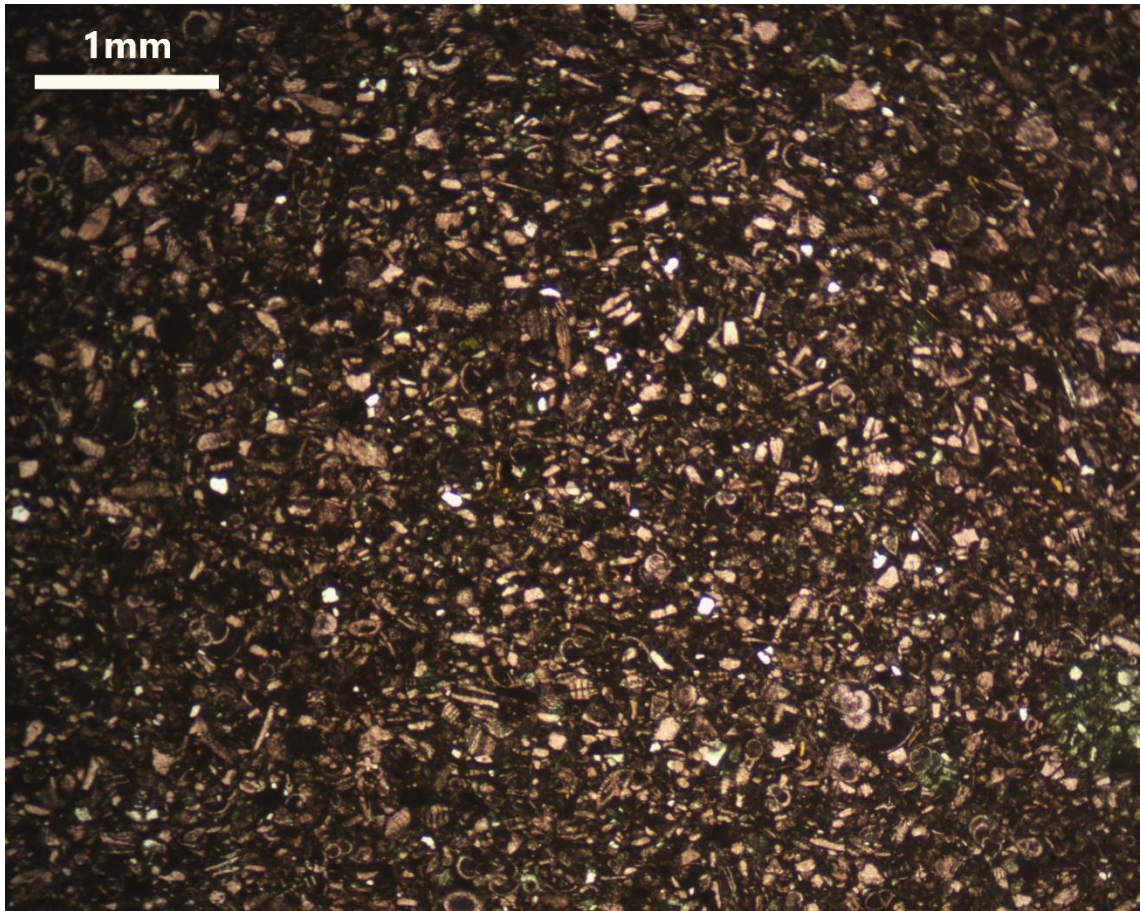
Biokalksiltiti se talože kontinuirano na biokalkarenite. Debljina intervala biokalksiltita nije definirana. Interval je homogene građe.

Mikropetrografski sastav biokalksiltita reprezentira uzorak **SK-5** (slika 5-16.). U uzorku su vidljive zbijene sitne krhotine fosila. Osim fragmenata ježinaca te bentičkih foraminifera (numulita i diskociklina), u većoj mjeri prisutni su i ostaci planktonskih foraminifera.

Biodetritus je homogeno raspoređen u cijelom uzorku i srednje je zbijen, između fragmenata nalazi se mikritna osnova. Siliciklastični detritus se sastoji od čestica kvarca koji se procjenjuje na volumni udio od oko 5%.

Stijenu je determinirana kao **biokalksilit**.

Zbijenost dominantno fosilnih čestica dimenzija silta indicira pretaloživanje na sličan način kao što je opisano za jedinicu biokalkarenita. Taloženje se događalo u dubljim morskim uvjetima. Biodetritus je pretaložen s područja šelfa vjerojatno turbiditnim strujama.



**Slika 5-16.** Mikropetrografski izgled biokalksilita (uzorak SK-5)

### **KALCITIČNI LAPOR – „TUPINA“**

Interval kalcitičnog lapora taložen je kontinuirano na interval biokalksilita, a debljine je nekoliko desetaka metara (N. Bralić, usmena komunikacija). Ova stijena je izrazito homogena (slika 5-17), a predstavlja tip stijene koji se nekada jedini eksploatirao za proizvodnju cementa.

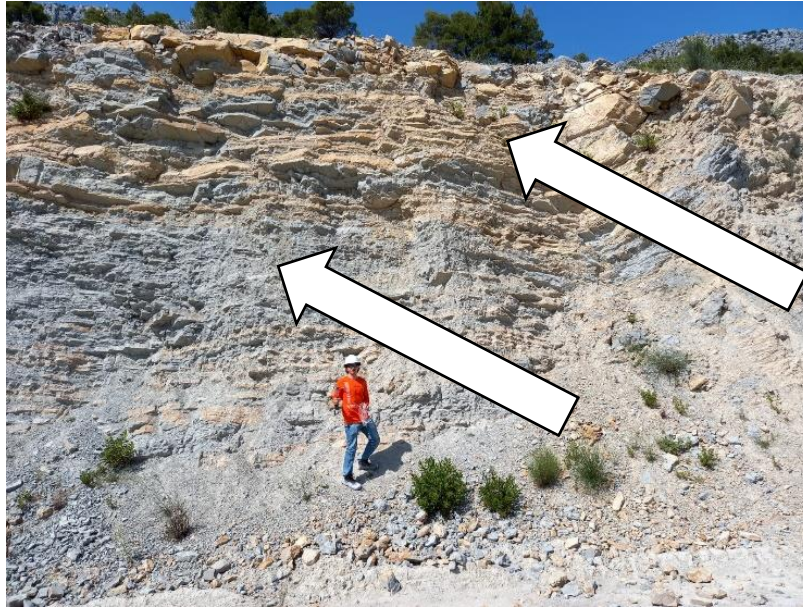
Taloženje ovako velike količine pelitnog (sitnozrnatog) materijala događalo se slijeganjem iz suspenzije odnosno iz vodom jako razrijeđenog turbidnog toka.



**Slika 5-17.** Homogeni izgled kalcitičnog lapora – „tupine“

### **IZMJENA LAPORA I PJEŠČENJAKA S RJEDIM SLOJEVIMA KONGLOMERATA**

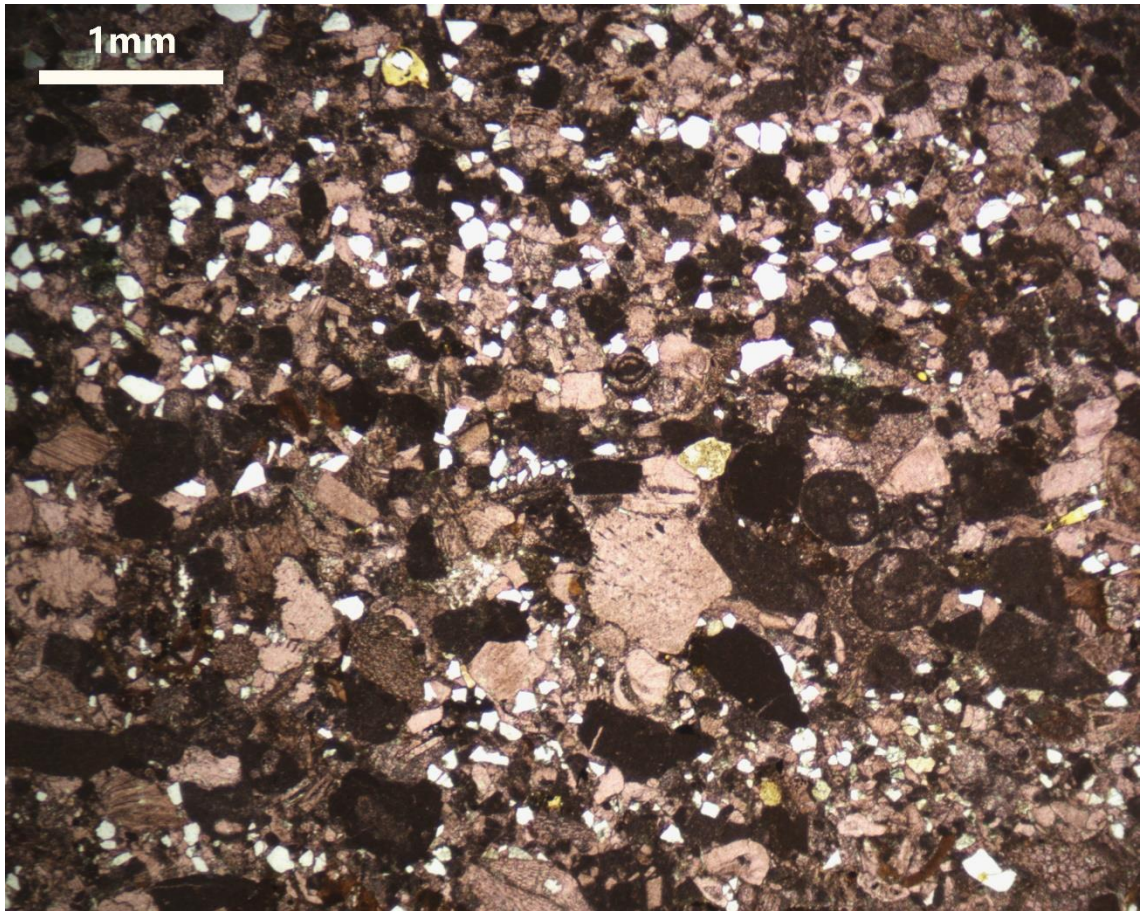
Izmjena lapora i pješčenjaka predstavlja izrazito debelu jedinicu. U jedinici su prisutni nekoliko centimetara ili decimetara debeli pločasti slojevi pješčenjaka i isto tako debeli proslojci lapora (slika 5-18). Slojevi konglomerata se rijetko pojavljuju. U pješčenjacima se ne vidi određena tekstura. Na slojnim plohama pješčenjaka nalazi se često biljni detritus. Za potrebe ovog rada analiziran je jedino uzorak pješčenjaka reprezentiran uzorkom **N-2B**.



**Slika 5-18.** Izgled izmjene lapora i pješčenjaka s rjeđim slojevima konglomerata na kopu. Sivi slojevi predstavljaju lapore (strelica), a smeđežučkasti slojevi predstavljaju pješčenjake (strelica),

U mikroskopu se u uzorku **N-2B** vidi da se sastoji od: biodetritusa arenitnih dimenzija, litoklasta vapnenaca i siliciklastičnih stijena (kvarc i fragmenti metamorfita) arenitnih dimenzija (slika 5-19). Biodetritus se po sastavu ne razlikuje bitno od biokalkarenita (prisutni su fragmenti bentičkih foraminifera, ježinaca i planktonskih foraminifera). Litoklasti vapnenaca su loše zaobljeni i nepravilnih oblika. Udio siliciklastičnog detritusa je procijenjen na 20%. S obzirom na dominaciju litoklasta u odnosu na fosilni detritus ova je stijena određena kao **karbonatni pješčenjak**.

Izmjena pješčenjaka i lapora kao i povremena pojava konglomerata ukazuju na taloženje iz turbiditnih tokova odnosno možemo ih interpretirati kao turbiditne intervale Ta-Te.



**Slika 5-19.** Mikropetrografski sastav karbonatnog pješčenjaka (uzorak N-2B).

## 7. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Naslage fliša prisutne na eksploatacijskom kopu „Sv. Juraj – Sv. Kajo“ taložene su u uvjetima dubljeg morskog okoliša odnosno u predgorskom bazenu koji se tijekom srednjeg i gornjeg eocena formirao ispred navlačnog fronta Dinarida (Marinčić, 1981; Marjanac, 1987).

Terenskim i laboratorijskim istraživanjima prikazanim u ovom radu definirano je sedam taložnih jedinica različitih litoloških karakteristika (slično kao što je opisano u radu Bralić i Malvić, 2022). Izdvojene jedinice su: Debriti, Lapor (kalklutiti) s numulitima, Biokalkruditi (tzv „Numulitne breče“), Biokalkareniti, Biokalksiliti, Lapor – tupina i Izmjena lapora i pješčenjaka s rjeđim proslojcima konglomerata.

Makroskopski i mikroskopski utvrđena petrološka svojstva stijena fliša ukazuju da je glavni proces u taloženju bilo pretaloživanje detritusa iz plitkog u dublji okoliš mehanizmima gravitacijskih tokova.

Prilikom taloženja jedinice debrita, koja se nalazi u početku istraženog slijeda (slika 5-2), došlo je do pretaloživanja mehanizmom toka stijenskog kršja iz plićeg dijela taložnog okoliša (šelfa) u dublji, pelagički taložni okoliš (dubokovodni predgorski bazen). Na to ukazuje prisutnost velikih blokova, kaotični raspored klasta, neuređena struktura te obilje matriksa. Do pokretanja detritnog toka došlo je najvjerojatnije uslijed snažne tektonske aktivnosti (Marjanac, 1987). Mjestimično vidljivi fragmenti slampova u debritu ukazuju na početak kretanja toka klizanjem i slampiranjem duž strme padine. Iz takvih su se primarnih resedimentacijskih kretanja mogli razviti najprije debriti, a zatim i turbiditi (Mutti, 2003).

Taloženje lapora (kalklutiti) s numulitima, biokalkrudita (tzv „numulitnih breča“), Biokalkarenita, Biokalksilita i Lapora (tupine) također odražava procese pretaloživanja gravitacijskim tokovima, no u slučaju ovih jedinica tokovi imaju turbiditni karakter (Marjanac, 1987). Iako opisane naslage (lapora s numulitima, biokalkrudita (tzv „numulitnih breča“), biokalkarenita i biokalksilita) mikropetrografski izrazito slične primarnim stijenama – vapnencima, fragmentiranost ljuštura ipak sugerira da se ne radi o primarnom nego o detritičnom materijalu koji se pretaložio iz plitkog u dubljevodni okoliš. Stoga su pri determinaciji korišteni nazivi uobičajeni za intrabazenski pretaložene stijene (Tišljar, 2001).

Na osnovi fragmentiranih bentičkih foraminifera može se zaključiti da osnovni biodetritus potječe s karbonatnog šelfa, a prisutnost planktonskih foraminifera ukazuje na



pretaloživanje u pelagičnom okolišu. Na pretaloživanje ukazuje i obilje istaloženog matriksa koji se sastoji od mikrita kao i zaobljenost, te fragmentiranost fosilnog detritusa .

Detritus arenitnih i ruditnih dimenzija je pretaložen s područja šelfa vjerojatno turbiditnim strujama velike gustoće, a taloženje pelitnog (sitnozrnatog) materijala (lapora – „tupina“) događalo se slijeganjem iz suspenzije odnosno taloženjem iz vodom jako razrijeđenog turbiditnog toka (turbiditni tok male gustoće).

Izmjena pješčenjaka i lapora kao i povremena pojava konglomerata ukazuju također na taloženje iz turbiditnih tokova, odnosno možemo ih interpretirati kao turbiditne intervale Ta-Te istaložene u distalnom, zaravnjenom dijelu dubokovodnog bazena.

Slijed prikazan na slici 5-2 odražava redoslijed taloženja u periodu srednji-gornji eocen pri čemu je jedinica debrita najstarija, a jedinica izmjene lapora i pješčenjaka s rjeđim proslojcima konglomerata predstavlja najmlađe taloge.

## 8. LITERATURA

- BRALIĆ, N., MALVIĆ, T., 2022. Interpretation of Chemical Analyses and Cement Module sin Flysch by (Geo) Statistical Methods, Example from the Southern Croatia. Processes 10, 813, 2-16. doi.org/10.3390/pr10050813
- EVAMY, B. D., SHERMAN, D. J. 1962. The application of chemical staining techniques to the study of diagenesis in limestones. Proc. Geol. Soc. London 1599, str, 102-103
- GRABAU, A. W., 1913. Principles of Stratigraphy, I & II. Dover Publ. Inc., New York, 1185 str.
- KERNER, F., 1903. Gliederung der spalatiner flyschformation. Verh. geol. R. A. Wien.
- MAGAŠ, N., MARINČIĆ, S., 1973. Tumač za listove Split i Primošten. Savezni geološki zavod, Beograd.
- MARINČIĆ, S., 1981. Eocenski fliš jadranskog pojasa. Geo. Vjesnik, 34, str, 27-38
- MARINČIĆ, S., MAGAŠ, N., BOROVIĆ, I., 1971. Osnovna geološka karta, M 1:100 000, za listove Spčit i Primošten. Savezni geološki zavod, Beograd.
- MARJANAC T., 1987. Sedimentacija Kernerove „srednje fliške zone“ (paleogen, okolica Splita). Geo. Vjesnik, 40, str. 177.-194.
- MUTTI, E., 2003. Turbidite sandstones. Agip, Instituto di geologia Univesita di Parma, 275 str.
- TIŠLJAR, J., 2001. Sedimentologija karbonata i evaporita. Institut za geološka istraživanja Zagreb, 375 str.

### **Elektronički izvori:**

[1]<https://earth.google.com/web/search/split/@43.55205685,16.4630924,113.89687982a,6945.66494673d,35y,0h,0t,0r/data=CnAaRhJACiUweDEzMzU1ZGZjNmJiY2Y1MTc6MHhhMTc5OGZmNjMxYjQ5Zjk4GcLuhRPiwUVAlb9KmS-KcTBAKgVzcGxpdBgBIAEiJgokCe4tRLZM5UZAeYG6ZAoR5UZAGaG5sVJ89S9AIY8qRA7W8i9A> (8.7.2022.)

### **Neobjavljeni izvori:**

LUKŠIĆ, B., PENCINGER, V., OŽANIĆ, M., CRNOGAJ, S., DEDIĆ, Ž., JURIĆ, A., 2008. Elaborat o rezervama mineralnih sirovina za proizvodnju cementa na eksploatacijskom polju „Sv. Juraj – Sv. Kajo“ – obnova., Hrvatski geološki institut, Knjiga I,

**IZJAVA**  
**o autorstvu i pohrani završnoga rada u digitalnom arhivu**  
**(institucijskom repozitoriju) Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta**

Ime i prezime studenta/ice: Juraj Ružić

E-mail studenta/ice za kontakt: jurajrui7@gmail.com

Vrsta ocjenskog rada: Završni rad

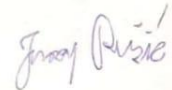
Naslov ocjenskog rada: PETROGRAFSKE KARAKTERISTIKE EOCENSKIH FLIŠNIH NASLAGA OKOLICE SPLITA

Mentor/ica (Voditelj/ica) ocjenskog rada: Dunja Aljinović

Zavod: Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine

Ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog završnoga rada, da sadržaj predane elektroničke datoteke (u PDF-u) u potpunosti odgovara sadržaju obranjenog završnoga rada, te da sam suglasan/a da se završni rad u elektroničkom obliku trajno pohrani u digitalnom arhivu Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, odnosno, sukladno Zakonu o izmjenama i dopunama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju (NN 94/13), u javnoj internetskoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice.

Potpis studenta/ice:



Datum: 8.7.2022.