

Ostaci riba (otoliti) u badenskim naslagama jugozapadnog dijela Medvednice

Husain, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:628572>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Petra Husain

**OSTACI RIBA (OTOLITI) U BADENSKIM
NASLAGAMA JUGOZAPADNOG DIJELA
MEDVEDNICE**

Diplomski rad

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
GEOLOŠKI ODSJEK

Petra Husain

**OSTACI RIBA (OTOLITI) U BADENSKIM
NASLAGAMA JUGOZAPADNOG DIJELA
MEDVEDNICE**

Diplomski rad
predložen Geološkom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta
Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog stupnja
magistra geologije

Mentor:
Jasenska Sremac

Zagreb, 2018.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Geološkom odsjeku pod vodstvom prof. dr. sc. Jasenke Sremac, u sklopu Diplomskog studija geologije i paleontologije na Prirodoslovno matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvale

Zahvaljujem svojoj mentorici, prof. dr. sc. Jasenki Sremac što me usmjerila da pišem o ovoj temi, o kojoj nisam znala mnogo. Hvala Vam na svim smjernicama, stručnim savjetima i pomoći prilikom izrade ovog rada.

Hvala i dipl. ing. Sanji Japundžić što me upoznala s temom otolita i na posudbi literature vezane uz ovu temu.

Hvala i prof. geol. i geog. Šimunu Aščiću na analizi vapnenačkog nanofosila.

Zahvaljujem se i kolegici Antonji Separović što je izdvajala otolite iz svog uzorka bez obzira što nije trebala i time meni ostavila više vremena za pisanje ovog rada.

Hvala i kolegicama Anji Kaltak i Marti Gjirlić što su odvojile vremena da mi pokažu izdanak i pravile mi društvo prilikom sakupljanja uzorka.

Hvala Vam!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geološki odsjek

Diplomski rad
**OSTACI RIBA (OTOLITI) U BADENSKIM NASLAGAMA JUGOZAPADNOG
DIJELA MEDVEDNICE**

Petra Husain

Rad je izrađen: Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološko-paleontološki zavod, Horvátovac 102a, Zagreb

Sažetak: Analizirani su otoliti na tri lokacije na jugozapadnom dijelu Medvednice: Dubravica, Veternica i Podsused. Opisano je devet novih rodova koji se po prvi put spominju na ovom području: *Gobius*, *Neogobius*, *Diaphus*, *Valencienellus*, *Phycis*, *Maurolicus*, *Paratristopterus*, *Sardina* i *Bregmacero*. Na lokalitetima Dubravica i Veternica pronađeni su ostaci izrazito plitkomorskih, ali i pučinskih riba. Dok su na lokalitetu Podsused nađeni ostaci dubokomorskih riba. U raspravi je dana rekonstrukcija paleookoliša i paleogeografije na temelju otolita.

Istraživanje otolita pokazalo se izvrsnom metodom kojom se može nadopuniti poznavanje ihtiofaune Paratethisa u miocenu i bilo bi dobro ovim fosilima posvetiti veću pozornost u budućim istraživanjima.

Ključne riječi: baden, otoliti, Centralni Paratetis, Mediteran, Jugozapadna Medvednica

Rad sadrži: 60+VI stranica, 37 slika, 2 tablice, 28 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski

Rad je pohranjen u: Središnja geološka knjižnica, Geološki odsjek, PMF

Mentor: prof. dr. sc. Jasenka Sremac

Ocjenjivači: prof. dr. sc. Jasenka Sremac

izv. prof. dr. sc. Marijan Kovačić

izv. prof. dr. sc. Aleksandar Mezga

Datum završnog ispita: 26. rujna, 2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geology

Master Thesis

FISH REMAINS (OTOLITHS) IN BADENIAN DEPOSIT FROM THE SOUTHWESTERN PART OF THE MEDVEDNICA MT.

Petra Husain

Thesis completed in: Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološko-paleontološki zavod, Horvátovac 102a, Zagreb

Abstract: The Fish otoliths have been studied at three localities southwestern Medvednica Mt.: Dubravica, Veternica and Podsused. Nine new genera are described for the first time from this area: *Gobius*, *Neogobius*, *Diaphus*, *Valencienellus*, *Phycis*, *Maurolicus*, *Paratristopterus*, *Sardina* and *Bregmacero*. The otoliths from Dubravica and Veternica include fishes typical for a shallow water environment and deep-water fishes. Otoliths from Podsused represent fishes typical for an open marine environment. In discussion are given the informations on palaeoenvironments and palaeogeographical reconstruction based on those otoliths.

The obtained results indicate that otoliths are very important for reconstruction of Paratethys fish fauna and deserve more attention in the future.

Keywords: badenian, otholiths, Central Paratethys, Mediterranean, southwest Medvednica

Thesis contains: 60+VI pages, 37 figures, 2 tables, 28 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Central Geological Library, Geological Department, Faculty of Science

Supervisor: prof. dr. sc. Jasenka Sremac

Reviewers: prof. dr. sc. Jasenka Sremac

assoc. prof. dr. sc. Marijan Kovačić

assoc. prof. dr. sc. Aleksandar Mezga

Date of the final exam: 26th September 2018

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEORIJSKA OSNOVICA.....	2
2.1. POVIJEST DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	2
2.2. MIOCEN PARATETISA.....	6
3. MATERIJALI I METODE	8
3.1 TERENSKI RAD.....	8
3.2 LABORATORIJSKA OBRADA.....	10
3.3 INTERPRETACIJA I PRIKAZ REZULTATA	12
4. REZULTATI.....	13
4.1 OSNOVNA SVOJSTVA OTOLITA.....	13
4.2 OTOLITI LOKALITETA DUBRAVICA	17
4.3 OTOLITI LOKALITETA VETERNICA.....	26
4.4 OTOLITI LOKALITETA PODSUSED	30
4.5 POPRATNA FAUNA	33
4.6 NANOFOŠILI	33
4.7 SPIKULE SPUŽVI	34
4.8 SCAPHOPODA	35
5. RASPRAVA	36
5.1 EKOLOŠKE NIŠE I NAČIN ŽIVOTA NAĐENIH RIBA.....	36
5.2 STAROST LOKALITETA.....	45
5.3 PALEOOKOLIŠ	47
5.4 PALEOGEOGRAFIJA.....	50
6. ZAKLJUČAK	54
7. LITERATURA	55
8. POPIS SLIKA U TEKSTU.....	58
9. POPIS TABLICA U TEKSTU	60

1. UVOD

Ostaci riba pronađeni su na više lokaliteta na prostoru Paratetisa. Najčešće su to zubi, ljuske i fragmenti skeleta. Cjeloviti skeleti nisu česti, ali su ti nalazi vrlo vrijedni i omogućuju najsigurniju determinaciju. Zadnjih dvadesetak godina posebna je pozornost posvećena otolitima, koji se relativno lako sačuvaju, a omogućuju determinaciju na razini roda, a ponekad i vrste. Upravo stoga odlučila sam se za istraživanje otolita iz miocenskih naslaga jugozapadnog dijela Medvednice, koje sam dijelom prikupila sama, a dijelom potječu iz ranije prikupljenih uzoraka.

Glavni ciljevi ovog rada bili su sljedeći:

1. Determinirati nađene otolite i time upotpuniti znanje o ribljoj fauni ovog dijela Paratetisa,
2. Na temelju riblje faune odrediti paleookoliš,
3. Prepoznati moguće morske puteve koji su Paratetis povezivali s drugim morima i oceanima i odrediti moguće smjerove migracije.

2. TEORIJSKA OSNOVICA

2.1. POVIJEST DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

U povijesti dosadašnjih istraživanja obuhvatiti ćemo najznačajnija istraživanja provedena na miocenskim naslagama Medvednice. Spomenuti ćemo i radove koji pišu o miocenskoj ribljoj fauni ovog područja. Zbog siromaštva podataka o miocenskoj ribljoj fauni područja Medvednice, ali i zbog činjenice da se na ovom području u miocenu prostiralo nekadašnje more Paratetis, napraviti ćemo i pregled istraživanja riblje faune miocena Paratetisa i Mediterana. Taj pregled će se prvenstveno temeljiti na fosilnim ostacima otolita, a spominje se i nekoliko radova temeljenih na ostacima zubi i skeleta riba. Bit će spomenuto i nekoliko bočatih vrsta riba.

POVIJEST DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA MIOCENSKIH NASLAGA I RIBLJIH FOSILA MEDVEDNICE

Područje Medvednice vrlo je zanimljivo za geološka istraživanja koja, s kraćim prekidima, traju sve do danas. Prvi su područje Medvednice počeli istraživati austrougarski geolozi, a prvi prikaz njene građe daje nam F. Foetterle (1861/62). Postupno su Medvednicu počeli istraživati i hrvatski prirodoslovci.

Neki od radova D. Gorjanović-Krambergera temelj su za sva daljnja istraživanja ovog područja. Objavio je rad o geološkoj građi Medvednice (1908), te niz radova (1907, 1922, 1924) o problematici odnosa tektonike Medvednice, Kalničkog, Samoborskog, Krško-Klanječkog te gorskog niza Ivanščice. On je miocenske naslage Medvednice podijelio na oligocenske, starije mediteranske naslage, II. mediteranske i sarmatske naslage.

Vrlo značajan doprinos u istraživanju Medvednice imala je i V. Kochansky, ona je u svojoj doktorskoj disertaciji (1944) detaljno obradila miocensku marinsku faunu i okoliše

Medvednice. Ona pak miocenske naslage Medvednice dijeli na slijedeći način, točnije na tri razvoja: na Doljanski razvoj u jugozapadnom dijelu Medvednice (od G. Ivanca u Zagorju preko Jarka, Dolja, Bizeka, G. Stenjevca, Vrapča, Krvarića, Šestina, Gračana do Blizneca), na Čučerski razvoj u središnjem dijelu Medvednice (Čučerje, Goranci, D. Planina, Sopnica, G. Kašina, G. Glavnica, Moravče, Nespeš) i na Zelinski razvoj u sjeveroistočnom dijelu Medvednice (od Nespeša, Psarjeva, Kalinja do Orešja prema Mariji Bistrici).

Nema puno zabilježenih podataka o miocenskim nalazima riba na području Medvednice. Prvi o nalazima riba piše R. Kner (1863). O nalazima ostataka hrskavičnih riba (morskih pasa, mačaka i raža), te orada u Doljanskom razvoju miocena na Medvednici piše Kochansky (1944).

Novija istraživanja područja Medvednice otkrila su nam nalaz zuba koji pripada rodu *Acanthurus* iz porodice Acanthuridae. Ovo je prvi nalaz ribe kirurga zabilježen u Hrvatskoj o kojem K. Tripalo piše u svom završnom radu (2014), koji je kasnije i objavljen (Tripalo et al., 2016).

Kratak pregled dosadašnjih istraživanja provedenih na miocenskim naslagama Medvednice napisan je prema pregledu danom u Tumaču lista Zagreb OGK SFRJ, LC33-80 (Šikić i dr., 1979). Preuzete starije reference gore navedene u tekstu dostupne su u popisu literature Tumača. Noviji radovi koji nisu navedeni u Tumaču navedeni su u popisu Literature na kraju ovoga rada.

POVIJEST DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA RIBLJIH OTOLITA IZ PARATETISA I MEDITERANA

O prvim zabilježenim fosilnim otolitima starosti srednjeg miocena (baden, sarmat) na području Beograda, Srbije pišu W. Schwarzhans i suradnici (2015). Utvrđeno je da su pronađeni otoliti donjobadenske starosti pripadali porodicama Myctophidae (žaboglavke) i Bregmacerotidae (bakalarke). Slična fauna riba nađena je i na nekim drugim lokalitetima središnjeg Paratetisa. U naslagama gornjobadenske i sarmatske starosti dominirali su otoliti porodice Gobiidae (glavoči ili glamci), koji ukazuju na blago bočati okoliš. Također otoliti

ove porodice sa po tri predstavnika svoje vrste dominiraju i u sarmatskim sedimentima južne Ukrajine i, zajedno s otolitima porodice Moronidae (lubini), i porodice Sciaenidae (sjenke), koji su također nađeni na navedenom lokalitetu, predstavljaju zajednicu riba koja je poznata da migrira iz marinskih u bočate okoliše ili se prilagođava bočatim i slatkovodnim uvjetima. O tome više govore A. Bratishko i suradnici (2017).

Fosilna riblja fauna, otoliti i zubi, nađena u ranomiocenskim naslagama južne Francuske, obuhvaćala je sljedeće taksone: ciprinide (šarane), aterinide (zeleniše), ciprinodontide (šaranozupke), scienide (sjenke), i moronide (lubini), te tri nove riblje vrste: *Hemitrichas denisae*, *Prolebias fritzsteiningeri*, i *Morone maritima*. Ovi podaci, izneseni u radu B. Reichenbacher (2004), pokazali su da je ova riblja fauna mješavina morskih, bočatih i jezerskih taksona. U radu je to objašnjeno na sljedeći način: pretpostavljeno je postojanje hiperslanog vodenog tijela u kojem je mogao živjeti rod *Hemitrichas* koja dominira u sedimentu, dok vrsta *Morone maritima* sugerira postojanje estuarija ili dotoka bočate vode između Mediterana i zapadnog dijela zapadnog Paratetisa. Kada govorimo o fosilnoj ribljoj fauni zapadnog Paratetisa važnoj je spomenuti pregled Karpatskih pravih koštunjača, načinjen na temelju otolita, zubi i skeleta, koji u svom radu iznose M. Bohme i B. Reichenbacher (2003). U ovoj fosilnoj ribljoj zajednici, donjomiocenske starosti, dominiraju slatkovodni rodovi porodica: Cryprinidae (šarani), Channidae (zmijoglave), Umbridae, Esocidae (štuke), Cobitidae (šaranke), Acipenseridae (jesetre). Dok su eurihalini rodovi porodica rjeđe zastupljeni, a to su: Cyprinodontidae (šaranozupke), Atherinidae (zeleniši), Gobiidae (glavoči) i Moronidae (lubini).

Riblja fauna zapadnog Paratetisa drugačija je od uglavnom marinske zajednice riba središnjeg Paratetisa. I takva brojnija i drugačija zajednica otolita nađena je u sedimentima ranolangijske (donjobadenske) starosti na području Bečkog bazena, gdje je nađeno čak deset vrsta riba koje do tada nisu bile poznate u središnjem Paratetisu. Ovu zajednicu riba opisalo je R. Brzobohaty sa suradnicima (2007). Rod *Diaphus* iz porodice Myctophidae (žaboglavke), rod *Sargocentron* i rod *Myripristis* iz reda trbopilke, rod *Peristedion* iz reda škarpinke, rod *Sphyræna* iz reda grgečke, rod *Trachurus* te rod *Oblada* nađeni su u prikupljenom uzorku sedimenta. Rod *Chelon* iz reda ciplovke i rod *Oxyurichthys* iz reda grgečke prvi put je tada zabilježen u središnjem Paratetisu. Ova analizirana zajednica otolita upućuje na otvoreno more bez dotoka bočate ili slatke vode, u suptropskoj klimi s postupnim zahlađenjem.

Analiza ranomesinske faune na području istočne Italije otkriva da oko 53% mesinske riblje faune živi i danas u Mediteranu. O ovom nam govore A. Girone i suradnici (2010). Većina ispitanih uzoraka u ovoj studiji bila je bogata otolitima porodice Gobiidae. Osim ove porodice, u mesinskim naslagama istočne Italije, nađeni su predstavnici familije jegulja, Congridae, roda *Lestidium*, rod *Capros*, kljunčica. Ipak najbolje opisana zajednica riba, proučavana na temelju otolita, u miocenu Mediterana je zajednica pravih koštunjača tortonske starosti. O novijim podacima iz tortonskih marinskih slampova pišu C.-H. Lin i suradnici (2017). Zaključuju da fosilna miocenska zajednica pravih koštunjača pokazuje blisku povezanost s recentnom zajednicom Mediterana.

Osim otolita, u sedimentima često nalazimo i ostatke ribljih zubi, te riblje ljuske. A. Šoster i V. Mikuž (2013) raspravljaju o fosilnim ostacima zubi, uglavnom zubnih krunica, morskih pasa: *Notorynchus*, *Carcharias*, *Carcharoides*, *Isurus* i *Cosmopolitodus*, te rod *Pagrus* koji su nađeni u miocenskim pješčenjacima u Sloveniji. Gore navedeni autori u još jednom svom radu (2013), osim prije spomenutih rodova navode i sljedeće rodove raža, nađene u sedimentima središnje Slovenije: *Myliobatis*, *Aetobatus* i *Rhinoptera*. Zbog nedostatka zabilježenih podataka o miocenskoj ribljoj fauni Transilvanije (Rumunjska), N. Trif i suradnici analiziraju (2017) fosilne riblje zube srednjemiocenske starosti. Devet opisanih ribljih zuba pripadalo je ovim vrstama: *Otodus (Megaselachus) megalodon*, *Hemipristis serra*, *Carcharodon hastalis*, *Carcharias* sp., *Diplodus jomnitanus*.

Ostatke fosilnih skeleta riba proučavamo nezavisno od fosilnih ostataka otolita, razlog tome je što ih vrlo rijetko u sedimentu nalazimo zajedno. Ali kada ih nađemo takvi podaci su nam jedinstveni jer nam daju točnije i kompleksnije podatke o izgledu, načinu života ribe koja je živjela u prošlosti. Upravo takve fosilne skelete riba porodice Gobiidae s *in situ* otolitima, nađene u sedimentima ranog sarmata u Hrvatskoj i Srbiji, analiziraju W. Schwarzhans i suradnici (2017). Također vrsta *Gobius brevis* je određena na temelju fosilnog skeleta ribe s *in situ* otolitima nađenog u donjomiocenskim sedimentima Bečkog bazena. Ova vrsta je bila prilično rasprostranjena u bočatim i slatkovodnim vodama u središnjem Paratetisu. R. Brzobohaty i J. Gaudant pišu o tome u svom članku (2009).

Dok nam gore navedeni radovi govore o sačuvanim skeletima riba s *in situ* otolitima, nekoliko autora pišu o cjelovitim ostacima skeleta riba. O tri djelomično, ali dobro očuvana skeleta, srednjemiocenske starosti, pomoću kojih je opisan novi rod i vrsta iz porodice Batrachoididae piše G. Carnevale (2014). Nova vrsta *Zappaichthys harzhauseri* pripada porodici

Batrachoididae, poznatoj po tome što se često zakopava u pijesak ili ispod stijena, a dolazi u morskim i bočatim okolišima po cijelom svijetu. Najstariji predstavnik porodice Batrachoididae nađen je u vapnencu Austrije.

2.2. MIOCEN PARATETISA

Područje Jugozapadne Medvednice paleogeografski je tijekom miocena pripadalo Centralnom Paratetisu. U paleogeografskom smislu Paratetis se dijeli na: Zapadni Paratetis (sadrži alpski „foreland“ bazen Francuske, Švicarske, Južne Njemačke i Gornje Austrije.), Centralni Paratetis (uključuje istočnoalpskokarpatske „foreland“ bazene od Donje Austrije do Moldavije i Panonski bazenski sustav) i Istočni Paratetis (obuhvaća Crno more, Kaspijski i Aralski bazen) (Piller et al., 2007).

U sjevernoj Hrvatskoj tijekom neogena razlikujemo dva bazena s različitim razvojem: bazen Hrvatskog zagorja i Sjevernohrvatski bazen (Pavelić, 2001, 2002). Istraživano područje jugozapadnog dijela Medvednice pripada Sjevernohrvatskom bazenu. Ranija stratigrafska istraživanja Sjeverno hrvatskog bazena, koja su bila prvenstveno temeljena na biostratigrafiji i superpoziciji, nadopunjena su nedavnim rezultatima dobivenim radiometrijskim datiranjem tufova (Pavelić et al., 2018).

Donjobadenske naslage u Sjevernohrvatskom bazenu sastoje se od izmjene vapnenačkih, dijelom konglomeratnih pješčenjaka, bioklastičnih vapnenaca, laporovitih vapnenaca i lapora. Sedimentaciju ranog badena pratila je i vulkanska erupcija, koja je uzrokovala promjenu klime i promjenu morske razine i bila obilježena taloženjem tufova. Datiranje slojeva tufa unutar jezerskih naslaga pokazala su starost od 15.4 Ma godina na Medvednici (Marković, 2016; iz Pavelić & Kovačić, 2018). U srednjem badenu iz jezerskog okoliša prelazi se u potpuno morski okoliš. Takvi prijelaz karakteriziran je taloženjem grubozrnatih klastita, vapnenaca, biokalkarenita i konglomerata. Srednjobadenska sedimentacija također je karakterizirana vulkanizmom i taloženjem tufova. Datiranjem tufova unutar marinskih naslaga dobivena je starost od 14,8 +/- 0,8 Ma godina (Marković, 2016; iz Pavelić & Kovačić, 2018). Početak gornjeg badena obilježen je podizanjem morske razine čime dolazi do prekrivanja šireg područja sjeverozapadne Hrvatske i dijela jugozapadnih predjela

Medvednice morem. Sedimenti koji se talože u ovom razdoblju su breče, konglomerati, bioklastični vapnenci (litavci) i biokalkareniti. I gornji baden je obilježen slabom vulkanskom aktivnošću i lokalnom emerzijom (Pavelić & Kovačić, 2018)

O postojanju veze između Paratetisa i Mediterana još se uvijek raspravlja. Ako je ona u prošlosti postojala, postavlja se pitanje gdje se točno nalazila i u kojem vremenskom periodu je bila otvorena.

Novijim istraživanjem Bartol i suradnici (2013) tvrde da je do kraja badena postojala veza između Centralnog Paratetisa i Mediterana preko Slovenskog (ili Transtetijskog) koridora. Zaključak je donesen na temelju prisutnosti puža *Pereiraea gervaisi* koji je, osim u Mediteranu, nađen samo na lokalitetima u Hrvatskoj, Mađarskoj i Sloveniji. Autori ovog rada sugeriraju da je utjecaj Mediterana bio prisutan samo u sjeverozapadnom dijelu Centralnog Paratetisa (Bartol et al., 2013). Njihova teza upotpunjena je i podacima dobivenim analizom nanofosila. Fauna nanofosila nađena u sedimentima Lenarta u Sloveniji ukazuje na jaki utjecaj Mediterana i normalnog saliniteta, za razliku od istovremene faune nanofosila iz Walbersdorfa u Austriji, koja ukazuje na promjenu saliniteta i smanjen utjecaj Mediterana. Ovo saznanje uspoređeno je s hipotezom koju je predložio Kokay (1985), odnosno predlaže model cirkuliranja gdje bočata voda u Centralni Paratetis dolazi iz Istočnog Paratetisa, dok istovremeno slana voda dolazi iz Mediterana (Bartol et al., 2013).

Studencka et al. (1998) govori o postojanju prijelaza Axios (Vardar) u kasnom badenu preko kojeg su Centralni Paratetis i Mediteran mogli komunicirati. Kontinuirani slijed naslaga duž hipotetskog Axios prijelaza se, nažalost, ne može dokazati, jer su naslage vjerojatno erodirane tijekom kasnog miocena (Bartol et al., 2013).

3. MATERIJALI I METODE

U radu su korištene terenske i laboratorijske metode prikupljanja i obrade uzoraka na zadanom lokalitetu, Dubravica-općina.

Također uzorci otolita prikupljeni na lokalitetu Veternica, obrađeni i izvađeni od strane kolegice Antonie Šeparović, te otoliti s lokaliteta Podsused, prikupljeni od strane kolege Zečevića uključeni su u ovaj diplomski rad.

3.1 TERENSKI RAD

Terenski rad na lokalitetu Dubravica-općina ($45^{\circ} 49' 56''\text{N}$ $15^{\circ} 52' 10''\text{E}$) (slika 1) uključivao je prikupljanje uzorka, koji će biti podvrgnuti daljnjoj laboratorijskoj analizi. Prvo smo rukama i čekićem uklonili gornji sloj zemlje. Uzorke s fosilnim sadržajem prikupili smo iz sloja sivkastog lapora koji je nalazio ispod površinskog sloja zemlje. Unatoč tome što se radilo o istom izdanku uzorci su prikupljeni na dva različita mjesta, koje smo označili kao točke P1 i P2.

U ovaj diplomski rad bit će uključeni i otoliti prikupljeni na lokalitetu Veternica i Podsused (slika 2).



Slika 1. A) Smještaj (Google Earth, 10.9.2018.) i B) izgled izdanka na lokalitetu Dubravica



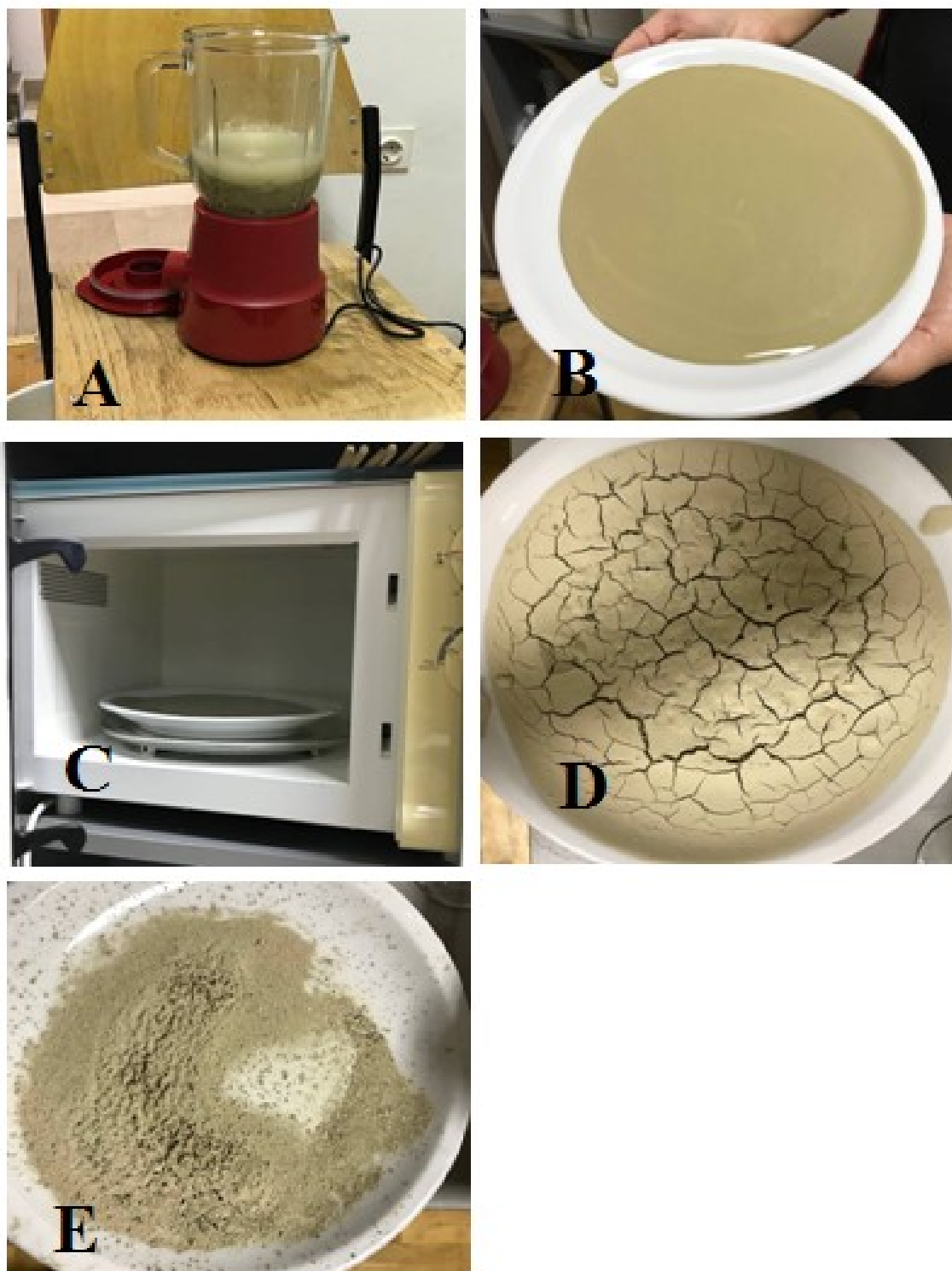
Slika 2. Smještaj lokaliteta Dubravica, Veternica i Podsused (Google Earth, 10.9.2018)

3.2 LABORATORIJSKA OBRADA

Za obradu uzorka korištena je modificirana tehnika muljenja prema praksi prof. V. Davydova s Boise State University SAD (usmeno priopćenje).

Izvagali smo 0,5 kg uzorka prikupljenog na točki koju smo označili sa P2 na lokalitetu Dubravica-općina. Dio smo izmiješali s vodom i malo deterdženta u kućanskom blenderu.

Dobivenu smjesu smo istresli na tanjur i osušili je u mikrovalnoj pećnici. Uzorak se u mikrovalnoj pećnici sušio pola sata uz snagu od 350 W. Uzorak smo nakon toga prosijali kroz set sita veličine 250 i 125 μm .



Slika 3. Prikaz redoslijeda obrade dijela uzorka s točke P2

A-blendanje uzorka u kućanskom blenderu, B-tako dobivena „smjesa“ izlivena je na ravan tanjur, C-stavljena je u mikrovalnu na sušenje, D- prikaz uzorka nakon sušenja u mikrovalnoj pećnici, E- osušeni uzorak nakon što je prosijan kroz set sita.

Za usporedbu, ostatak izvaganog uzorka s točke P2 obrađen je klasičnom metodom muljenja ili šlemanja. Uzorak je stavljen u veću posudu te preličen vodom, tako da ga voda u potpunosti prekrije. Dodan je vodikov peroksid, sve je zajedno pomiješano i ostavljeno nekoliko dana da odstoji. Isti postupak smo ponovili s uzorkom prikupljenom na točki P1 : izvagali smo 0,5 kg i obradili ga metodom muljenja ili šlemanja. Tako pripremljene uzorke prosijali smo kroz set sita veličine 1000, 500, 250, 125 i 63 μm . Ostatak koji je zaostao na sitima presipan je u manje posudice i ostavljen da se osuši. Tako osušeni uzorci odloženi su u papirnate vrećice, i iz njih su izvađeni mikrofosili, točnije otoliti.

Laboratorijska obrada načinjena je u Mokrom laboratoriju Geološko-paleontološkog zavoda Geološkog odsjeka PMF-a.

3.3 INTERPRETACIJA I PRIKAZ REZULTATA

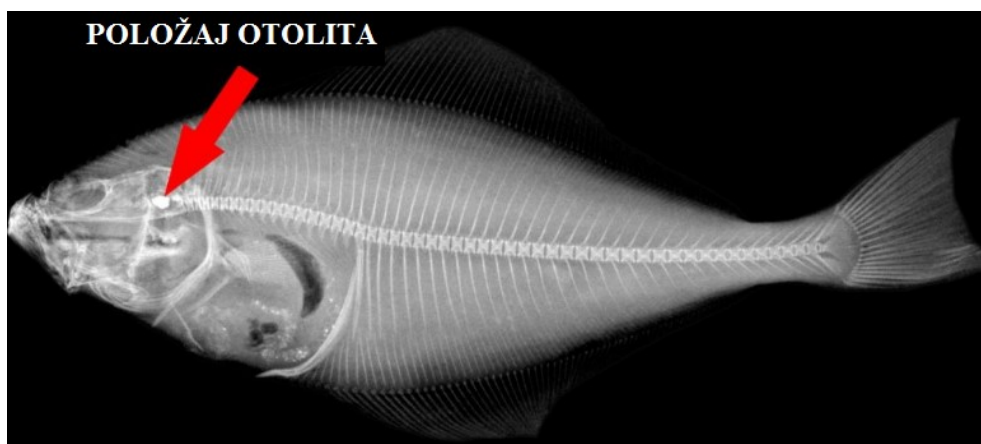
Izvađeni otoliti fotografirani su digitalnim fotoaparatom SONY HX 400 V. Detalji su snimljeni pod stereomikroskopom Olympus SZX10, prilagođenim fotoaparatom Canon EOS 1100D u Geološko-paleontološkom zavodu.

Provedena je determinacija izvađenih otolita na temelju njihovih osnovnih svojstva koja su opisana u sljedećem poglavlju.

4. REZULTATI

4.1 OSNOVNA SVOJSTVA OTOLITA

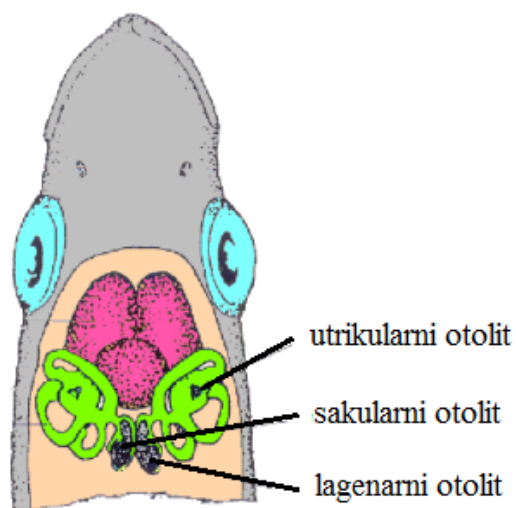
Otoliti su jedinstveni među fosilima kralježnjaka u smislu da oni nisu dio skeleta, ali su sastavni i specijalizirani dijelovi akustično-lateralnog sistema (slika 4). Nakon što je 1836. Cuvier predložio njihovu taksonomiju, i nakon njihovog prihvatanja u paleontologiji prije 100 godina, opisano je oko 2000 vrsta riba na temelju otolita (Nolf, 1985).



Slika 4. Položaj otolita

<http://2ap93t1x1l6e2f6gfo3ag4vw.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2016/07/fish-otolith-1024x479.jpg>, srpanj, 2018.

Nalazimo ih jure do danas, u starijim naslagama poznati su „in situ“ otoliti dok su od devona nađeni samo izolirani otoliti. Dok su cjeloviti kosturi riba rijetki, otolite nalazimo često u marinskim sedimentima i oni nam omogućuju rekonstrukciju riblje faune. Unatoč tome još uvijek mnogi paleontolozi i ihtiolozi sistematiku otolita gledaju sa sumnjom (Nolf, 1985). Možemo razlikovati tri vrste otolita (slika 5): urtikularni, sakularni i lagenarni. Osim vrlo malo vrsta pravih koštunjača kod kojih se koriste utrikularni i lagenarni, sakularni otolit je najčešći element za određivanje taksonomije i za rekonstrukciju fosilne faune riba (Nolf, 1985).



Slika 5. Tri vrste otolita: utrikularni, sakularni i lagenarni

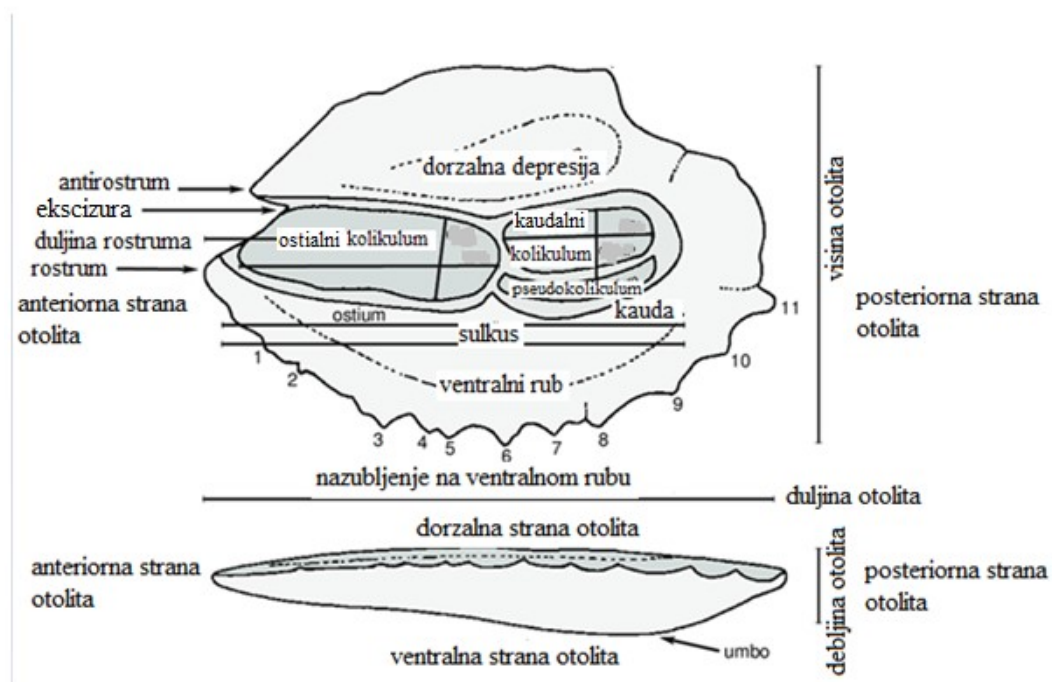
<https://www.google.hr/url?sa=i&ret=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi65vIs5LcAhUBMwKHRqJD7EQjRx6BAgBEAU&url=http%3A%2F%2Fis.cmima.csic.es%2Fforo%2Fotowat.jsp&psig=AOvVaw3woxwP8TR1Yx11UzEtuaOK&ust=1531238711000507>, srpanj, 2018.

Morfološki elementi sakularnih otolita koriste se za prepoznavanje riba zrakoperki, iz reda riba koštunjača (Actinopterygii), posebno pravih koštunjača. Prave koštunjače (Ostariophysi) imaju jako modificirane sakularne otolite, te se njihova komplicirana morfologija vrlo teško može objasniti.

Neka taksonomska istraživanja temeljena su na utrikularnim i lagenarnim otolitima pravih koštunjača, ali takva nomenklatura ne može se primjenjivati i za druge skupine riba. Također još ne postoji morfološka nomenklatura sakularnih otolita koja bi se mogla koristiti za sve rodove riba. Za ribe zrakoperke i prave koštunjače (Actinopterygii i Paracanthopterygii) korišteni su sljedeći morfološki termini za klasifikaciju otolita, svi oni se primjenjuju na dorzalnu stranu otolita, dok terminologija za ventralnu stranu otolita nije razvijena (Nolf, 1985).

Glavni morfološki termini su: sulkus sastavljen od ostiuma (anteriorno) i kaude (posteriorno) popunjen sa kolikulom. Dodatni kolikulum, pseudokolikulum, nalazi se ispod kaudalnog kolikuluma kod žaboglavki (Myxophidae) ili se nalazi ventralno između ostiala i kaudalnog kolikuluma kod mnogih bakalarki (Gadiformes). Rostrum, antirostrum i ekscizura su tragovi na sulkusu, otvaraju se prema prednjem rubu otolita (Schwarzhan, 2013).

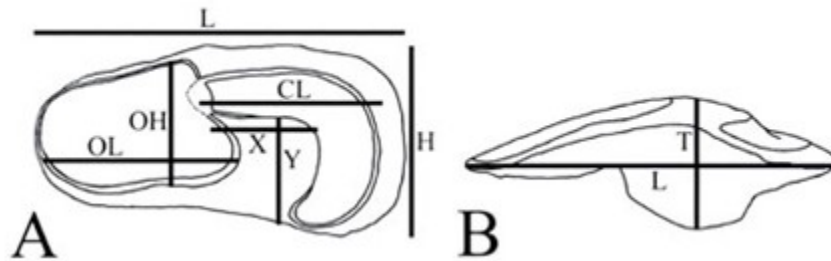
Sljedeća slika (slika 6) prikazuje glavne morfološke termine za determinaciju otolita:



Slika 6. Prikaz morfoloških termina za determinaciju otolita na primjeru roda *Diaphus*, (Schwarzhan, 2013, preuređeno).

Strukture koje su prikazane na slici 5 ne moraju nužno biti nađene na svakoj skupini: na primjer glavoči (Gobiidea) nemaju rostrum, ugotice (Gadidea) nemaju excizuru.

Kod otolita mjerimo duljinu otolita, visinu otolita. S njegove dorzalne strane mjerimo duljinu kaude, duljinu i visinu ostiuma i indeks zakrivljenosti kaude (slika 7).



Slika 7. Prikaz osnovnih mjerenja koja radimo na otolitu

A) prikazuje dorzalnu stranu otolita, a oznaka OL označava duljinu ostiuma, OH označava visinu ostiuma, CL označava duljinu kaude, XY označuje indeks zakrivljenosti kaude, B) prikazuje ventralni pogled otolita, a oznaka L označava duljinu otolita, dok oznaka T označava debljinu otolita.

<http://callisto.ggsrv.com/imgsrv/FastFetch/UBER1/ZI-0IAO-2008-AUG00-IDS1-26-1>, srpanj,

2018.

4.2 OTOLITI LOKALITETA DUBRAVICA

Na lokalitetu Dubravica-općina izdvojeni su sljedeći tipovi otolita:

Razred: Osteichthyes Huxley, 1880

Podrazred: Actinopterygii Klein, 1885

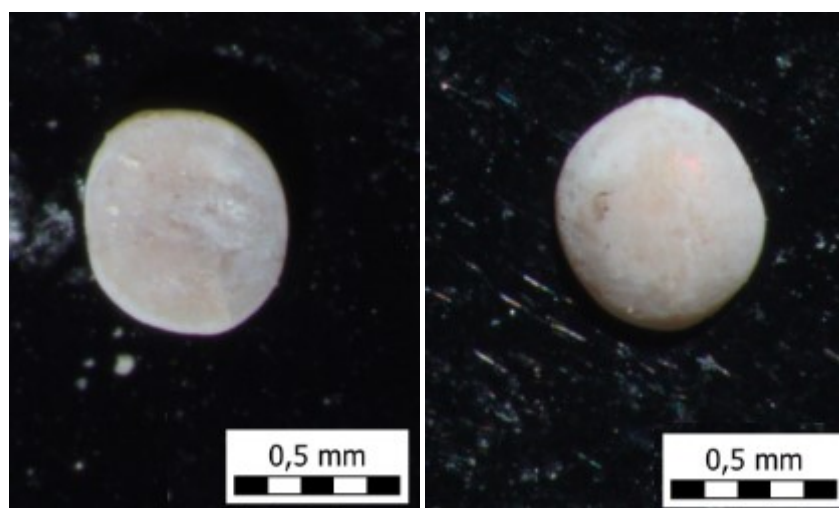
Red: Perciformes Bleeker, 1859

Podred: Gobioidi Jordan and Evermann, 1896

Porodica: Gobiidae Bonaparte, 1832

Rod: *Gobius* Linnaeus, 1758

Vrsta: *Gobius* sp. A



Slika 8. Otolit roda *Gobius* (tip A) prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (slika 8) je jajolikog oblika. Jako pojednostavljene morfologije. Rubovi su mu zakrivljeni i glatki. Unutarnja strana ravna do blago konveksna. Sulkus nije jasno podijeljen na ostium i kaudu, ali ove strukture se uočavaju zbog blagog suženja u sredini. Vanjska strana konveksna i glatka.

Ovako pojednostavljena morfologija otolita vrlo je slična rodu *Alphia*. Ovaj rod poznat je u naslagama mesina u Italiji (Caputo, 2018), također u naslagama Sjevernog mora (Schwarzthans, 2010)

Vrsta: *Gobius* sp. B



Slika 9. Otolit roda *Gobius* (tip B) prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (Slika 9) je okruglog oblika. Ventralni rub je ravn do vrlo blago zakrivljen, nešto duži od dorzalnog/leđnog ruba. Svi rubovi su glatki. Unutarnja strana ravna do blago konveksna. Sulkus nije jasno podijeljen na ostium i kaudu, ali ove strukture se uočavaju zbog blagog suženja u sredini. Dorzalna depresija je izražena. Vanjska strana izrazito konveksna i glatka.

Nađeni u miocenskim naslagama Venezuele (Nolf & Brzobohaty, 1998).

Postoji sličnost s rodom *Alphia* (Schwarzhan et al., 2017) i *Gobiusculus* sp.

Razred: Osteichthyes Huxley, 1880

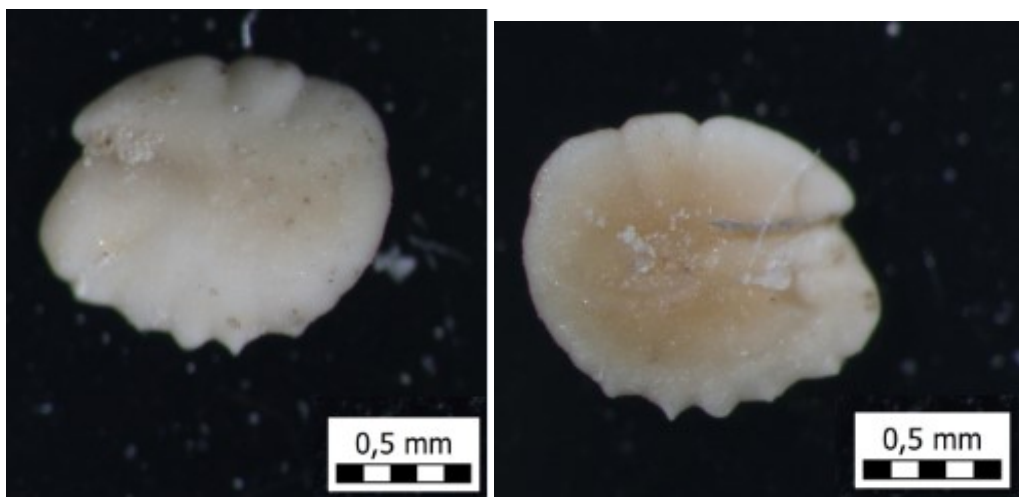
Podrazred: Actinopterygii Klein, 1885

Red: Myctophiformes Regan, 1911

Porodica: Myctophidae Gill, 1893

Rod: *Diaphus* Eigenmann i Eigemann, 1890

Vrsta: *Diaphus austriacus* Koken, 1891

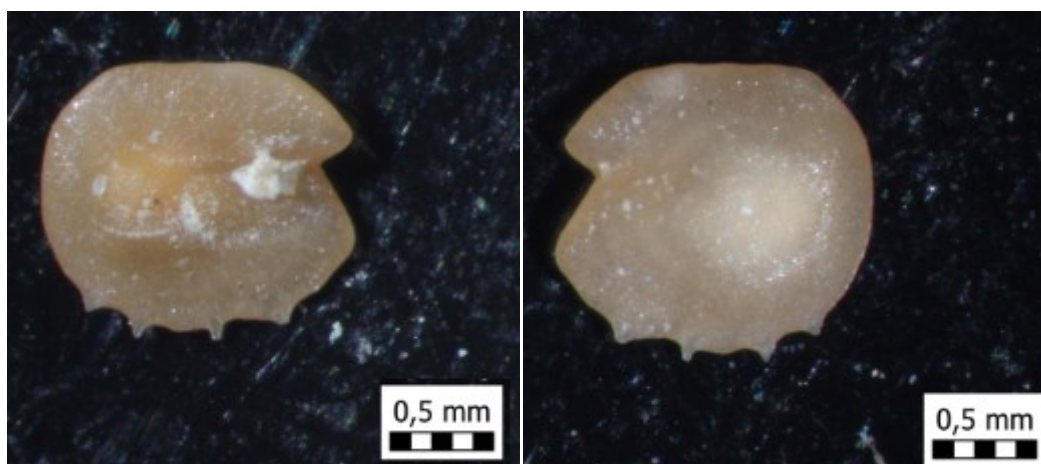


Slika 10. Otolit vrste *Diaphus austriacus* prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (slika 10) je ovalnog oblika. Rubovi su mu zakrivljeni i nazubljeni. Unutarnja strana je ravna, dok je vanjska blago konveksna. Sulkus je podjeljen na ostium i kaudu i jasno se uočavaju. Rostrum i antirostrum su istaknuti, blago zaobljeni. Rostrum je nešto duži od antirostruma. A usjek između njih, ekscisura, je plitka.

Slični otoliti nađeni na lokalitetu Slanci (Beograd), starost: rani baden (Schwarzthans et al., 2015).

Vrsta: *Diaphus* sp.



Slika 11. Otolit roda *Diaphus* prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (Slika 11) je ovalnog oblika. Ventralni rub je zakrivljen, za razliku od dorzalnog ruba koji je gotovo ravan. Također, ventralni rub je nazubljen. Unutarnja strana je ravna, dok je vanjska blago konveksna. Sulkus je podjeljen na ostium i kaudu i jasno se uočavaju. Rostrum i antirostrum su izrazito šiljasti i istaknuti. Rostrum je nešto duži od antirostruma. A usjek između njih, ekscisura, je dublji i izraženiji za razliku od roda kojeg ćemo sljedećeg opisati.

Ova vrsta nađena je još u kasnom miocenu Istočnog Mediterana (Agiadi et al., 2017), srednjem miocenu Turske (Schwarzahns, 2014), u tortonu Sjeverne Italije (Grione et al., 2009), u ranom badenu na lokalitetu Slanci kraj Beograda (Schwarzahns, et al., 2015), u miocenu Sjevernog mora (Schwarzahns, W, 2010).

Razred: Osteichthyes Huxley, 1880

Podrazred: Actinopterygii Klein, 1885

Red: Myctophiformes Regan, 1911

Porodica: Myctophidae Gill, 1893

Rod: *Valencienellus* D. S. Jordan & Evermann, 1896



Slika 12. Otolit roda *Valencienellus* iz uzorka prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (Slika 12) je vrlo mali, ovalno zaobljen. Rubovi su mu glatki i zaobljeni. Rostrum je kratak, širok i zaobljen (može biti malo kraći od antirostruma (Smale et al., 1995)). Antirostrum kratak i oštro zaobljen. Usjek između rostruma i antirostruma je plitak, a kut širok. Odsutna je depresija na dorsalnom području, dok je depresija ventralnog područja plitko izdužena i ovalna. Vanjska strana je blago konveksna i glatka.

Vrsta *Valencienellus tripunctatus* nađena je u tortonu Italije. Postoji sličnost s rodnom *Xenodermichthys*, također nađenom u tortonu Italije.

Razred: Actinopterygii Klein, 1885

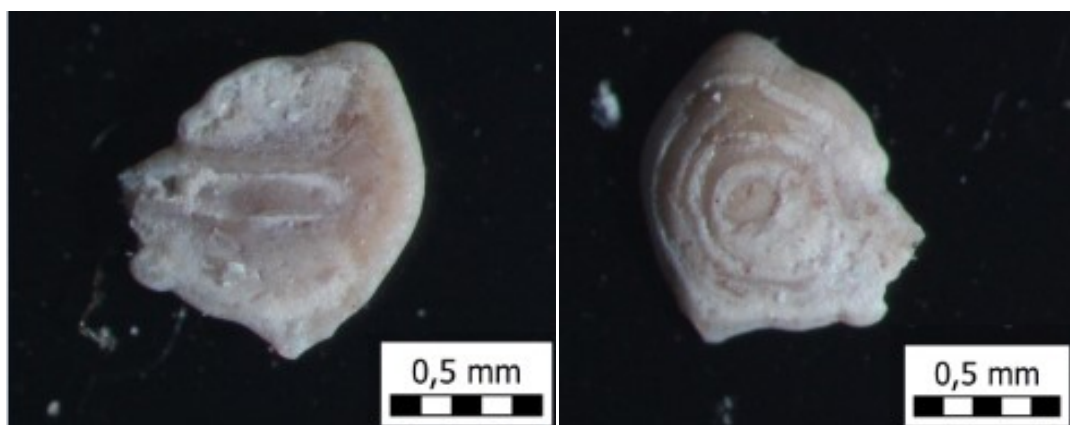
Red: Stomiiformes Regan, 1909

Podred: Gonostomatoidei Weitzman, 1974

Porodica: Sternoptychidae Dumeril, 1806

Rod : *Maurolicus* Gmelin, 1789

Vrsta: *Maurolicus* sp.



Slika 13. Otolit roda *Maurolicus* iz uzorka prikazan s dorzalne i ventralne strane

U uzorku su izdvojena dva primjeraka ovog roda otolita (slika 13). Oba fosilna ostatka otolita nisu cjelovita, pa ne možemo sa sigurnošću tvrditi kojoj vrsti pripada. Vanjski rub je blago zakrivljen, dok je vanjska strana blago konveksna i na njezinoj površini vidljivi su koncentrični krugovi. Rostrum je oštećen, ali možemo pretpostaviti da je bio izdužen. Sulkus je podijeljen na ostium i kaudu i jasno se uočavaju.

Vrsta *Maurolicus mulleri* (Gmelin, 1789) nađena je u tortonskim naslagama Sjeverne Italije (Girone et al., 2017) (Lin et al., 2017), također u miocenu Sjevernog mora (Schwarzhan, 2010).

Razred: Actinopterygii Klein, 1885

Red : Ceratoidei Regan 1926

Porodica: Gadidae Rafinesque 1810

Rod : *Paratrisopterus*



Slika 14. Otolit roda *Paratrisopterus* prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (slika 14) je eliptičnog oblika. Rubovi su mu zaobljeni i glatki, ali na dorzalnom rubu zamjećuju se blaga udubljenja. Sulkus se prostire duž cijele unutarnje strane otolita. Podijeljen je na kaudu i ostium i jasno se uočavaju. Dorzalna depresija je izražena. Rostrum i antirostrum nisu istaknuti, otvaraju se na prednjem rubu otolita. Vanjska strana je konveksna, ali u sredini je blago udubljena i potpuno je glatka.

Otoliti roda *Paratrisopterus* poznati su iz badena Paratetisa. Ovaj rod nađen je u naslagama bazena Sjevernog mora u ranom i srednjem miocenu i u srednjem miocenu Francuske (Schwarzahns, 2010).

Razred: Actinopterygii Klein, 1885

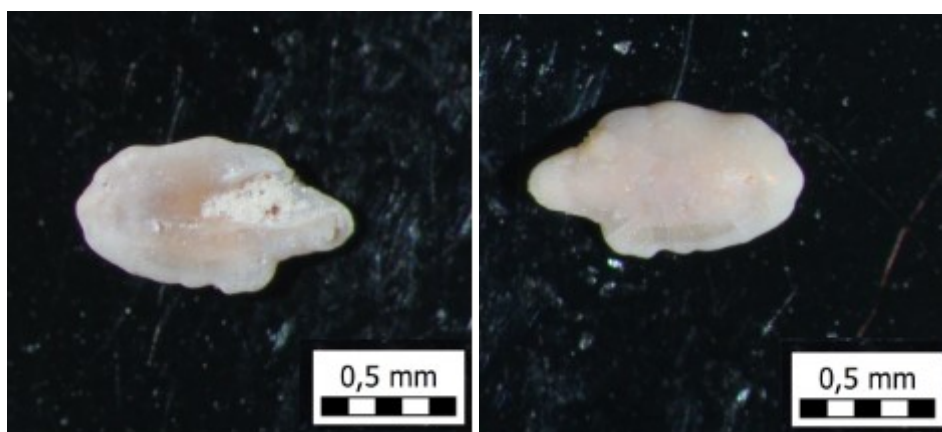
Red: Clupeiformes Bleeker, 1859

Podred: Clupeoidei Bleeker, 1859

Porodica: Clupeidae Cuvier, 1817

Rod: *Sardina*

Vrsta: *Sardina* cf. *pilchardus* Walbaum, 1792

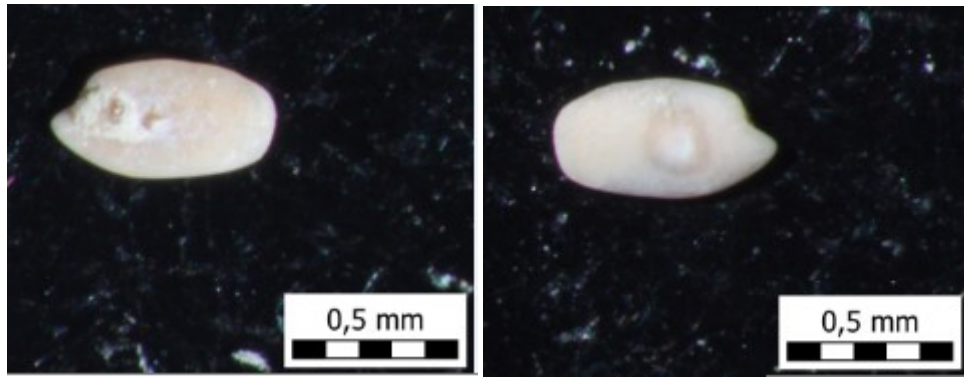


Slika 15. Otolit roda *Sardina* prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (slika 15) je izdužen. Rubovi mu nisu glatki nego blago nazubljeni. Rostrum je istaknut i polukružno savijen. Za razliku od rostruma, atirostrum nije istaknut, te je kraći od rostruma. Ekscizura, usjek između rostruma i antirostruma, je blag. Na ventralnoj strani otolita nalazi se udubljenje. Sulkus je nejasno podijeljen na ostium i kaudu. Vanjska strana je konveksna i potpuno glatka.

Nolf u svom radu (1985) spominje vrstu *Sardina pilchardus*. Ista vrsta nađena je u tortonu Sjeverne Italije (Girone et. al., 2009).

Vrsta *Sardinops pulcher* ima otolite vrlo je slične nađenom otolitu s lokaliteta Dubravica, ali njihovi rubovi su jače nazubljeni, rostrum je dulji, a ekscizura dublja. Nađena je u miocenu Sjevernog mora (Schwarzahns, 2010).



Slika 16. Nedeterminirani otolit prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (slika 16) je vrlo malen, eliptičnog oblika sa istaknutim rostrumom i antirostrumom. Rostrum je šiljast i veći od antirostruma, koji je blago zakrivljen. Rubovi su mu glatki. Vanjska strana je blago konveksna i potpuno glatka.

4.3 OTOLITI LOKALITETA VETERNICA

Ove je otolite iz svog uzorka južno od Veternice izdvojila kolegica Antonia Šeparović.

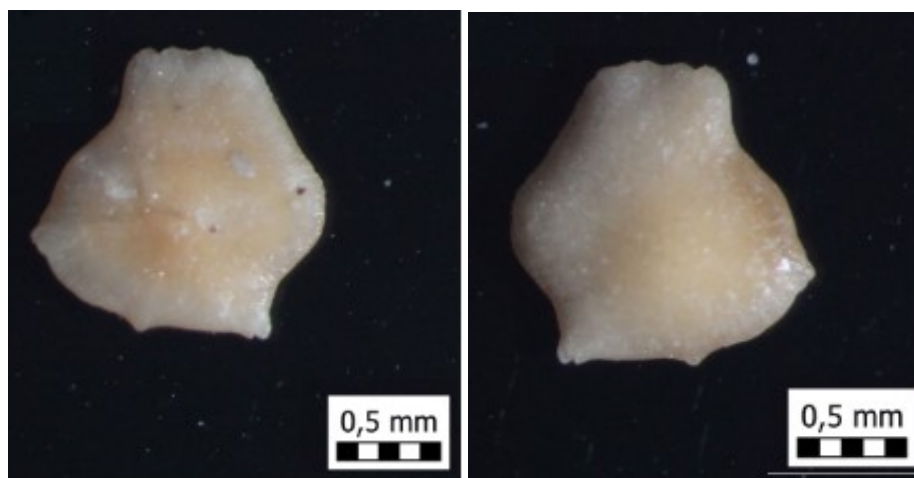
Razred: Actinopterygii Klein, 1885

Red: Gadiformes Goodrich, 1909

Porodica: Bregmacerotidae Gill, 1872

Rod: *Bregmaceros* Thompson, 1840

Vrsta : *Bregmaceros albyi* Sauvage, 1880



Slika 17. Otolit vrste *Bregmaceros albyi* iz uzorka prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (Slika 17) je neobičnog oblika, masivan. Dorzalni rub je nazubljen, blago povijen. Ventralni rub je kraći od dorzalnog, također nazubljen, i ravan. Unutarnja strana otolita je blago konveksna. Uočava se dorzalna depresija. Sulkus je odvojen na ostium i kaudu. Vanjska strana je konveksna i glatka.

Također ova vrsta (otoliti) je zabilježena na lokalitetu Slanci, kraj Beograda u naslagama donjeg badena (Schwarzhaus et al., 2015). Ista vrsta zabilježena je u donjem badenu Austrije (Nolf et al., 2009), te u naslagama srednjeg miocena Kienberga u Češkoj Republici (Brzobohaty et al., 2007).

Razred: Osteichthyes Huxley, 1880

Podrazred: Actinopterygii Klein, 1885

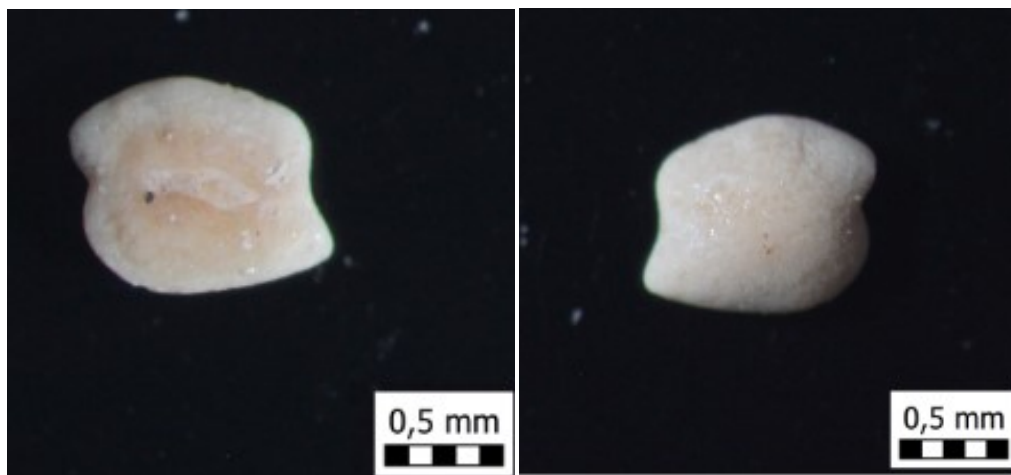
Red: Perciformes Bleeker, 1859

Podred: Gobioidae Jordan and Evermann, 1896

Porodica: Gobiidae Bonaparte, 1832

Rod: *Gobius*

Vrsta: *Gobius* sp.



Slika 18. Otolit roda *Neogobius* prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (slika 18) je masivan, okruglog oblika. Dorzalni rub mu je blago zakrivljen do ravan, za razliku od ventralnog ruba koji je više zakrivljen. Otolit je na dorzalnog rubu sa desne strane, a na ventralnom rubu sa lijeve strane izbočen. Unutarnja strana mu je blago konveksna. Sulkus je kratak, nije podijeljen na kaudu i ostium. Uočava se dorzalana depresija. Vanjska strana je konveksna i glatka.

Danas slične otolite ima vrsta *Neogobius melanostomus* (Bratishko et al., 2017).

Vrsta: *Gobius* sp.



Slika 19. Otolit roda *Gobius* prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (slika 19) je masivan, okruglog oblika. Ventralni rub je ravan do vrlo blago zakrivljen, nešto duži od dorzalnog/leđnog ruba. Svi rubovi su glatki. Unutarnja strana ravna do blago konveksna. Sulkus nije jasno podijeljen na ostium i kaudu, ali ove strukture se uočavaju zbog blagog suženja u sredini. Dorzalna depresija je izražena. Vanjska strana izrazito konveksna i glatka.

Razred: Actinopterygii Klein, 1885

Red: Gadiformes Goodrich, 1909

Porodica : Gadidae RafineQue, 1810

Rod: *Phycis*



Slika 20. Otolit roda *Phycis* iz uzorka prikazan s dorzalne i ventralne strane

Otolit (slika 20) je masivan, izdužen, eliptičnog oblika. Posteriorni rub je polukružno povijen, za razliku od anteriornog ruba je blago šiljast sa istaknutim rostrumom. Rubovi nisu glatki. Unutarnja strana otolita je izrazito konveksna. Vanjska strana je blago konveksna.

Rod *Phycis* nađen je u naslagama sjeverne Italije u ranom mesinu (Girone, 2010), tri vrste ovog roda nađene su u naslagama bazena Sjevernog mora (Schwarzhans, 2010), također dvije vrste ovog roda nađene su u naslagama srednjeg miocena Češke Republike (Brzobohaty, 2007).

4.4 OTOLITI LOKALITETA PODSUSED

Otoliti koji će biti navedeni u nastavku, nađeni su na lokalitetu Podsused, a izdvojio ih je kolega Zečević prilikom izrade diplomskog rada pod nazivom Gornjobadenski fosili i fosilni okoliši okolice Podsused, 1997.

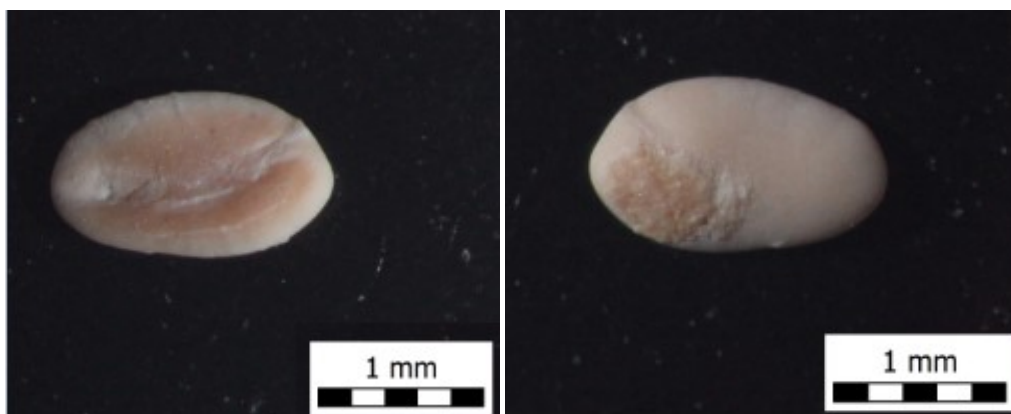
Otoliti su sačuvani, svi morfološki elementi su vidljivi. U uzorku razlikujemo dva roda otolita:

Razred: Actinopterygii Klein, 1885

Red : Ceratoidei Regan 1926

Porodica: Gadidae Rafinesque 1810

Rod : *Paratrisopterus*



Slika 21. Otolit roda *Paratrisopterus* prikazan s dorzalne i ventralne strane

Razred: Osteichthyes Huxley, 1880

Podrazred: Actinopterygii Klein, 1885

Red: Myctophiformes Regan, 1911

Porodica: Myctophidae Gill, 1893

Rod: *Diaphus* Eigenmann i Eigemann, 1890

Vrsta: *Diaphus* sp.



Slika 22. Otolit roda *Diaphus* prikazan s dorzalne i ventralne strane

Tablica 1. Prikaz svih rodova riba nađenih u badenskim naslagama Medvednice i u kojem obliku su sačuvani (Kochansky, 1944; Tripalo et. all., 2016; zbirka Prirodoslovnog muzeja)

TAKSONI RIBA NAĐENI U MIOCENU MEDVEDNICE	LOKALITET	OBLIK U KOJEM SU SAČUVANI
<i>Gobius</i>, glavoč	Dubravica, Veternica	Otolit
<i>Acanthurus</i> , kalun/ kirurg	Dubravica	Zub
<i>Phycis</i>, tabinja	Veternica	Otolit
<i>Bregmaceros</i>, bakalarke	Veternica	Otolit
<i>Sardina</i>, sardine	Dubravica	Otolit
<i>Diaphus</i>, gušteran	Dubravica, Posused	Otolit
<i>Valencienellus</i>, svjetličice	Dubravica	Otolit
<i>Maurolicus</i>, svjetličice	Dubravica	Otolit
<i>Paratrisopterus</i>, ugotica	Dubravica, Posused	Otolit
<i>Sparus</i> , orada/komarča	Doljanski razvoj (JZ Medvedica)	Ljuske
<i>Carcharodon megalodon</i> , divovska bijela psina*	Čučerje	Zub
<i>Rajidae</i> , raža*	Doljanski razvoj (JZ Medvednica)	Zub
<i>Odontaspis</i> , morski psi*	Doljanski razvoj (JZ Medvednica)	Zub
<i>Lamna</i> , morska psina*	Doljanski razvoj (JZ Medvednica)	Zub
<i>Oxyrhina hastalis</i> *	Čučerje	Zub
<i>Oxyrhina retroflexa</i> *	Sv. Šimun	Zub
<i>Hemipristis serra</i> , kučkovi*	Vrapče	Zub

*ribe hrskavičnjače

Podebljanim slovima označeni su taksoni riba koji se prvi put spominju u miocenu Medvednice

4.5 POPRATNA FAUNA

Osim otolita u uzorcima su pronađene i druge skupine fosila, pronađene su spikule spužva, ostaci Scaphopoda, foraminifere, ostrakodi, fragmenti klješta raka, fragmenti školjaka i puževa.

Ostaci spikula spužvi i skafopoda podvrgnuti su detaljnijoj analizi u sklopu pisanja Seminara III. (Kaltak, 2017; Gjirlić, 2017). Rezultati njihovog istraživanja bit će izneseni u ovom poglavlju.

Iz uzorka je uzet i dio za analizu nanoplanktona. Rezultati dobiveni tom analizom bit će također prikazani.

4.6 NANOFOFOSILI

Oba uzorka, označena sa P1 i P2, prikupljena na lokalitetu Dubravica-općina bila su podvrgnuta analizi vapnenačkog nanofosila. Analizu je načinio prof. geol. i geogr. Šimun Aščić i podaci koje je dobio bit će izneseni u ovom radu.

Preklapanjem stratigrafskih raspona vrsta vapnenačkog nanoplanktona pokušat ćemo odrediti starost naslaga na lokalitetu Dubravica-Općina.

Na zadanom lokalitetu nađene su sljedeće vrste vapnenačkog nanoplanktona:

Calcidiscus tropicus (Kamptner, 1956) Varol 1989 sensu Gartner, 1992

Calcidiscus premacintyreii Theodoridis, 1984

Coccolithus pelagicus (Wallich 1877) Schiller, 1930

Helicosphaera carteri (Wallich 1877) Kamptner, 1954

Helicosphaera intermedia Martini, 1965

Pontosphaera plana (Bramlette & Sullivan, 1961) Haq, 1971

Rhabdosphaera clavigera Murray & Blackman,

Reticulofenestra haqii Backman (1978)

Braarudosphaera bigelowii (Gran & Braarud, 1935) Deflandre, 1947

Coccolithus pelagicus (Wallich 1877) Schiller, 1930,

Helicosphaera carteri (Wallich 1877) Kamptner, 1954

Pontosphaera desueta (Müller, 1970) Perch-Nielsen, 1984

Pontosphaera sp.

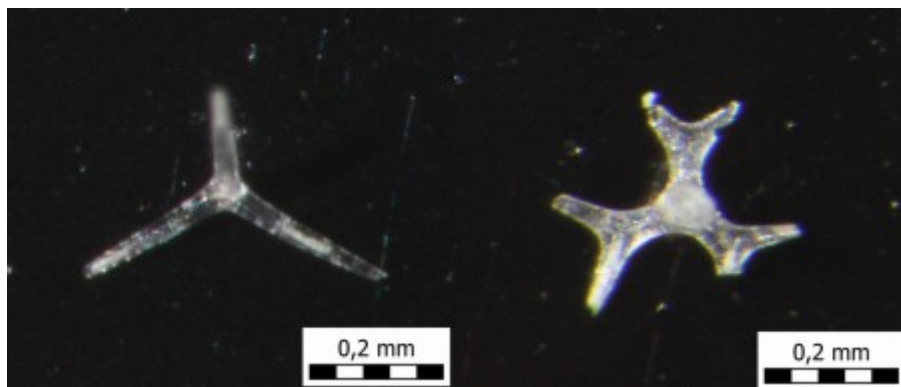
Reticulofenestra sp.

Sphenolithus moriformis (Bronnimann and Stradner, 1960) Bramlette and Wilcoxon, 1967

4.7 SPIKULE SPUŽVI

Osim fosilnih ostataka otolita, u uzorku su pronađene i spikule spužvi (slika 23), koje su bile tema istraživanja prvostupnice geologije Ajna Kaltak za Seminar III (Kaltak, 2017). Rezultati su preuzeti iz njenog rada.

Uočena je brojnost i raznolikost spikula u uzorku prikupljenom na lokalitetu Dubravica. Prisutne su spužve iz 3 familije (Calthropellidae Lendenfeld, Pachastrellidae Carter, Euretidae Zittel, 1877.), 3 reda (Poecilosclerida, Astrophorida, Amphidiscosida), te su prisutne najmanje 2 vrste (*Anullostrella ornata/sollas/Vulcanella*, *Tetilla leptoderma*).



Slika 23. Neki od primjeraka očuvanih spikula spužvi u uzorku (Kaltak, 2017)

4.8 SCAPHOPODA

Istraživanjem fosilnih skafofoda na lokalitetu Dubravica bavila se prvestupnica geologije Marta Gjirlić u Seminaru III (Gjirlić, 2017). Dobiveni rezultati istraživanja preuzeti su iz njenog rada.

Nažalost zbog mehaničke fragmentiranosti i nedostataka specifičnih obilježja (poput ornamentacije kućice) Scaphopoda nije bilo moguće utvrditi vrstu (slika 24). Scaphopodi su određeni na nivou roda, najvjerojatnije se radi o rodu *Dentalium* (*Antalis*) (Gjirlić, 2017).



Slika 24. Najljepše očuvani primjerci kućice Scaphopoda pronađeni u uzorku (Gjirlić, 2017).

5. RASPRAVA

5.1 EKOLOŠKE NIŠE I NAČIN ŽIVOTA NAĐENIH RIBA

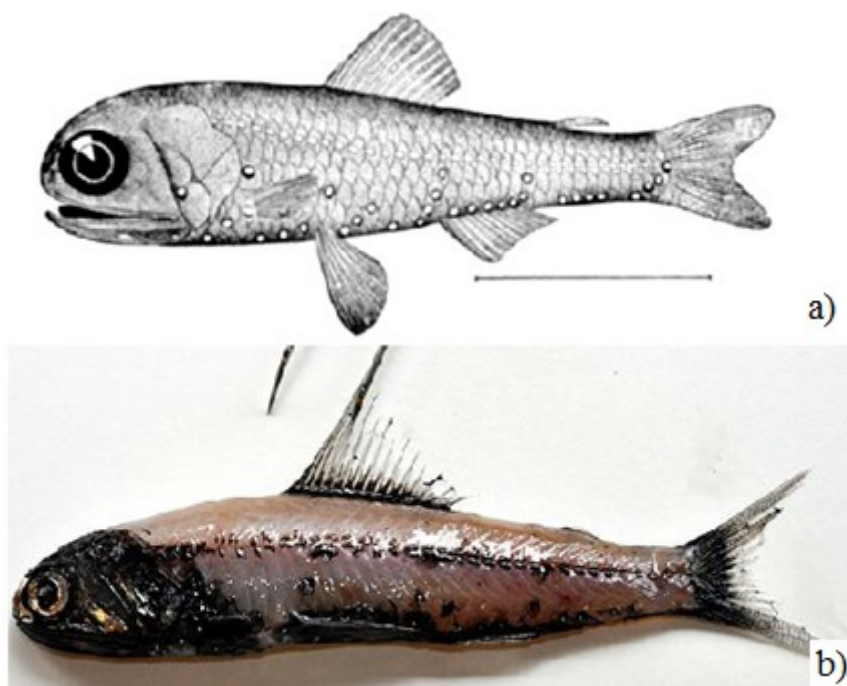
Na lokalitetima Jugozapadne Medvednice pronađeno je i opisano deset različitih taksona riba na temelju fosilno sačuvanih otolita. Opisani rodovi i vrste riba se prvi put spominju u badenskim naslagama Jugozapadnog dijela Medvednice. Svi poznati miocenski nalazi riba na Medvednici do sada su bili određeni na temelju fosilno sačuvanih zubi, ljusta ili fragmenata skeleta riba, nikad na temelju otolita.

Otoliti porodice Myctophidae (žaboglavke), nađeni su u gotovo svima kenozojskim naslagama taloženim duboko u bazenu, ali isto tako i u neritičkim okolišima izloženim utjecaju oceana. Većina žaboglavki su jako rasprotranjene oceanske ribe, njihovi otoliti će biti korisni za stratigrafsku korelaciju, ali nažalost fosilni materijal nije do sada dovoljno pažljivo proučavan da bi se koristio za tu svrhu. Mnoge fosilne vrste su opisane, ali na temelju erodiranih ili juvenilnih otolita. (Nolf, 1985).

Gotovo svi današnji predstavnici vrste žaboglavki imaju organe za proizvodnju svjetlosti. Ribe žive u velikim dubinama ali noću se penju u više slojeve mora (<http://www.podvodni.hr/zivot-jadrana/pisces/osteichthyes/myctophiformes/myctophidae>, lipanj, 2018).

Na temelju fosilnih ostataka otolita u radu je opisan jedan rod iz porodice Myctophidae a to je rod *Diaphus*.

Rod *Diaphus* (gušteran) (Slika 25) je vrlo mala riba. Žive na dubinama do 700 m, dok se noću kreću prema površini i zadržavaju na manjim dubinama. Tijelo mu je oblika cigarete, s kratkom tupastom glavom i velikim izbuljenim očima smještenima prema naprijed. Repna peraja je vrlo račvasta (dubokog V profila), a leđna peraja kratka. Hrani se zooplanktonom, najviše kopepodima i ostrakodima, a sam je hrana brojnim grabežljivcima. (https://hr.wikipedia.org/wiki/Gušteran_obi%C4%8Dni , lipanj, 2018).



Slika 25. Današnji predstavnik roda *Diaphus* (gušteran)

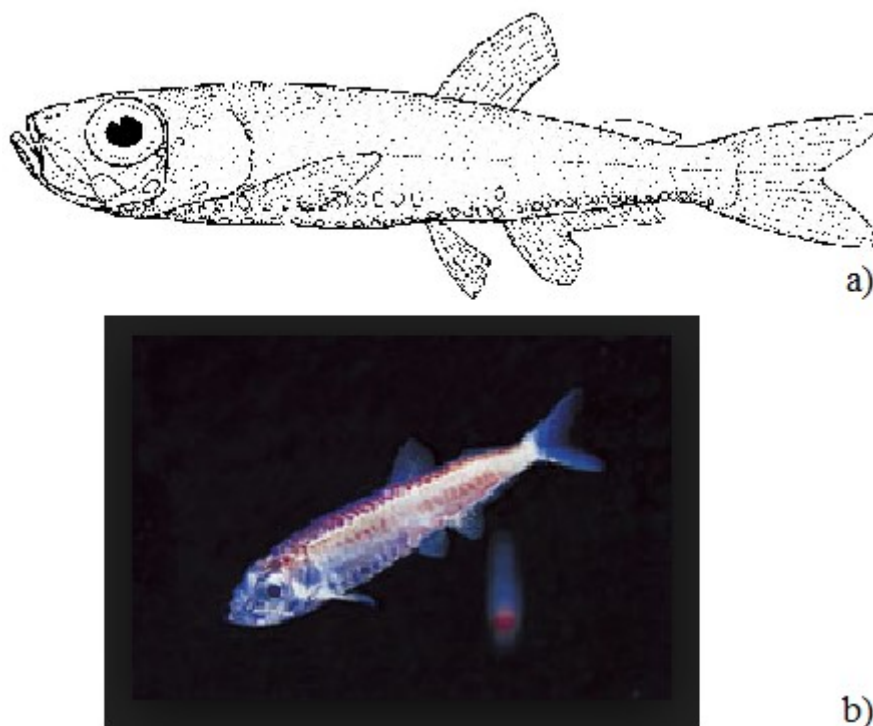
a) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/52/Diaphus_rafinesquii.jpg, lipanj, 2018,

b) <http://www.allifishes.net>, lipanj, 2018.

Nađena su dva roda, određena na temelju fosilnih otolita, koji pripadaju porodici Sternoptychidae. To su rodovi *Maurolicus* i *Valenciennellus*.

Opisano je samo nekoliko fosilnih vrsta ove porodice. Njihovi otoliti su brojni u kenozojskim naslagama Aquitaine, Francuska (Nolf, 1985).

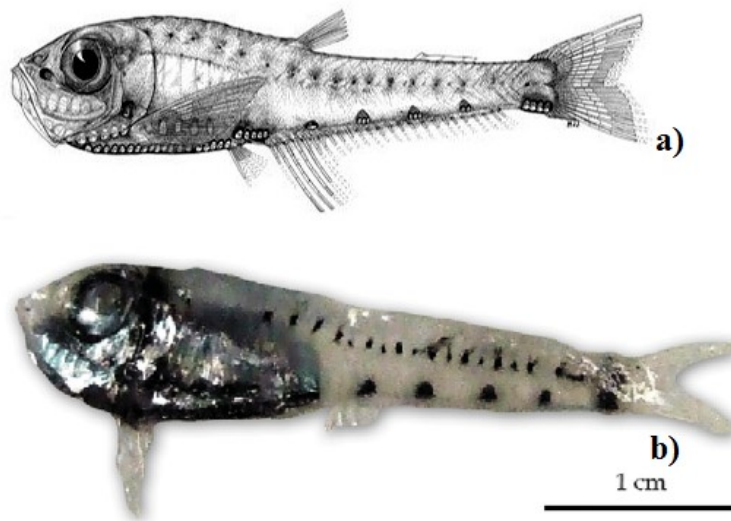
Današnji primjerci porodice Sternoptychide (svjetličice) (slike 26 i 27) su male ribe koje žive u dubokom moru. Sjekiričastog izgleda, velikih očiju i jako spljoštene. Žive na dubinama od 200 do 600 m u tropskim, suptropskim i umjerenim vodama Antlantika, Pacifika i Indijskog oceana. Imaju sposobnost bioluminiscencije što uključuje proizvodnju svjetla od strane ribe radi maskiranja svoje siluete da bi se zaštitila od grabežljivaca. Sternoptychidae proizvode ovo svjetlo s organima nazvanim fotoforima, imaju ih između 3 i 7, obično 6, duž donjeg ruba prsa i trbuha. Intenzitet proizvedene svjetlosti kontrolira riba. (<https://en.wikipedia.org/wiki/Sternoptychidae> , lipanj, 2018).



Slika 26. Prikaz današnjeg predstavnika roda *Maurolicus*

a) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/96/Maurolicus_muelleri_%28Pearlsides%29.gif, lipanj, 2018,

b) http://www.fishbase.se/images/thumbnails/jpg/tn_Mamue_u2.jpg, lipanj, 2018.



Slika 27. Prikaz današnjeg predstavnika roda *Valenciennellus*

a)

[https://www.google.hr/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjA9IvnmePcAhXB-](https://www.google.hr/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjA9IvnmePcAhXB-qQKHTVGBZUQjRx6BAGBEAU&url=http%3A%2F%2Ffishesofaustralia.net.au%2Fhome%2Fspecies%2F3405&psig=AOvVaw0sxU_EgE5uffls20yOg95c&ust=1534014599164182)

[qQKHTVGBZUQjRx6BAGBEAU&url=http%3A%2F%2Ffishesofaustralia.net.au%2Fhome%2Fspecies%2F3405&psig=AOvVaw0sxU_EgE5uffls20yOg95c&ust=1534014599164182,](http%3A%2F%2Ffishesofaustralia.net.au%2Fhome%2Fspecies%2F3405&psig=AOvVaw0sxU_EgE5uffls20yOg95c&ust=1534014599164182)

kolovoz, 2018,

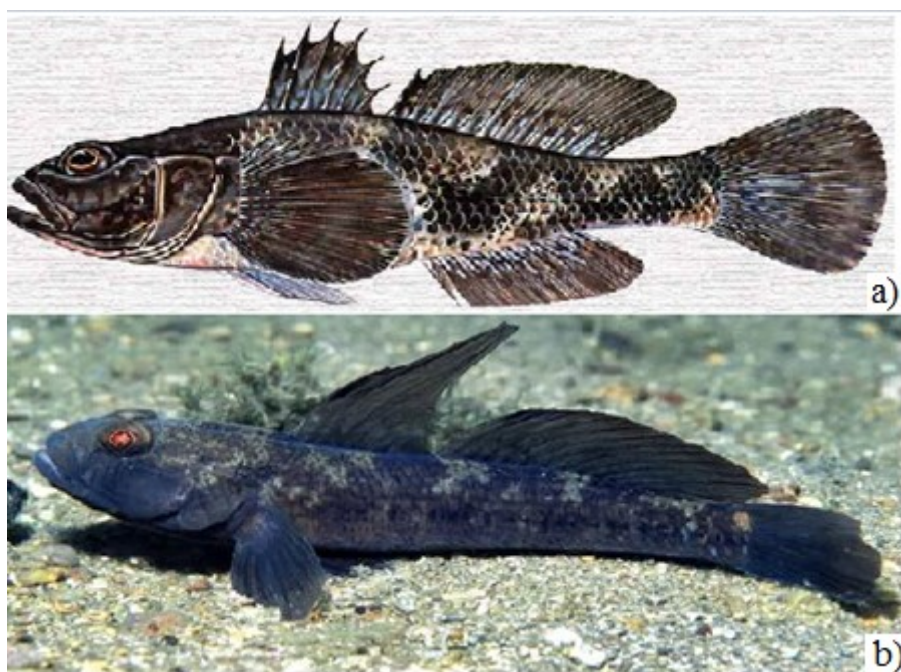
b)

https://www.researchgate.net/profile/Juan_Arronte/publication/291392776/figure/fig8/AS:614263584477212@1523463259480/Valenciennellus-tripunctulatus.png, kolovoz, 2018.

Otoliti porodice Gobiidae (glavoči ili glamci) su česti i brojni u gotovo svim neogenskim sedimentima neritika. Za razliku od eocenskih naslaga, gdje su u potpunosti odsutni. Prvi nalazi otolita ove porodice potječu iz donjeg oligocena jugozapadne Francuske (Nolf, 1985).

Gobiidae (glavoči) su jedna od najbrojnijih ribljih porodica. Većina glavoča je vrlo mala, duljine do 10 cm. Jedno od najvažnijih obilježja glavoča jest njihova trbušna peraja, odnosno spoj njihovih trbušnih peraja. One su srasle zajedno i tvore tanjurasti organ slične osobine kao lovke hobotnice koji služi da se glavoč prilijepi za podlogu, stvarajući podtlak, koji može izdržati njegovu težinu i u okomitom položaju. Drugo važno obilježje glavoča je njihova leđna peraja, koja je podijeljena na dva odvojena dijela.

Glavoči (slika 28) su većinom stanovnici priobalnog dijela mora, malih dubina, a također su brojni i u bočatim vodama. Pojedine vrste su prilagođene i na život u potpuno slatkoj vodi. Većinom se hrane malim beskralježnjacima, a pojedine veće vrste se hrane manjim ribama. Rijetki glavoči su i vegetarijanci, te se hrane algama (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Glavo%C4%8Di>, lipanj, 2018).



Slika 28. Prikaz današnjeg predstavnika roda *Gobius* (Glavoč)

a) <http://www.grid.unep.ch/bsein/redbook/img/gobius-b.gif>, lipanj, 2018,

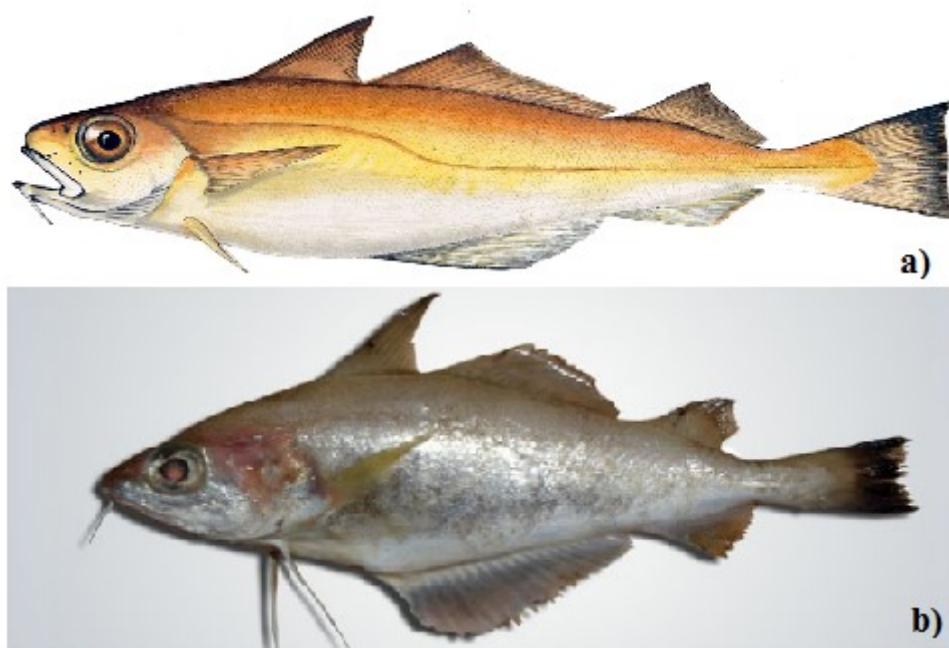
b)

https://www.heevis.nl/media/catalog/product/cache/c687aa7517cf01e65c009f6943c2b1e9/h/t/httpswww.heevis.nlmediacatalogproductgogobius_niger.jpg, lipanj, 2018.

Otoliti porodice Gadidae (ugotice) smatraju se tipičnim otolitima sjevernog Atlantika. Otoliti ove porodice nisu zabilježeni u paleogenu Francuske, dok se u neogenu Francuske pojavljuju rijetko zbog povećanja temperature. U neogenu Mediterana zabilježeni su samo dubokovodni rodovi: *Micromesistius* i *Gadiculus* (Nolf, D., 1985).

Otoliti roda *Paratrisopterus* su najčešći u ranom i srednjem miocenu Sjevernog mora i (zajedno s rodom *Colliolusom*) njihovi otoliti čine 50% u ukupnoj zajednici otolita (Schwarzahns, 2010).

Paratrisopterus labiatus je jedina vrsta roda *Paratrisopterus* koja je poznata iz badena Paratetisa, a u Mediteranu se spominje od kasnog miocena do pliocena i pleistocena (Schwarzahns, 2010).



Slika 29. Prikaz današnjeg predstavnika porodice Gadidae

- a) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/83/Trisopterus_luscus_Gervais.jpg/1200px-Trisopterus_luscus_Gervais.jpg, lipanj, 2018,
- b) http://www.ictieterm.es/especies/fotos_principales/M/Trisopterus_minutus_M.jpg, lipanj, 2018.

Unatoč tome što su opisane mnoge fosilne vrste, otoliti porodice Clupeidae (srdeljke) nisu česti. Otolite ove porodice nalazimo u sedimentima laguna ili estuarija, ali nikad u velikom broju. (Nolf, 1985).

U radu je opisan jedan rod iz ove porodice, a to je rod *Sardina* (srdela) (slika 30). Današnji predstavnici ovog roda su morske ribe izduženog tijela. Srdela naraste najviše do 25 cm duljine. Srdela se može naći u istočnom dijelu Atlantika. Uobičajena je riba u Sredozemnom moru, pogotovo na zapadu Sredozemlja, Jadranu i Crnom moru.

Pelagijska je riba, što znači da je stalno u pokretu tako da nema stalna boravišta ili dubine na kojima živi. Srdela se u pravilu kreće u plovama, nema stalno prebivalište, ali se ponajviše zadržava iznad ljušturastog, koraljastog i kamenitog dna ili onog obraslog algama (<https://hr.wikipedia.org/wiki/Srdela>, lipanj, 2018).

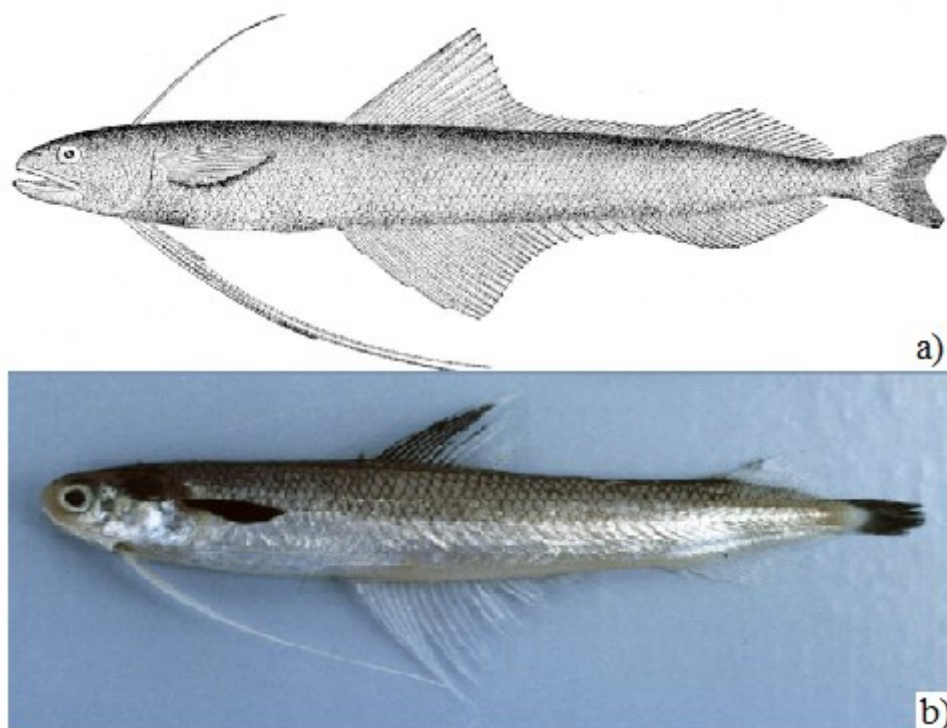


Slika 30. Prikaz današnjeg predstavnika roda *Sardina*

https://www.researchgate.net/profile/Heitor_Braga/publication/316691595/figure/fig2/AS:491003711889409@1494075815399/mages-used-in-the-projective-test-of-European-sardine-Sardina-pilchardus-Walbaum.png, lipanj, 2018.

Otolite roda *Bregmacros* (slika 31) nalazimo u različitim kenozojskim slojevima. Često se nalaze u vrlo velikom broju. Tako bogate *Bregmaceros*-lokacije nalaze se u Francuskoj u naslagama donjeoligocenske starosti, i u miocenskim naslagama u blizini Barcelone (Nolf, 1985).

Današnji predstavnici ovog roda su male ribe koje žive u tropskim i suptropskim morima svijeta, rijetko u estuarijama. Maksimalna duljina im je do 12 cm. (<https://www.fishbase.de/summary/FamilySummary.php?ID=182>, lipanj 2018).



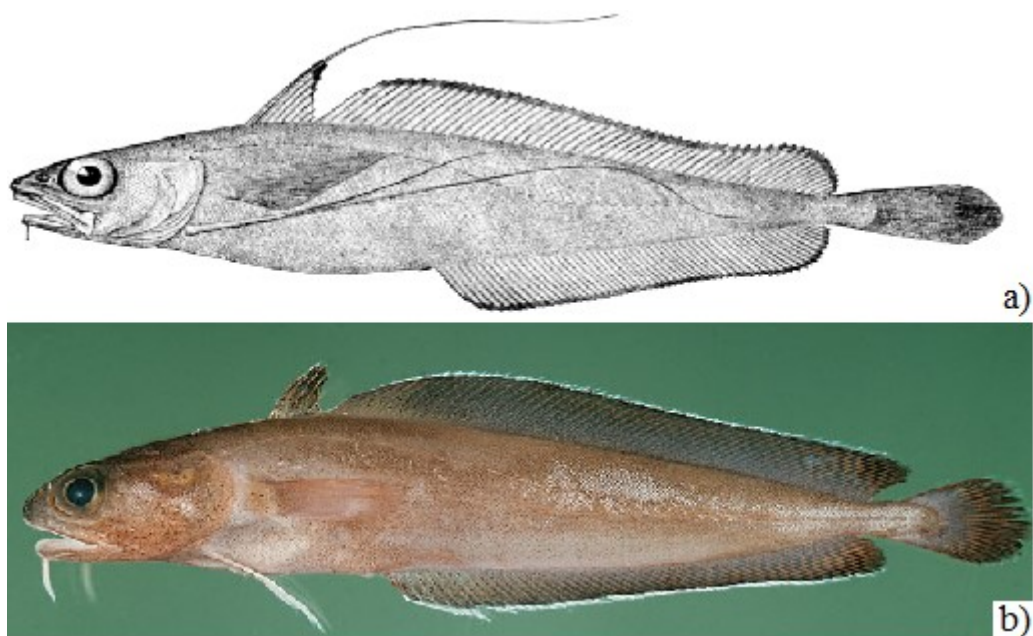
Slika 31. Prikaz današnjeg predstavnika roda *Bregmaceros*

a) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6c/Bregmaceros_atlanticus.jpg/1200px-Bregmaceros_atlanticus.jpg, lipanj, 2018,

b) <http://fishesofaustralia.net.au/Images/Image/BregmacMcCtGT.jpg>, lipanj, 2018.

Otoliti porodice Gadidae (ugotice) smatraju se tipičnim otolitima sjevernog Atlantika. Otoliti ove porodice nisu zabilježeni u paleogenu Francuske, dok se u neogenu Francuske pojavljuju rijetko zbog povećanja temperature. U neogenu Mediterana zabilježeni su samo dubokovodni rodovi: *Micromesistius* i *Gadiculus* (Nolf, D., 1985).

Iz porodice Gadidae opisan je i rod *Phycis*. Današnji predstavnici roda *Phycis* (tabinja) (slika 32) žive u istočnom Atlantiku i Mediteranu, rasprostranjeni su i u Jadranskom moru. Žive na svim vrstama dna na dubinama od 100 do 650 m. Tijelo im je izduženo i bočno spljošteno. Oči su im velike, okrugle, a ispod brade im se nalazi crveni pipak (ticalo) (https://hr.wikipedia.org/wiki/Tabinja_mrkulja, lipanj, 2018).



Slika 32. Današnji predstavnici roda *Phycis*

a) https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Phycis_chesteri.jpg, lipanj, 2018,

b) https://www.fishbase.de/images/species/Lophy_u0.jpg, lipanj, 2018

5.2 STAROST LOKALITETA

Na osnovu preklapanja stratigrafskih raspona određenih vrsta vapnenačkog nanoplanktona određena je starost naslaga (Tablica 2).

Tablica 2. Stratigrafski raspon vrsta vapnenačkog nanoplanktona (Kovač et al., 2018)

VRSTE VAPNENAČKOG NANOPLANKTONA ↓	PERIOD	NEOGEN									
	EPOHE	MIOCEN									
	DOBA NA PODRUČJU MEDITERANA	AKTIVIAN		BURDIGAL		LANGIJAN		SERAVAL		TORTON	
	DOBA NA PODRUČJU CENTRALNOG PARATETISA	EGER		EGBURG		OTNANG		KARPAT		BADEN	
	ZONE	NN1	NN2	NN3	NN4	NN5	NN6	NN7	NN8	NN9	PANON
<i>Braarudosphaera bigelowii</i> (Gran & Braarud, 1935) Deflandre, 1947											
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich 1877) Schiller, 1930											
<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich 1877) Kamptner, 1954											
<i>Helicosphaera cf. walbersdorfensis</i> Muller, 1974											
<i>Sphenolithus mariformis</i> (Bronnimann and Stradner, 1960) Bramlette and Wilcoxon, 1967											
<i>Calcidiscus tropicus</i> (Kamptner, 1956) Varol 1989 sensu Gartner, 1992											
<i>Calcidiscus premacintyreii</i> Theodoridis, 1984											
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Wallich 1877) Schiller, 1930											
<i>Helicosphaera carteri</i> (Wallich 1877) Kamptner, 1954											
<i>Helicosphaera intermedia</i> Martini, 1965											
<i>Rhabdosphaera clavigera</i> Murray & Blackman, 1898											
<i>Reticulofenestra haqii</i> Backman (1978)											

	Vrste vapnenačkog nanoplanktona nađene na točki P1
	Vrste vapnenačkog nanoplanktona nađene na točki P2
	Starost naslaga
	Pojavljivanje vapnenačkog nanoplanktona u naslagama

Preklapanjem stratigrafskih raspona vrsta vapnenačkog nanoplanktona utvrđena je starost koja odgovara sljedećim zonama nanoplanktona od NN4 do NN6. Raspon ovih zona nanoplanktona odgovara starosti od 16,3 do 12,2 Ma godina. Na području Mediterana ovaj vremenski raspon odgovara katovima langij i seraval, dok bi na području Paratethysa odgovarao badenu i sarmatu.

Podatci o starosti naslaga lokaliteta Dubravica dobiveni iz prijašnjih istraživanja, u kojima je određena starost, na temelju vapnenačkog nanoplanktona, dali su starost: gornji dio gornjeg badena (Kaltak, 2017; Gjirlić, 2017).

5.3 PALEOOKOLIŠ

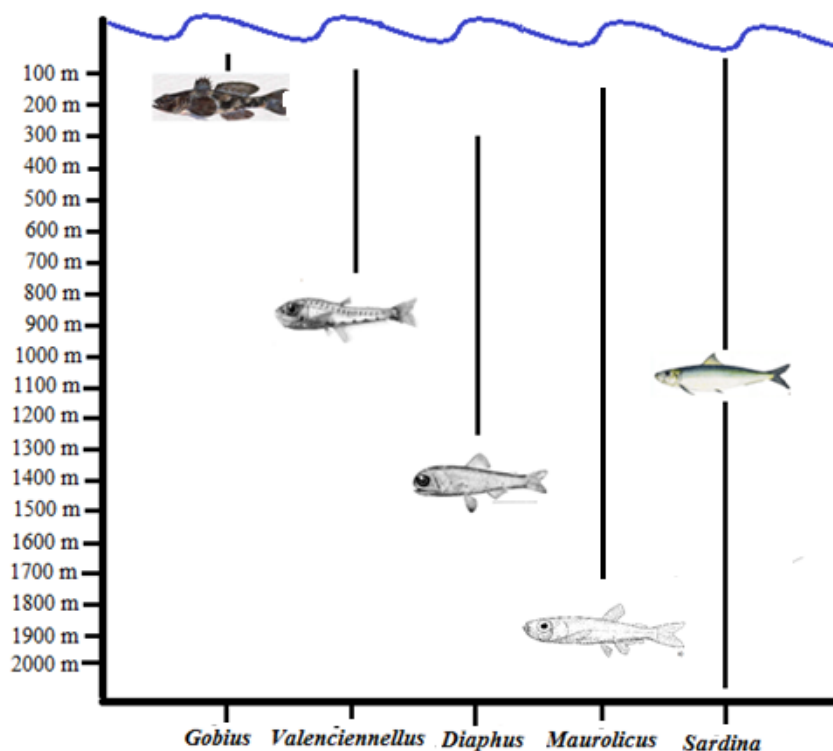
Na temelju usporedbe nađenih taksona riba, opisanih na temelju fosilno sačuvanih otolita, s njihovih današnjim živućim predstavnicima određen je paleookoliš.

Nađena i opisana fosilna riblja zajednica na lokalitetu jugozapadne Medvednice ukazuje da je u vrijeme badena na tom području vladala tropska do suptropska klima. Rodovi *Phycis*, *Sardina* i *Gobius* žive u subtropskim morima, *Bregmacros* živi u tropskim i subtropskim morima, dok nađeni rodovi porodice Sternoptychidae žive u tropskim, suptropskim i umjerenim morima. Rod *Acanthurus* živi u tropskim morima (Tripalo, 2014). Dok *Diaphus* živi u svim morima svijeta, prilagođen na sve klimatske uvijete.

Fosilna riblja zajednica lokaliteta Dubravica je složena za interpretaciju paleookoliša. Prisutnost roda *Gobius* u ovoj fauni pokazatelji su plitkog morskog do blago bočatog okoliša. Današnji predstavnici ovog roda žive na dubinama od 10 do 40 m (<http://www.podvodni.hr/zivot-jadrana/pisces/osteichthyes/perciformes/gobiidae/258-gobius-geniporus>, srpanj, 2018) Dok skupina Sternoptychidae i rod *Diaphus* ukazuju na duboki morski okoliš. Današnji predstavnici roda *Valenciennellus* žive na dubinama od 100 do 700 m (http://baltazar.izor.hr/roscop/riba_vrste_sel_detalji_web?p_riba_id=14, srpanj, 2018), dok su živući predstavnici roda *Mauroliscus* nađeni na dubinama do 1500 m (usmeno priopćenje). Današnji predstavnici roda *Diaphus* žive na dubinama između 300 do 1100 m (http://www.wikiwand.com/hr/Gu%C5%A1teran_rogoon, srpanj, 2018) (slika 33). Što znači da u ovoj fosilnoj ribljaj zajednici lokaliteta Dubravica imamo prisutnost i rodova riba koji preferiraju plitke, bočate okoliše i rodove riba koji preferiraju duboke morske okoliše. Podaci dobiveni u ovom radu bit će nadopunjeni podacima iz već prije provedenih istraživanja fosilnih spikula spužvi i skafopoda na navedenom lokalitetu, dobiveni podaci iz tih istraživanja pomoći će u određivanju paleookoliša ovog područja.

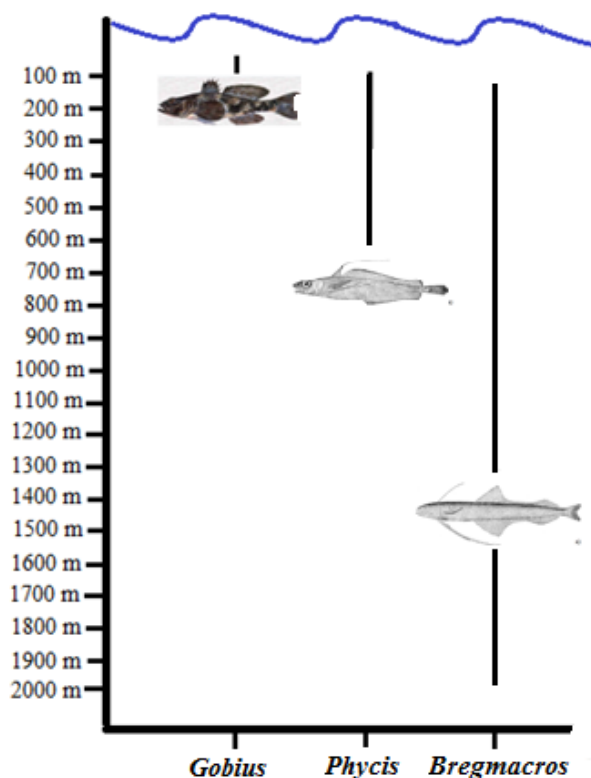
Na temelju rezultata dobivenih iz fosilnih ostataka spikula spužvi, nađenih na lokalitetu Dubravica zaključeno je sljedeće: istraživane badenske naslage na lokalitetu Dubravica su taložene u okolišu od intertajdala do gornjeg dijela kontinentalne padine (Kaltak, 2017). Dok je istraživanje skafopoda, na lokalitetu Dubravica pokazalo je da je okoliš u kojem su se taložili Scaphopoda morsk, odnosno dublji sublitoral ili gornji dio kontinentalne padine (Gjirlić, 2017).

Usporedbom podataka dobivenih proučavanjem tri skupine fosila (spikula spužvi, skafofoda i otolita) prikupljenih u badenskim naslagama na lokalitetu Dubravica, pretpostavljeno je da su se ove naslage taložile u marinskom okolišu. Kako su u istraženim uzorcima dobro sačuvani fosili dubljemorskih organizama, možemo pretpostaviti da je taložni okoliš bio smješten na podmorskoj padini, te je povremeno došlo do transporta plitkomorskog sedimenta (mutne struje, jače oluje i sl.) dublje i do miješanja biote.



Slika 33. Rasponi dubina na kojima žive nađeni rodovi riba na lokalitetu Dubravica

Fosilna riblja "zajednica" lokaliteta Veternica pokazuje slične karakteristike. Pojavljuju se dubokomorski rodovi riba i rodovi riba karakteristični za plitko more ili čak bočate okoliše. U ovom slučaju rod karakterističan za dubokomorske okoliše je rod *Bregmacros*. Današnji živući predstavnici ovog roda žive na dubini i do 2000 m (https://sl.wikipedia.org/wiki/Enoroga_trska, srpanj, 2018) (slika 34), za razliku od roda *Gobius* koji živi na dubinama od 10 do najviše 40 m dubine. Stoga pretpostavljamo da je dio ove fosilna riblja zajednica također bio premješten iz plićeg okoliša u dublji.



Slika 34. Rasponi dubina na kojima žive nađeni rodovi riba na lokalitetu Veternica

Fosilna riblja zajednica lokaliteta Podsused bila je najljepše sačuvana fosilna zajednica, ali vrlo siromašna po raznolikosti taksona riba. Rod *Diaphus* dubokomorska je riba, čiji današnji predstavnici žive na dubinama od 300 do 1200 m. Zajedno s dubokomorskim predstavnikom porodice Gadidae ukazuje na dubokomorski okoliš.

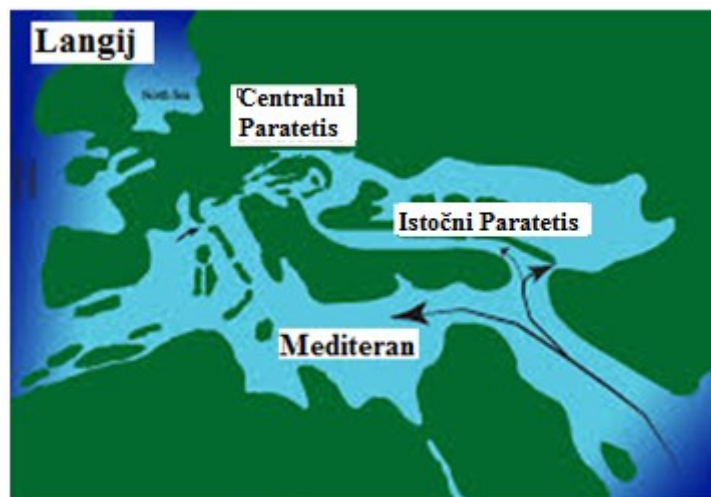
5.4 PALEOGEOGRAFIJA

Migracija je sastavni dio života riba koje životni instinkt tjera na promjenu staništa radi stvaranja potomstva i obično je to put kojim su prošli njihovi roditelji i kojim će proći i njihovi potomci. Pretpostavlja se kako je sama migracija i put koji je potrebno proći da bi se dospjelo u određeno područje ili stanište genetički uvjetovano i zapisano u genima u obliku nekih nama nepoznatih karata koje pokušavamo uočiti i razumjeti. No, osim znanja kako migrirati potrebna je i vještina korištenja raznih prirodnih pojava koje mogu pomoći samim ribama na njihovom putu a to su prije svega morske struje koje štede energiju plivačima na dalekom putu (Kljajić, 2009).

Zašto ribe migriraju? Morska staništa su kompleks mnogih fizičkih i biotičkih čimbenika kao što su dostupnost hrane ili pritisak predatora. Mnoge vrste riba migriraju u staništa prikladnija za njihovo hranjenje, rast i reprodukciju (Kljajić, 2009).

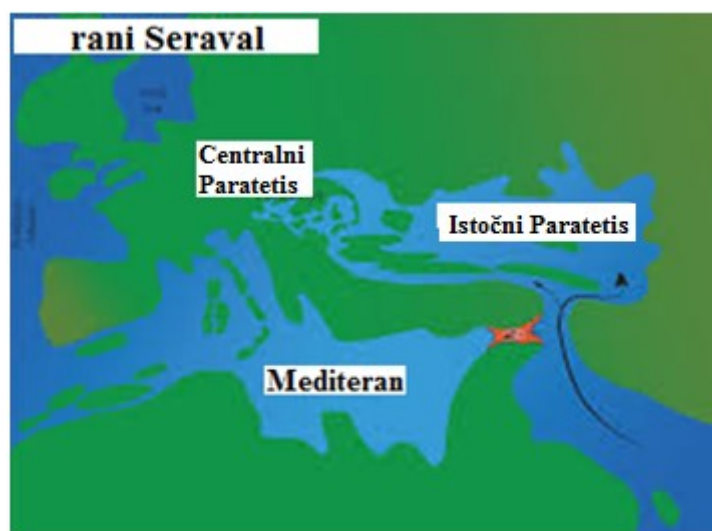
Proučavanjem ponašanja živućih predstavnika riba možemo pretpostaviti da su u prošlosti isto radili i njihovi fosilni predstavnici. Migrirali s jednog staništa u drugo u potrazi za boljim životnim uvjetima.

Paleogeografski raspored mora, kopna, morskih i kontinentalnih prolaza se mijenjao tijekom prošlosti. U doba langija (rani i srednji baden) morski prolazi kojima su ribe mogle migrirati do Centralnog Paratetisa su (slika 35): iz Indijskog oceana preko Istočnog Paratetisa do Centralnog Paratetisa, ili iz Atlanskog oceana preko Mediterana u Centralni Paratetis. Za razliku od ranog seravala (kasni baden) (slika 36) kad je, pretpostavlja se, prekinuta veza između Mediterana i Centralnog Paratetisa i kada su ribe mogle migrirati jedino iz Indijskog oceana preko Istočnog u Centralni Paratetis.



Slika 35. Paleogeografska slika Centralnog Paratetisa i susjednih mora u doba langija (rani i srednji baden)

https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRhEX_tvYsdSp5eG15HjLkCcQ4p-y3memKBT1AsW_Xrh9p9kLD, kolovoz, 2018.

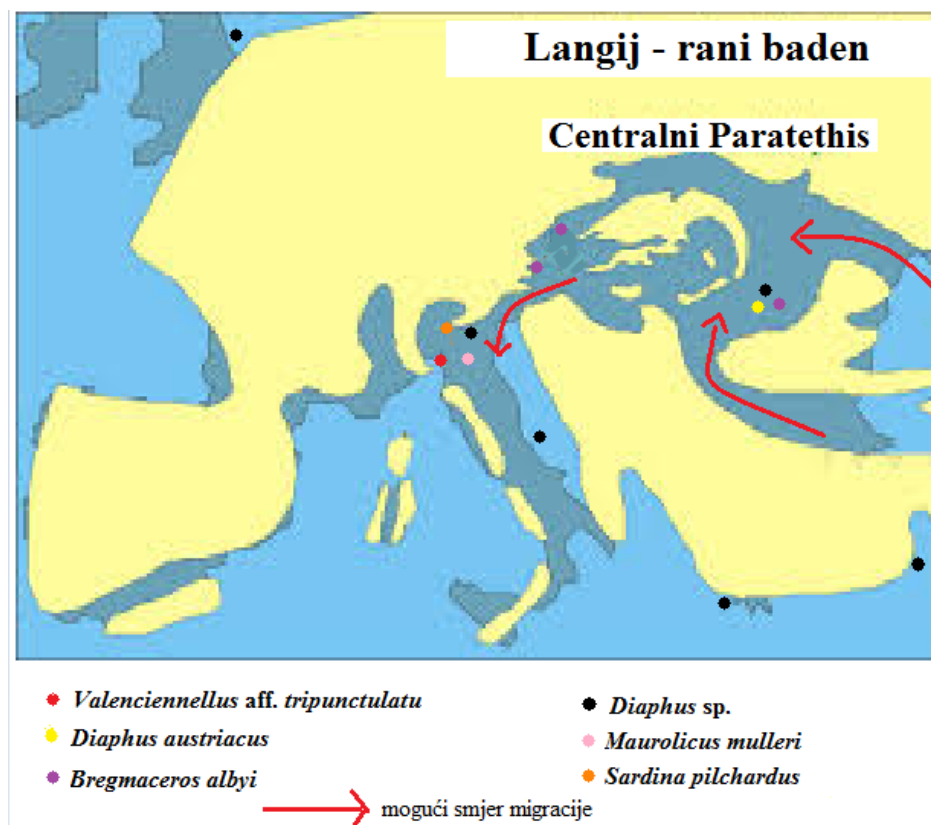


Slika 36. Paleogeografska slika Centralnog Paratetisa i susjednih mora u doba ranog seravala (kasni baden)

https://encryptedtbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTtENZX2Mpsz_T1ExGp_H0U7_SKV8imdPrPpT0wTz13kJGmr3I3, kolovoz, 2018.

Istraživane naslage lokaliteta Dubravica, u kojima su nađeni otoliti, u badenu su se nalazile u Centralnom Paratetisu. Kako bi smo otkrili kojim migracijskim putem su se ribe u prošlosti trebale kretati da bi stigle do Centralnog Paratetisa, uzet ćemo u obzir podatke prijašnjih istraživanja temeljenih na otolitima. Tako su na slici 37 označene lokacije na kojima su još pronađene vrste koje se spominju u ovom radu. Vrste *Valenciennellus* aff. *tripunctulatus*, *Maurolicus mulleri* i *Sardina pilchardus* osim na juzopadnoj Medvednici, pronađene su i u sjevernoj Italiji. Vrsta *Bregmaceros albyi* pronađena je u Austriji, Republici Češkoj, i Republici Srbiji. U Republici Srbiji nađena je vrsta *Diaphus austriacus*, dok je vrsta *Diaphus* sp. osim u Srbiji nađena u Italiji, istočnom Mediteranu, Turskoj, Grčkoj i Sjevernom moru.

Nešto ranije od naslaga lokaliteta Dubravice taložile su se naslage u Srbiji (donji baden), u Austriji (donji baden), i Češkoj (srednji miocen) na lokalitetima gdje su pronađeni otoliti. Za razliku od naslaga u sjevernoj Italiji, koje su mlađe odnosno tortonske su starosti. Stoga pretpostavljamo da su nađene vrste u Centralni Paratetis migrirale iz Indijskog oceana, a iz Centralnog Paratetisa su migrirale u Mediteran (slika 37). Razlog tome su, vjerojatno, promjene do kojih dolazi u Centralnom Paratetisu. Točnije u sarmatu slijedi oplićavanje i zaslađivanje Paratetisa.



Slika 37. Mogući smjer migracije fosilnih vrsta nađenih na lokalitetu Dubravica

https://www.google.hr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj4kuGnk7DdAhWE-qQKHT0kDm0QjRx6BAGBEAU&url=http%3A%2F%2Fiewarchiv.uni-graz.at%2Fabschluss%2Ffiles%2FDiss_ThomasWiedl_20160226.pdf&psig=AOvVaw1IPtsQIxSEMhwTc8qoECbl&ust=1536659054105185, kolovoz, 2018.

Otoliti porodice Gadidae nisu bili uključeni u ovu analizu zbog toga što nisu određeni na razini vrste. Ali o mogućim migracijskim putovima porodice Gobiidae u svom radu raspravljaju Schwarzhans i dr. (2015). Na temelju dobivenih podataka i prijašnjeg znanja zaključuju da nijedan od gobiidnih rodova nije zabilježen prije kasnog badena izvan Paratetisa, osim vrste *Knipowitschia suavis*, koja je opisana iz jugoistočne Turske, i vrste roda *Pomatoschistus*, koja je zabilježena u naslagama Sredozemlja i Sjevernog mora i obuhvaća zapise starije od kasnog badena. Ali ipak većina rodova iz porodice Gobiidae podrijetlom je iz Paratetisa i naknadno se prilagodila bočatom načinu života.

6. ZAKLJUČAK

Na području jugozapadne Medvednice utvrđena je, na temelju slušnih košćica-otolita, prisutnost devet rodova riba koštunjača koji do sada nisu bili evidentirani na ovom području: *Gobius*, *Neogobius*, *Diaphus*, *Valencienellus*, *Phycis*, *Maurolicus*, *Paratristopterus*, *Sardina* i *Bregmacero*. Na nivou vrste određeni su *Diaphus austriacu* i *Bregmaceros albyi*.

Otoliti su prikupljeni na tri lokaliteta, koji se međusobno razlikuju po sastavu ihtiofaune. Najveća je raznolikost riba utvrđena na lokalitetu Dubravica-općina, gdje su pronađeni ostaci izrazito plitkomorskih (glavoči), ali i pučinskih riba (sardine, gušterani, svjetličice). Na lokalitetu Veternica zastupljeni su otoliti glavoča, tabinja i bakalarki, dok su u Podsusedu nađeni ostatci samo dubokomorskih bakalarki i gušterana.

Miješane riblje faune na lokalitetima Dubravica i Veternica vjerojatno su se sačuvale na sedimentima padine, dok bi miocenske naslage na lokalitetu Podsused odgovarale dubljem bazenu.

Na temelju popratne faune pretpostavljena starost ovih naslaga je gornji baden.

Usporedbom starosti nalaza istovrsnih rodova riba na širem prostoru, pretpostavljen je osnovni smjer migracije od istoka prema zapadu i zatim jugozapadu, tj. iz Istočnog Paratetisa u Središnji i zatim prema Mediteranu.

Istraživanje otolita pokazalo se izvrsnom metodom kojom se može nadopuniti poznavanje ihtiofaune Paratethysa u miocenu i bilo bi dobro ovim fosilima posvetiti veću pozornost u budućim istraživanjima.

7. LITERATURA

Agiadi, K., Antonarakou, A., Kontakiotis, G., Kafousia, N., Moissette, P., Cornee, J., Manoutsoglou, E., Karakitsios, V. (2017): Connectivity controls on the late Miocene eastern Mediterranean fish fauna. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* 106, 1147–1159

Bartol, M., Mikuž, V. i Horvat, A. (2014): Palaeontological evidence of communication between the Central Paratethys and the Mediterranean in the late Badennian/early Serravallian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 394, 144–157.

Bratishko, A., Kovalchuk, O. i Schwarzshans, W. (2017): Bessarabian (Tortonian, Late Miocene) fish otoliths from a transitional freshwater-brackish environment of Mykhailivka, Southern Ukraine. *Palaeontologia Electronica* 20.3.44A, 1–13.

Bohme, M. i Reichenbacher, B. (2003): Teleost Fishes from the Karpatian (Lower Miocene) of Western Paratethys. U: Brzobohaty, I.; R.; Cicha, I.; Kovač, M. & Rögl, F., ur. *The Karpatian – a Lower Miocene Stage of the Central Paratethys*. Masaryk Univ. Brno, 281–284.

Brzobohaty, R., Nolf, D. i Kroupa, O. (2007): Fish Otoliths from the Middle Miocene of Kienberg at Mikulov, Czech Republic, Vienna Basin: their paleoenvironmental and paleogeographic significance. *Bulletin De l'Institut royal des sciences naturelles de Belgique, Sciences de la terre* 77, 167–196

Caputo, D., Carnevale, G. i Landini, W. (2008): Fish otoliths from the Messinian of Strada degli Archi (Tuscany, Italy) – Taxonomy and palaeoecology. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 111 A, Beč, 257–280

Carnevale, G., Collette, B. B. (2014) : †*Zappaichthys harzhauseri*, gen. et sp. nov., a new Miocene toadfish (Teleostei, Batrachoidiformes) from the Paratethys (St. Margarethen in Burgenland, Austria), with comments on the fossil record of batrachoidiform fishes. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 1005–1017, DOI: 10.1080/02724634.2014.854801

Girone A., Nolf, D. i Cappetta, H. (2006): Pleistocene fish otoliths from the Mediterranean Basin: a synthesis. *Geobios* 39, 651–671

Girone, A., Nolf, D. i Cavallo, O. (2010): Fish otoliths from the pre-evaporitic (Early Messinian) sediments of northern Italy: their stratigraphic and palaeobiogeographic significance. *Facies* 56, 399–432

- Gjirlić, M. (2017): Scaphopoda u miocenskim naslagama okolice Dubravica (Jugozapadna Medvednica). Završni rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1-21
- Kaltak, A. (2017): Fosilne spikule spužvi u miocenskim laporima na lokalitetu Dubravica (JZ Medvednica). Završni rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1-29
- Kljajić, A. (2009): Migracija riba. Seminarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1-23
- Kochansky, V. (1944): Fauna marinskog miocena južnog pobočja Medvednice (Zagrebačke gore).- Grol. Vjesnik Hrv. drž. geol. zav. Hrv. drž. geol. muz., Vol. 2/3, 171-280, Zagreb.
- Lin, C., Brozobohaty, R., Nolf, D., i Girone, A. (2017): Tortonian teleost otoliths from northern Italy: taxonomic synthesis and stratigraphic significance. European Journal of Taxonomy 322, 1–44
- Mikuž, V., Šoster, A. (2013) : Spodnjemiocenske ribe in želva iz Žvarulj pri Mlinšah (Centralna Paratetida). GEOLOGIJA, 56/2, 199-218. DOI:10.5474/geologija.2013.013
- Nolf, D. (1985): Handbook of Paleoichthyology. vol 10. New York: Gustav Fischer Verlag
- Nolf, D. i Brzobohaty, R. (2009): Lower Badenian fish otoliths of the Styrian and Lavanttal basins, with a revision of weinfurter's type material. Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien 111 A, Beč, 323–356.
- Pavelić, D. i Kovačić, M (2018): Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift-type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia): A review. Marine and Petroleum Geology, vol. 91, 455-469
- Piller, W. E., Harzhauser, M. i Mandić, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy-current status and future directions. Stratigraphy, vol.4, nos. 2/3, 151-168
- Reichenbacher, B. (2004) : A partly endemic euryhaline fish fauna (otoliths, teeth) from the Early Miocene of the Aix-Basin (Provence, southern France). Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 246, 113-127
- Brzobohaty, R. i Gaudant, J. (2009): *Gobius brevis* (aGaSSiz, 1839), a gobiid fish with otoliths in situ (Pisces, Teleostei) in the Karpatian (Lower Miocene) of the Vienna Basin. Naturhistorisches Museum Wien 111A, 245-256

Schwarzahns, W. (2014): Otoliths from the middle Miocene (Serravallian) of the Karaman Basin, Turkey. *Cainozoic Research*, 14(1), 35-69

Schwarzahns, W. (2010): The Otoliths from the Miocene of the North Sea Basin. Backhuys Publishers, Njemačka, 1-339

Schwarzahns, W., Ahnelt, H., Carnevale, G., Japundžić, S., Bradić, K., Bratishko, A. (2016): Otoliths in situ from Sarmatian (Middle Miocene) fishes of the Paratethys. Part III: tales from the cradle of the Ponto-Caspian gobies. *Swiss J Palaeontol*, 1-48, DOI 10.1007/s13358-016-0120-7

Schwarzahns, W., Bradić, K., i Rundić, L.J. (2015): Fish-otoliths from the marine-brackish water transition from the Middle Miocene of the Belgrade area, Serbia. *Palaontol Z* 89 , 815–837

Šikić, K., Basch, O. i Šimunić, A. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ, list Zagreb 1:100 000. Tumač za list Zagreb, L 38-80. Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1972) Savezni geološki zavod, Beograd, 1-81

Šoster, A., Mikuž, V. (2013) : Ostanki rib iz miocenskih plasti Višnje vasi blizu Vojnika. *GEOLOGIJA*, 56/1, 073-086. DOI:10.5474/geologija.2013.006

Tripalo, K. (2014): Fosilni ostaci riba u badenskim naslagama Dubravice (JZ Medvednica). Završni rad, Prirodoslovno- matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1-32

8. POPIS SLIKA U TEKSTU

Slika 1. A) Smještaj (Google Earth, 10.9.2018.) i B) izgled izdanka na lokalitetu Dubravica	9
Slika 2. Smještaj lokaliteta Dubravica, Veternica i Podsused (Google Earth, 10.9.2018)	9
Slika 3. Prikaz redoslijeda obrade dijela uzorka s točke P2	11
Slika 4. Položaj otolita.....	13
Slika 5. Tri vrste otolita: utrikularni, sakularni i lagenarni	14
Slika 6. Prikaz morkoloških termina za detreminaciju otolita na primjeru roda <i>Diaphus</i> , (Schwarzahns, 2013, preuređeno).....	15
Slika 7. Prikaz osnovnih mjerenja koja radimo na otolitu.....	16
Slika 8. Otolit roda <i>Gobius</i> (tip A) prikazan s dorzalne i ventralne strane.....	17
Slika 9. Otolit roda <i>Gobius</i> (tip B) prikazan s dorzalne i ventralne strane	18
Slika 10. Otolit vrste <i>Diaphus austriacus</i> prikazan s dorzalne i ventralne strane	19
Slika 11. Otolit roda <i>Diaphus</i> prikazan s dorzalne i ventralne strane	20
Slika 12. Otolit roda <i>Valencienellus</i> iz uzorka prikazan s dorzalne i ventralne strane.....	21
Slika 13. Otolit roda <i>Maurolicus</i> iz uzorka prikazan s dorzalne i ventralne strane.....	22
Slika 14. Otolit roda <i>Paratrisopterus</i> prikazan s dorzalne i ventralne strane.....	23
Slika 15. Otolit roda <i>Sardina</i> prikazan s dorzalne i ventralne strane	24
Slika 16. Nedeterminirani otolit prikazan s dorzalne i ventralne strane.....	25
Slika 17. Otolit vrste <i>Bregmaceros albyi</i> iz uzorka prikazan s dorzalne i ventralne strane	26
Slika 18. Otolit roda <i>Neogobius</i> prikazan s dorzalne i ventralne strane.....	27
Slika 19. Otolit roda <i>Gobius</i> prikazan s dorzalne i ventralne strane	28
Slika 20. Otolit roda <i>Phycis</i> iz uzorka prikazan s dorzalne i ventralne strane.....	29
Slika 21. Otolit roda <i>Paratrisopterus</i> prikazan s dorzalne i ventralne strane.....	30
Slika 22. Otolit roda <i>Diaphus</i> prikazan s dorzalne i ventralne strane	31
Slika 23. Neki od primjeraka očuvanih spikula spužvi u uzorku (Kaltak, 2017).....	34
Slika 24. Najljepše očuvani primjerci kućice Scaphopoda pronađeni u uzorku (Gjirlić, 2017).....	35
Slika 25. Današnji predstavnik roda <i>Diaphus</i> (gušteran)	37
Slika 26. Prikaz današnjeg predstavnika roda <i>Maurolicus</i>	38
Slika 27. Prikaz današnjeg predstavnika roda <i>Valenciennellus</i>	39
Slika 28. Prikaz današnjeg predstavnika roda <i>Gobius</i> (Glavoč).....	40
Slika 29. Prikaz današnjeg predstavnika porodice Gadidae	41
Slika 30. Prikaz današnjeg predstavnika roda <i>Sardina</i>	42
Slika 31. Prikaz današnjeg predstavnika roda <i>Bregmaceros</i>	43
Slika 32. Današnji predstavnici roda <i>Phycis</i>	44

Slika 33. Rasponi dubina na kojima žive nađeni rodovi riba na lokalitetu Dubravica.....	48
Slika 34. Rasponi dubina na kojima žive nađeni rodovi riba na lokalitetu Veternica.....	49
Slika 35. Paleogeografska slika Centralnog Paratetisa i susjednih mora u doba langija (rani i srednji baden)	51
Slika 36. Paleogeografska slika Centralnog Paratetisa i susjednih mora u doba ranog seravala (kasni baden)	51
Slika 37. Mogući smjer migracije fosilnih vrsta nađenih na lokalitetu Dubravica	53

9. POPIS TABLICA U TEKSTU

Tablica 1. Prikaz svih rodova riba nađenih u badenskim naslagama Medvednice i u kojem obliku su sačuvani (Kochansky, 1944; Tripalo et. all., 2016; zbirka Prirodoslovnog muzeja).....	32
Tablica 2. Stratigrafski raspon vrsta vapnenačkog nanoplanktona (Kovač et al., 2018).....	45